



# Informe Anual Cenicafé 2010



**FoNC**  
Fondo Nacional del Café





**COMITÉ NACIONAL**  
Período 1° de enero 2007 - 31 de diciembre 2010

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

Juan Camilo Restrepo Salazar  
Mario Gómez Estrada  
Carlos Alberto Gómez Buendía  
Carlos Roberto Ramírez Montoya  
César Eladio Campos Arana  
Darío James Maya Hoyos  
Jaime García Parra  
Héctor Falla Fuentes  
Fernando Castrillón Muñoz  
Javier Bohórquez Bohórquez  
Crispín Villazón de Armas  
Ramón Campo González  
Jorge Cala Roballo  
Hernán Román Calderón  
Alfredo Yáñez Carvajal

---

**Gerente General**  
LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA

**Gerente Administrativo**  
LUIS FELIPE ACERO LÓPEZ

**Gerente Financiero**  
JULIÁN MEDINA MORA

**Gerente Comercial**  
ALEJANDRO FLÓREZ ROMERO (E)

**Gerente de Comunicaciones y Mercadeo**  
LUIS FERNANDO SAMPER GARTNER

**Gerente Técnico**  
RICARDO VILLAVECES PARDO

**Director Programa de Investigación Científica**  
**Director Centro Nacional de Investigaciones de Café**  
FERNANDO GAST HARDERS



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

Copyright FNC - Cenicafé 2010 ©.

#### **PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ**

**Editor:**

Sandra Milena Marín López - Ing. Agr.

**Diseño:**

Carmenza Bacca Ramírez

**Diagramación:**

María del Rosario Rodríguez Lara

**Fotografías:**

Gonzalo Hoyos Salazar - Archivo Cenicafé y  
Disciplinas de Investigación

**Impresión:**

Editorial Feriva S.A.

ISSN - 2145-521X

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



# Contenido

## 7 RESUMEN EJECUTIVO



## 27 DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

Suelos  
Fitopatología  
Mejoramiento Genético  
Fisiología  
Entomología  
Fitotecnia  
Calidad y Manejo Ambiental  
Ingeniería Agrícola  
Equipo Técnico de Investigación Adaptativa-ETIA  
Biología de la Conservación



## 137 SOPORTE A LA INVESTIGACIÓN

Experimentación  
Agroclimatología  
Biometría  
Economía  
Divulgación y Transferencia  
Documentación  
Sistemas



## 157 RECURSOS HUMANOS Y FINANCIEROS









# Informe Anual 2010

## Presentación oral

La presentación oral del Informe Anual de Actividades tiene como objetivos:

- Conocer qué actividades de investigación se desarrollaron en cada una de las Disciplinas de Investigación, Soporte a la Investigación y Recursos Humanos y Financieros durante el tiempo comprendido entre Octubre de 2009 y Septiembre de 2010
- Conocer qué actividades de investigación se realizaron por parte de cada uno de los participantes durante el período comprendido entre Octubre de 2009 y Septiembre de 2010
- Destacar principalmente los resultados obtenidos y discutir su importancia en relación con los objetivos de los proyectos y el plan estratégico de la FNC.

Se espera que el informe sirva de instrumento de evaluación a la Federación y en particular para Cenicafé, de las actividades de investigación y experimentación. Y, que sirva para compartir la información sobre los avances de las investigaciones con las directivas de la Federación y, muy especialmente, con los Comités Departamentales de Cafeteros.

En el marco del Plan Estratégico 2008-2012, de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, a cargo de Cenicafé se encuentra la Propuesta de Valor Competitividad e Innovación.

Es así como a partir de ésta, Cenicafé estructuró para el año 2010, su Informe Anual de Actividades. Las presentaciones de los resultados de investigación estarán enfocados en las siguientes estrategias:

- Investigación para una caficultura joven, productiva y rentable
- Desarrollos científicos y tecnológicos oportunos y pertinentes
- Mejoramiento de la calidad del café desde la finca
- Iniciativas que generan un impacto positivo en el medio ambiente
- Garantizar la presencia institucional a través de una extensión rural innovadora y eficaz



# Informe Anual 2010 Presentación oral

La presentación oral del Informe Anual de Actividades tiene como objetivos:

• Conocer qué actividades de investigación se desarrollaron en todo uno de las Divisiones de Investigación, soporte a la Investigación y Recursos Humanos y Finanzas durante el periodo comprendido entre Octubre de 2009 y Septiembre de 2010.

• Conocer qué actividades de investigación se realizaron por parte de cada uno de los participantes durante el periodo comprendido entre Octubre de 2009 y Septiembre de 2010.

• Derivar finalmente los resultados obtenidos y discutir su importancia en relación con los objetivos de los proyectos y el plan estratégico de la INIC.

Se espera que el informe sirva de instrumento de evaluación de la Federación y en particular para Colombia, de las actividades de investigación y experimentación, y que sirva para compartir la información sobre los avances de las investigaciones con los directivos de la Federación y muy especialmente con los Comités Departamentales de Colombia.

En el marco del Plan Estratégico 2008-2013 de la Federación Colombiana de Colombia a cargo de Colombia se espera se fomenten la Investigación y la Innovación.

Es de suma importancia para el Comité Ejecutivo para el año 2010, en el Informe Anual de Actividades, las presentaciones de los resultados de investigación en las actividades de los siguientes aspectos:

- Investigación para una agricultura sostenible, productiva y rentable.
- Desarrollo científico y tecnológico en cultivos y ganadería.
- Mejoramiento de la calidad de vida de los productores.
- Promoción de la innovación en el medio empresarial.
- Desarrollo de proyectos innovadores a través de una extensión rural.





# Resumen Ejecutivo



# RESUMEN Ejecutivo



En el desarrollo del Plan Estratégico de la Federación, Cenicafe participa fundamentalmente con la generación de conocimientos, tecnologías e innovaciones, para contribuir a la estrategia de Competitividad e Innovación. Los proyectos de investigación que se adelantaron durante el 2010 permitieron entregar al Servicio de Extensión y por su intermedio, a los caficultores de todo el país, avances en las siguientes áreas de investigación:

## **SOPORTE DE ALERTAS TEMPRANAS PARA EL PRONÓSTICO DE COSECHA**

Como soporte al modelo para la previsión semestral de la cosecha cafetera se ha considerado importante desarrollar un sistema de alertas tempranas que involucre el posible efecto en el desarrollo de la cosecha de los factores de clima, plagas, enfermedades y la fertilización.

Para esta primera alerta se dividió el país en cuatro grandes zonas según la latitud: 1- Zona Norte, con cosecha principal en el segundo semestre (Cesar, La Guajira, Norte de Santander, Santander); 2- Zona Centro, con cosecha principal en el segundo semestre (Antioquia, Caldas, Risaralda); 3- Zona Centro, con cosecha similar en ambos semestres (Norte del Valle, Quindío, Norte del Tolima, Cundinamarca), y 4- Zona Sur, con cosecha principal en el primer semestre (Cauca, Huila, Nariño). Además, se tomó como base la disponibilidad de información cuantitativa de clima y floración en las ocho Estaciones Experimentales de Cenicafe y los resultados del muestreo nacional de roya y broca del mes de julio de 2010.

Esta alerta incluye un análisis de los posibles efectos de los factores climáticos, la roya y la broca, sobre el desarrollo de la cosecha del segundo semestre de este año (2010 B), y de otra parte, se registra el avance en el desarrollo de las floraciones para la cosecha del primer semestre del próximo año (2011 A). Los resultados de este análisis indican lo siguiente:

- En general, se presentaron condiciones muy favorables para las floraciones responsables por la cosecha del segundo semestre de 2010.
- En el país se han presentado condiciones hídricas muy favorables para el desarrollo de los frutos de la cosecha 2010 B.
- En el mes de julio, en el país los niveles de infección por roya fluctuaron entre 3,5% y 57,1% y la infestación por broca varió entre 2,6% y 11,5%.
- La producción del semestre 2010 B se puede ver afectada, según las regiones, hasta en un 5,8% por efecto de la roya y entre el 2,9% y 18,4% por la broca.
- En general, en toda la región cafetera, las condiciones de lluvia durante el trimestre mayo-julio de 2010 no han sido favorables para las floraciones responsables de la cosecha del trimestre enero-marzo de 2011.

## **EL IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ POR LOS FENÓMENOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA**

Se ha avanzado en el desarrollo de herramientas como los índices hídricos que permiten identificar zonas con mayor o menor grado de susceptibilidad al exceso hídrico ocasionado por la ocurrencia del fenómeno de La Niña, herramienta que servirá para adelantar trabajos de regionalización del impacto del fenómeno de El Niño y La Niña sobre la producción de café en Colombia. Actualmente, se avanza en entender el efecto de los excesos hídricos producto del fenómeno de La Niña sobre la floración del café, al igual que cuantificar el efecto de los déficit hídricos ocasionados por el fenómeno de El Niño sobre el llenado del grano. Por otra parte, se entregó a los caficultores un aplicativo que le ayudará a identificar los meses críticos por exceso o por déficit de agua a partir de sus registros de precipitación, y de la información



de los sistemas de producción como la edad del cafetal y el tipo de suelo. El aplicativo en formato Excel®, se encuentra disponible en la página de Internet de Cenicafé, en la sección de noticias.

## DIAGNÓSTICO NACIONAL DE ROYA Y BROCA

Cenicafé con el Servicio de Extensión, diseñó y aplicó en los meses de mayo y julio, un plan de muestreo bietápico, para estimar los niveles de broca y roya, en cafetales tecnificados, en cada departamento cafetero, con el fin de generar un diagnóstico continuado de broca y roya, y establecer alertas tempranas para proteger la cosecha de café.

Con los resultados del diagnóstico, se confirma la diferenciación en la presencia e impacto de la roya sobre materiales susceptibles, de acuerdo con la fenología del cultivo y el nivel de producción, con promedios de infección por lote por departamento, entre 5,4% y 57,1%, lo cual hace necesario un plan de manejo de la enfermedad a nivel nacional. En relación con la broca, las condiciones climáticas desfavorables para el desarrollo del insecto y el buen manejo en la recolección de los frutos del suelo ha ayudado a mantener el porcentaje de infestación por debajo del umbral de daño económico, en la mayoría del territorio nacional. Se ha sugerido en los departamentos del Valle del Cauca y Tolima ser vigilantes con la broca, dado que se podrían presentar problemas en algunos de sus distritos durante la cosecha. Se recomienda evitar la dispersión de la broca durante la recolección y el beneficio del café mediante la implementación de su manejo integrado como es la recolección oportuna de frutos, no dejar frutos caídos en el suelo y evaluar la infestación de broca por lotes, entre otros.

## GENOMA DEL CAFÉ, LA BROCA Y AGENTE CONTROLADOR, *Beauveria bassiana*

Se identificaron varios mecanismos en el metabolismo de la planta de café, la genética de la broca y la fisiología del hongo *Beauveria bassiana*, que abren posibilidades de nuevas

medidas de control de la plaga. Se encontró que ante la broca, *Coffea liberica* produce isopreno, compuesto que repele y afecta negativamente el desarrollo del insecto; se avanzó en los estudios que permitirán evaluar en el campo una estrategia de control genético autocida de la broca; y se obtuvo una cepa de *B. bassiana* con mayor resistencia a luz Ultra Violeta conservando su virulencia contra la broca.

### Genómica del café

**Genómica estructural.** Se avanzó en el análisis bioinformático de secuencias posiblemente relacionadas con la resistencia a la roya y la enfermedad del fruto (CBD). Se continuaron las evaluaciones fenotípicas de las poblaciones creadas para la detección de regiones genómicas de interés (QTLs) y el estudio de su interacción con el ambiente. Con el uso de herramientas citogenéticas y bioinformáticas se hizo una estimación global de la frecuencia y distribución de las principales familias de secuencias repetitivas más abundantes en el genoma del café, lo cual ayudará a entender mejor la estructura como el efecto de este tipo de secuencias en el funcionamiento del genoma, y en particular, en la expresión de genes de resistencia a enfermedades. Los resultados del análisis del grado de introgresión presente en el genoma de diferentes líneas élite cultivadas, mostraron la presencia de líneas con grados de introgresión variables, y además, permitieron evidenciar una buena concordancia entre la introgresión y el origen de tales líneas (*pedigree*). Esta información, combinada con las características fenotípicas disponibles para cada línea, ayudará en la selección futura de líneas destinadas a la conformación de variedades compuestas.

**Búsqueda de resistencia a la broca.** Con relación al desarrollo de variedades con resistencia genética a la broca, los diferentes experimentos permitieron establecer que la reducción de la oviposición observada previamente en plantas F1 de Caturra x Libérica no parece ser un carácter dominante. En el estudio de la interacción molecular entre las plantas de *C. arabica* y *C. liberica* y la broca del café, con el fin de identificar



posibles cambios transcripcionales en las dos especies de café, debidos al ataque del insecto, fue posible identificar nueve genes con una expresión diferencialmente elevada y precoz en *C. liberica*, no observada en *C. arabica*. El análisis y caracterización preliminar de dichos genes muestra su fuerte relación con mecanismos genéticos conocidos, responsables de la resistencia a patógenos e insectos en las plantas.

Se optimizaron las condiciones de selección *in vitro* de tejido embriogénico transformado, indispensables para la evaluación de genes heterólogos contra la broca del café. En la planta *Lupinus bogotensis* se han identificado inhibidores de aspártico proteasas (IAPLb) de uso potencial para el control de la broca. Se clonó y caracterizó un gen que codifica un IAPLb y se produjo el inhibidor recombinante mediante el sistema de expresión de *Escherichia coli*. El gen de IAPLb tiene una homología de 90,4% con vicilinas y  $\beta$ -conglutinas de *Lupinus albus*, lo que sugiere que actúa como una proteína de reserva en las semillas y que el papel de defensa de las vicilinas está asociado a la inhibición de las aspártico proteasas del intestino medio de coleópteros. Se identificó además el gen que codifica para un inhibidor de xilanasas, proveniente del trigo, que en dietas artificiales mostró hasta un 60% de mortalidad de larvas de la broca.

#### **Identificación de genes de resistencia a enfermedades y desarrollo de marcadores asociados a la resistencia contra la roya.**

Durante el presente período se identificaron un total de 272 nuevas secuencias de genes de resistencia presentes en el genoma del café, las cuales se clasificaron en diez familias y dos grupos mayores (CC-NBS y TIR). Además, se identificaron 47 clones BAC conteniendo genes de resistencia del tipo NBS. El análisis preliminar de estas secuencias sugiere la presencia en el genoma de *C. arabica* de regiones ricas en este tipo de genes, los cuales estarían acompañados de elementos repetitivos, posiblemente implicados en su replicación y variabilidad. En la búsqueda de marcadores asociados a la resistencia contra la roya del café, se validó la presencia de un grupo de marcadores

moleculares previamente seleccionados, en accesiones originales del Híbrido de Timor y poblaciones derivadas de éste, como: líneas élite de Variedad Castillo®, variedades comerciales y progenies F3. Hasta ahora, la información obtenida muestra de manera consistente que los marcadores candidatos están presentes en las variedades comerciales resistentes y en los genotipos relacionados. Por otro lado, se validaron nuevos marcadores ligados a un gen de resistencia a la roya (gen SH3) proveniente de *C. liberica*, que parece conferir una resistencia durable y efectiva contra las nuevas razas. La presencia de estos marcadores se correlacionó muy bien con la reacción de resistencia a la roya en genotipos de la Colección Colombiana de Café (CCC), lo que sugiere que las razas compatibles con este gen de resistencia no existen o se encuentran en muy baja frecuencia en nuestro medio. Con relación al patógeno, se obtuvieron alrededor de 500.000 secuencias de ADN de la roya, que se están utilizando para identificar marcadores polimórficos que permitan diferenciar las razas existentes en el país. Este nuevo recurso genómico fue puesto a disposición de todos los investigadores a través del portal de Bioinformática de Cenicafé.

**Evaluación de germoplasma.** Durante este período se ha avanzado en el análisis de la estructura poblacional de cerca de 670 accesiones silvestres de *C. arabica* provenientes de Etiopía. Estos resultados permitirán evaluar la diversidad genética existente en nuestra Colección Colombiana de Café (CCC) y planear estrategias futuras de utilización eficiente. Igualmente, se continuó con el registro de la producción, roya y crecimiento, en cuatro experimentos que involucran 200 accesiones pertenecientes a la CCC. De otro lado, y con el fin de estimular la utilización del germoplasma en las estrategias de mejoramiento, se adelantó un estudio detallado de algunos de los mecanismos reproductivos responsables de la transferencia de genes entre especies diploides y *C. arabica*. Los resultados obtenidos mostraron su importancia en el diseño de estrategias de cruzamiento que permitan la utilización racional de los híbridos interespecíficos como puentes para la transferencia de genes de interés hacia la especie arábica.



**Estudios sobre la floración.** Con relación al estudio molecular de la floración del café, se identificaron, aislaron y caracterizaron un total de 13 genes con funciones determinantes en el proceso de floración. Además, se estudió la expresión de tres de los genes más importantes en la vía del fotoperíodo (CRY2, CO y FT). Estos resultados sugieren entre otras cosas, que el gen CaCry2 no solo interviene en la función fotorreceptora y, por lo tanto, en el ritmo circadiano de la planta de café, sino también en la inducción de la floración, tal como se ha observado en otras especies vegetales. Igualmente, se evaluaron y compararon los patrones de floración para 20 accesiones de *C. arabica* presentes en la CCC. Los resultados mostraron diferencias entre genotipos, encontrándose grupos bien definidos en cuanto a los patrones de floración. Estos resultados sugieren la existencia de variabilidad con relación a este carácter. Finalmente, se obtuvieron resultados preliminares importantes en el desarrollo de métodos para el estudio de la inducción floral en café bajo condiciones controladas mediante injertos.

#### **Estudios sobre los componentes genéticos y ambientales asociados a la calidad del café.**

Se continuaron los estudios de cuantificación de compuestos químicos asociados a la calidad en muestras de diferente origen y procedencia. Los análisis del contenido de aminoácidos libres y sacarosa (compuestos implicados en las reacciones que dan origen al color y el aroma) muestran que existen diferencias importantes con respecto al origen geográfico de los materiales estudiados, pudiendo servir como elementos discriminantes. Producto de estos resultados, se realizó la selección de 50 introducciones silvestres de *C. arabica* con altos contenidos de sacarosa, los cuales servirán para el desarrollo de materiales con diferentes perfiles sensoriales. Se evaluó además el contenido de cafeína, trigonelina y sacarosa, en poblaciones F1 provenientes de cruzamientos entre Laurina (un genotipo con bajo contenido de cafeína) y diferentes materiales arábigos. En todos los cruces evaluados se encontraron plantas con bajos contenidos de cafeína, las cuales son de interés para el desarrollo futuro de variedades con este carácter.

De otra parte, se trabajó en la cuantificación de lípidos y ácidos grasos totales en granos de café verde derivados de 50 introducciones silvestres de *C. arabica*, 14 variedades y especies comerciales presentes en la CCC, y en plantas F2 derivadas de una población de estudio producto del cruce entre *C. arabica* y el híbrido de Timor. Se evaluó la relación entre estos compuestos y las pruebas de taza disponibles para estos materiales. Se encontraron diferencias significativas entre genotipos para la mayoría de los compuestos lipídicos estudiados. Los análisis estadísticos multivariados, con base en la composición en ácidos grasos mayoritarios de los granos de café verde, revelaron que es posible diferenciar los genotipos de *C. arabica* de las especies diploides *C. canephora* y *C. liberica*. Finalmente, gracias a la disponibilidad de marcadores moleculares de introgresión, se realizaron análisis preliminares para la detección de QTLs responsables de la expresión de los compuestos lipídicos estudiados. Como resultado, se han identificado algunos QTLs significativamente ligados a estos compuestos.

#### **Genómica de resistencia a la broca**

Se identificaron completamente tres genes que codifican enzimas del tracto digestivo de la broca involucradas en el metabolismo de compuestos xenobióticos presentes en el grano de café (ejemplo, la cafeína) y se clasificaron dentro de la familia de las citocromo-P450 oxigenasas. Por métodos computacionales se obtuvo un modelo con base a la secuencia de aminoácidos de la mananasa de la broca y se determinó el sitio activo para el "acoplamiento molecular" de potenciales compuestos inhibitorios que puedan ser utilizados en el control genético de la plaga. Se ratificó que el silenciamiento de la endo-mananasa, endo-xilanasa y citocromo-P450 oxigenasa produjo un retardo significativo en el ciclo de vida del insecto junto con una mortalidad de larvas de segundo instar L2, del 30% al 40%. Esta tecnología podría emplearse en el mejoramiento genético del café para la obtención de variedades resistentes a la plaga. En el biorreactor se produjeron 2-3 mg/L de mananasa funcionalmente activa



contra galactomananos del café. Mediante inmovilización enzimática a soportes catalíticos se espera reducir los sedimentos en extractos concentrados de café, por parte de Buencafé (Fábrica de Café Liofilizado de Colombia).

En estudios de variabilidad genética mediante AFLP de 73 poblaciones de broca, provenientes de 15 departamentos cafeteros, se encontró un porcentaje de polimorfismo total del 8,4%. Un total de 16 huellas genéticas fueron identificadas, el 100% de ellas presentes en los departamentos del eje cafetero y Norte del Valle. Estos resultados evidencian por primera vez la presencia de diferencias en parámetros biológicos entre poblaciones de broca en Colombia, los cuales podrían estar relacionados con las diferencias genéticas encontradas previamente, en donde las poblaciones con menor número de polimorfismos fueron más fecundas. Se ha logrado mantener poblaciones polimórficas en marcadores de herencia dominante y co-dominante hasta por 37 generaciones. Se evidenció resistencia cruzada de brocas homocigóticas para la mutación *Rdl-A302S* al insecticida fipronil, la resistencia es 7,5 veces superior a las líneas silvestres. La resistencia a endosulfán mostró un notable aumento dada la presión de selección continua ejercida sobre estas líneas de broca por medio de aspersiones, alcanzando valores de  $LD_{50}$  de hasta 64.000 p.p.m. Se confirmó que cinco BAC's contienen el gen *Rdl*. El análisis de restricción revela que tres de ellos son distintos, lo que sugiere que corresponden a fragmentos distintos del genoma de broca y que posiblemente son variantes alélicas o eventos de duplicación. Se encontraron señales puntuales de hibridación cerca a la región centromérica de tres pares de cromosomas autosómicos, con lo cual se podría concluir que el Gen *Rdl* no es de copia única.

Se evidenció que en la broca del café se dan cruzamientos poliándricos, cuyos valores alcanzan hasta un 60%; adicionalmente, en los experimentos de cruce de poblaciones se observó una alta producción de progenie heterocigótica, lo cual puede relacionarse con fenómenos de preferencias de segregación de alelos o a la asimetría del desarrollo de machos

hijos de diferentes hembras fundadoras en un mismo fruto, y la oportunidad o competencia de cada uno de éstos para fertilizar. Se crearon familias producto de cruces dirigidos entre individuos lo más contrastantes posible en sus perfiles de AFLP's. Se observó segregación de alelos de origen paterno a progenies de ambos sexos, contrario a lo esperado bajo haplodiploidía funcional.

Con el objetivo de avanzar en la secuenciación del transcriptoma de la broca y usar estas secuencias en trabajos de microarreglos, se construyó una nueva librería no-normalizada de ADNc de todos los estados de vida (huevos, larvas, pupas y adultos), que fue secuenciada mediante pirosecuenciación GS-FLX 454. Como resultado, se obtuvieron 16.108 unigenes (100-3.000 bases) de alta calidad, que representan 6,6 Megabases del transcriptoma de la broca del café. Allí se encontraron 59 unigenes para OBPs (*odorant binding proteins*) y 17 para CSPs (*chemosensory proteins*) involucrados en la olfacción de la broca. Estos nuevos unigenes se suman a la lista de secuencias candidatas para trabajos de genómica funcional y su posible rol en los procesos de atracción al huésped.

### **Genómica del hongo *Beauveria bassiana***

Con el propósito de conocer los genes que se expresan y entender las diferencias transcripcionales entre las cepas de *B. bassiana* con alta virulencia (cepa Bb9205) y la cepa de baja virulencia (Bb 9024) frente a la broca del café, se desarrollaron los primeros oligoarreglos de *Beauveria* conteniendo 13.986 sondas, que representaban 7.085 unigenes obtenidos de las librerías de EST. El 49% de las sondas (6.879) mostraron alta expresión en el medio SDB, mientras que 39% (5.497) se sobreexpresaron en presencia de la cutícula del insecto. Aunque se identificaron genes que generalmente se asocian con patogenicidad y éstos difieren en su patrón de expresión en insectos vs. SDB, muchos no tienen patrones contrastantes en la cepa de alta vs. la cepa de baja virulencia. Sin embargo, sí se observan muchos genes contrastantes pero que no tienen anotación. Se



cuantificó por RT-PCR algunos genes inducidos frente a la broca del café, como: la ciclofilina, un factor de elongación y una proteína de pared celular. La ciclofilina mostró mayor expresión en los tratamientos frente a la broca, particularmente a las 72 horas. También se cuantificó la expresión de genes que se inducen en condiciones de estrés ambiental, como la fotoliasa, que mostró 0,76 veces mayor expresión con relación al hongo en oscuridad.

Con el fin de continuar con el mejoramiento de las cepas, se llevó a cabo una nueva transformación de la cepa Bb9205.L1.Ste1.E62, previamente transformada con el gen de esterasa, utilizando el gen Pr1A de *M. anisopliae*. Se obtuvieron cinco colonias transformadas, las cuales son las primeras cepas doblemente transformadas, con las cuales se está iniciando el proceso de pirimidización de genes, con el fin de incrementar virulencia. Además se evaluó la virulencia de dos cepas Bb9024.5 transformadas con la proteasa Pr1A de *M. anisopliae*, observándose en una de ellas, un porcentaje de mortalidad 25% superior al de la cepa sin transformar. Se realizaron transformaciones para la sobreexpresión del gen de Cyclophilin, el cual se encuentra relacionado con el proceso de virulencia del hongo *B. bassiana* hacia la broca del café. También, se está en proceso de clonar el gen completo de Rapamycin, relacionado con virulencia y del gen Epoxi Hidrolasa de resistencia a humedad, y del cual ya se cuenta con 50% del gen.

Para incrementar la resistencia a la radiación UV, se sobreexpresó el gen de fotoliasa (*phr1*) aislado de *B. bassiana*, se obtuvieron cuatro colonias transformadas y éstas presentan mayor porcentaje de supervivencia que la cepa sin transformar. Se inició, además, el aislamiento del gen de fotoliasa (PHR1) del hongo *Metarhizium acridium*, se cuenta con 66% del gen completo.

### **Bioinformática**

Se rediseñó el sitio Web que sirve de repositorio y despliegue de toda la información que se genera en cada uno de los subproyectos, en especial los datos correspondientes a secuencias

de ADN y proteínas. Dentro de las novedades que se incluyeron está la creación de un sitio Wiki con información de la secuenciación del genoma de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* y un sitio Blog con noticias generales de los desarrollos del proyecto del Genoma. Se actualizaron las bases de datos de secuencias de ESTs y se instaló un nuevo esquema de base de datos basado en Chado, para el almacenamiento y anotación de secuencias obtenidas con las denominadas Next-Gen Sequencing. Se ensayaron los sistemas Pathway Tools y KEGG para la anotación funcional de rutas metabólicas de genes de *H. vastatrix*. Se realizaron los primeros ensayos para conectar los servidores de Cenicafé con el Clúster de la Universidad de los Andes. Estos ensayos han permitido utilizar el Clúster para el análisis de secuencias con BLAST. La reducción en tiempo de los análisis es significativa, dado que el Clúster de los Andes está configurado para análisis bioinformáticos.

## **ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD PARA LA CAFICULTURA COLOMBIANA**

### **Sostenibilidad ambiental**

Se llevó a cabo la evaluación del impacto de la certificación Rainforest Alliance en diferentes tópicos asociados a la sostenibilidad. Los resultados indican, entre otros aspectos, las ventajas comparativas de las fincas certificadas (CE) frente a las no certificadas (NC), principalmente:

- En aspectos sociales tales como el uso de equipos de protección, donde el 31% y 53% de las fincas CE de Cundinamarca y Santander, respectivamente, usan el equipo completo, frente a un 8% de las fincas NC, en ambos departamentos.
- En aspectos tecnológicos, especialmente en el manejo postcosecha del café, el 89% de las fincas CE de Cundinamarca realizan los procesos de beneficio de café de acuerdo con los estándares de calidad y en el 53%



de las fincas NC. El 100% de las fincas CE de Santander realizan buenas prácticas de postcosecha, frente al 58% de las fincas NC de esa región, lo anterior se asocia al mayor rendimiento de café pergamino seco presentado en las fincas.

- En aspectos ambientales, como tratamiento de aguas residuales, el 58% y 53% de las fincas CE cuentan con sistemas sépticos, frente al 14% y 17% de fincas NC para Cundinamarca y Santander, respectivamente. Otras variables ambientales con diferencias entre fincas CE y NC fueron las prácticas de conservación del suelo y almacenamiento apropiado de productos. Adicionalmente se evaluó el impacto para la conservación del enfoque participativo en el estudio de biodiversidad.

Se promovió la autonomía de las comunidades para realizar acciones de conservación mediante el apoyo de grupos de observadores de aves. También se contribuyó a la apropiación del conocimiento sobre biodiversidad regional en zonas cafeteras, al producir y lanzar publicaciones sobre ese tema.

Cenicafé participó en la producción del libro rojo de aves de Colombia, aportando información sobre 41 especies registradas en zonas cafeteras. Así mismo, se avanzó en la evaluación del valor ecológico del sombrío de café para mamíferos arbóreos, y su potencial para la conservación.

## **Modelos Innovadores - Jóvenes Caficultores**

Durante el 2010, Cenicafé continuó con la contribución al fortalecimiento de la Cultura de la Sostenibilidad en el proyecto Modelos Innovadores - Jóvenes Caficultores, con la implementación del Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas. Se destacan los siguientes resultados:

Desarrollo de un proceso de formación que involucra a Jóvenes de ocho Unidades Cafeteras Empresariales-UCAEs (Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima, Santander,

Norte de Santander, Magdalena), diseñado específicamente para Jóvenes, liderado por la Fundación Manuel Mejía, y en el cual Cenicafé participó en la estructuración técnica bajo el enfoque de BPA y en el aporte de información del diagnóstico para el diseño de los estudios de caso. Los módulos de capacitación fueron:

- *Módulo 1. Gerenciando mi empresa cafetera:* En este estudio los jóvenes adquieren el conocimiento y las herramientas necesarias para gerenciar de manera exitosa su empresa.
- *Módulo 2. Sistemas de producción de café sostenibles:* Se involucran conceptos de gestión, iniciativas de sostenibilidad (sellos, certificación o verificación), buenas prácticas agrícolas en los diferentes procesos de producción de café, a través de los componentes de calidad, medio ambiente y responsabilidad social. Esta formación se complementó con el conocimiento de los Investigadores de Cenicafé en cada una de las prácticas que se consideró necesario.
- *Módulo 3. Seguridad alimentaria:* Con esta información los jóvenes quedarán capacitados para autoabastecerse con los recursos de la finca. Adicionalmente incluye temas de nutrición.

Al final del ciclo de formación los jóvenes caficultores accederán al título "Auxiliares en gestión e implementación de buenas prácticas en café", el cual será otorgado por el SENA y la Fundación Manuel Mejía. Adicionalmente, los jóvenes obtuvieron certificados en competencias laborales en las normas "Obtener colinos de café de acuerdo con los parámetros de calidad", "Establecer plantaciones de café con criterios de sostenibilidad y competitividad" y "Recolectar el café con criterios de calidad, eficiencia, eficacia y minimizando las pérdidas".

En las ocho UCAEs, con base en el diagnóstico, se realizaron las adecuaciones en infraestructura asociadas a cada componente social, ambiental y económico:

- En bodegas de almacenamiento de insumos como agroquímicos, herramientas y equipos agrícolas, con conceptos de



buenas prácticas, se señalaron las áreas de acuerdo a las normas vigentes y se localizaron estratégicamente en lugares visibles, de tal forma que los jóvenes y los trabajadores de campo conozcan claramente la información contenida en las señales, ya sean de protección, prevención y prohibición, y de esta manera se fomenten procesos educativos y culturales.

- Se realizaron adecuaciones de saneamiento básico, con la instalación de pozos sépticos, trampas de grasa, centros de acopio para la recolección de residuos peligrosos, fosas de compostaje para el manejo de los residuos ordinarios. Este componente se complementó en conjunto con la Corporación Campo Limpio, con un plan de capacitación en temas relacionados con el manejo seguro de agroquímicos. Se instalaron centros de acopio temporal de residuos peligrosos, que benefician a los jóvenes y a la comunidad vecina.
- En las viviendas de trabajadores (cuarteles), en cada UCAE se entregó la dotación para el manejo seguro de agroquímicos y manejo de motosierras y guadañas.

Todas las UCAEs al finalizar el año estarán certificadas, verificadas o cercanas a finalizar el proceso, por alguna de las iniciativas de sostenibilidad, de acuerdo a los criterios definidos por cada Comité Departamental de Cafeteros.

En conjunto con la Gerencia Comercial, la Fundación Manuel Mejía y algunos Comités Departamentales de Cafeteros, se diseñaron e imprimieron herramientas didácticas para apoyar el proceso de implementación del Código 4C, éstas fueron:

- La guía para el productor titulada "Plan de Mejoramiento Continuo para el Código Común para la Comunidad Cafetera 4C".
- El juego de mesa Recorriendo Nuestra Tierra Cafetera.
- El juego mesa Concéntrese, para fortalecer el concepto de las prácticas inaceptables.
- Como complemento se entregaron un afiche y una libreta con información alusiva a la sostenibilidad.

## **Sistema de trazabilidad**

Con el área de tecnología se finalizó el Sistema de Trazabilidad "Seedtrack" para la semilla Variedad Castillo®, el cual se implementará en la Estación Central Naranjal y las Estaciones que producen semilla. Actualmente está en pruebas piloto para ajuste y puesta en marcha a partir de enero de 2011.

## **DESARROLLO DE INDICADORES DE ADAPTACIÓN DE LA CAFICULTURA AL CAMBIO CLIMÁTICO**

### **Cambio climático**

Se iniciaron los análisis de escenarios de cambio climático teniendo como piloto la cuenca alta del río Cauca. Se llevó a cabo un análisis multitemporal retrospectivo de 1980 - 2010 y prospectivo 2010 - 2025 - 2050, para las zonas productoras de café y otras actividades agropecuarias de interés para la región. La metodología será puesta a punto para llevar a cabo al análisis a nivel de la zona cafetera colombiana. Se ha desarrollado una propuesta para construir indicadores de cambio climático para la caficultura, la cual se encuentra en discusión multidisciplinaria e interinstitucional, a la vez que se busca financiamiento externo.

### **Huella de Carbono**

Se ha construido un documento de norma para calcular y verificar la huella de carbono, en el marco de ciclo de vida de producto, en conjunto con el ICONTEC, para toda la cadena de valor del café de Colombia, iniciando en la finca y hasta la bebida preparada.

### **Modelo CREFT**

Se ha logrado incorporar el modelo CREFT de propiedad de la FNC y varios socios al proyecto AgMIP, que busca proporcionar una herramienta



de toma de decisiones para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad al IPCC.

## PRODUCTIVIDAD AGRONÓMICA

### Suelos y nutrición

**Nutrición.** A partir del segundo trimestre de 2010 se puso a la disposición de los Comités Departamentales de Cafeteros el servicio del programa de interpretación de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes y enmiendas para el cultivo de café desde Cenicafé. Para nutrición de almácigos, se concluye que el exceso de calcio, magnesio y potasio afecta negativamente su crecimiento. En cuanto a la lixiviación y volatilización de N a partir de diferentes fuentes fertilizantes se encontró que después de 10 días de aplicar el N, a través de diferentes fuentes fertilizantes, se presentaron pérdidas del elemento por volatilización el 26% con urea y con el SAM y el Sulfammo las pérdidas fueron del 2% y el 1%, respectivamente. En fertilización después del zoqueo, la producción de café no se afectó al iniciar la fertilización en el mes 3, 6 ó 12 después del zoqueo, pero sí se afectó cuando esta práctica se realiza 18 meses después del zoqueo. No se ha encontrado respuesta de la aplicación edáfica y foliar del Zn sobre el cultivo del café en la Estación El Rosario (Antioquia) ni Gigante (Huila), y tampoco se ha evidenciado la absorción del elemento por la planta. Fraccionar más de dos veces en el año la fertilización según el análisis de suelos para cafetales en producción, no ha mostrado respuesta satisfactoria para el primer año de cosecha.

Así mismo, se generó información relacionada con los diferentes procesos hidrológicos, con la redistribución del agua en el suelo, así como de las propiedades hidráulicas y físicas de los suelos de la unidad Montenegro. A partir de esta información sumada con la obtenida para los suelos de la unidad Chinchiná, se inició la construcción de un modelo matemático para la simulación del flujo de agua en condiciones de ladera.

**Respuesta en producción del café a la fertilización con lombricompost.** Se está evaluando la dosis óptima de materia orgánica en forma de lombricompost para fertilizar cafetales a libre exposición y plantado a 1,0 x 1,0 m. Los análisis de la producción media a 2009, indican que en la Estación Experimental Santander y en la Estación Central Naranjal las producciones máximas se presentan cuando se aplican de 2,5 a 3,0 kg de lombricompost por planta por año, fraccionando esta dosis en dos aplicaciones.

**Biofertilización en plantaciones de café.** En el efecto de la fertilización química y biológica en el cultivo de café, durante este período de evaluación, en relación con el crecimiento de las plantas renovadas por zoca, se observó que las plantas a las cuales se les aplicó la dosis de fertilizante químico desde 118 kg/ha/año de nitrógeno, 50 kg/ha/año de fósforo y 130 kg/ha/año de potasio (298 kg/ha/año), aplicado en alternancia con el insumo biológico (Bachton), tuvieron el mejor comportamiento, presentando los mayores niveles de crecimiento, menor grado de incidencia de mancha de hierro en frutos y la mayor producción en comparación con las plantas testigo.

### Variabilidad climática y producción de café

Se desarrolló un modelo agrometeorológico que permite calcular la humedad del suelo a nivel diario, a partir de la integración de las variables hidro-físicas del suelo, de la dinámica del agua dentro de los cafetales y de variables atmosféricas, producto de la integración de resultados de investigación en café desarrollados desde finales de la década de los 90, con el objetivo de conocer el efecto de la variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño y La Niña sobre la caficultura colombiana. Así mismo, durante esta vigencia se desarrollaron índices hídricos que integrarán la información meteorológica, la distribución de la lluvia dentro del cultivo, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, las características del cultivo (edad y densidad de



siembra) y el efecto de la humedad del suelo sobre la fotosíntesis, para que sirvan como herramienta de zonificación agroclimática del cultivo de café y para monitorear el estado hídrico de los cultivos en Colombia.

En cuanto a los rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia, se realizó una integración de los factores que influyen en las necesidades de agua de los cultivos, con el fin de estimar los rangos mínimos y máximos de lluvia necesarios para el cultivo de café, en función de la edad, la distribución de la lluvia dentro del cultivo, la altitud, la cuenca hidrográfica y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, buscando darle una mayor utilidad a los registros de lluvia en las regiones cafeteras. Se encontró que la demanda hídrica del cultivo de café en Colombia está en función de la altura sobre el nivel del mar y la cuenca hidrográfica en donde éste se ubique, Cauca o Magdalena. Es así como los cultivos que estén situados en la cuenca del Magdalena tienen una mayor demanda atmosférica de vapor de agua y, por lo tanto, los requerimientos mínimos de lluvia son mayores que los ubicados en la cuenca Cauca. De igual manera, el tiempo que tarde el cultivo en entrar en déficit hídrico crítico depende de la interacción entre la capacidad del suelo para almacenar agua, de la edad del cultivo y la demanda atmosférica (altitud y cuenca).

### **Sistemas de producción de café con sombra**

**Evaluación de densidades de siembra para el café variedad Tabi bajo sombra.** En este estudio se evalúa el efecto de la densidad de siembra en la producción de café variedad Tabi bajo sombra. Los resultados de 2009 indican que la función que mejor describe la producción en respuesta a la densidad de siembra es un polinomio de segundo orden y que con 5.000 plantas/ha se obtienen los mejores resultados con esta variedad y bajo sombra, en la Estación Central Naranjal.

### **Enfermedades del café**

Se avanzó en el control genético de la llaga macana, con la selección de progenies F3 de

*Coffea arabica* con más del 70% de resistencia, y en el control biológico de nematodos de las raíces, usando un producto comercial con mezcla de los hongos controladores biológicos.

**Manejo de la roya del cafeto.** Se midió el desarrollo de la primera epidemia de roya en los experimentos del convenio FNC-BASF, para determinar el efecto de la molécula Piraclostrobin sobre la enfermedad y como inductor en la fenología de la planta. De igual manera, se desarrolló la identificación molecular de los aislamientos de roya causantes de las epidemias en Colombia. Los resultados demuestran que los ataques ocurridos durante los años 2008, 2009 y 2010 no parecen provenir de nuevas razas que se hayan introducido al país, sino que pertenecen a las mismas razas fisiológicas presentes en Colombia antes de estas fechas. Se adelantaron las actividades en la determinación del efecto de quitinasas expresadas en plantas genéticamente modificadas de café, sobre la roya y el hongo *Colletotrichum*, este último causante de la antracnosis de botones florales y hojas.

**Manejo de llaga macana.** Del cruzamiento entre híbridos interespecíficos entre (*C. canephora* x Caturra) retrocruce Caturra y (*C. liberica* x Caturra), retrocruce Caturra, se han seleccionado 11 progenies en F3, con resistencia genética a roya, llaga macana y buenas características agronómicas y de calidad de grano.

**Manejo de nematodos radicales.** En la evaluación del producto biológico Micos Plag® (*Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*) en la protección de raíces de café contra el complejo del nematodo nodulador *Meloidogyne incognita* + *M. javanica*, se observaron diferencias significativas entre tratamientos con relación a la infección producida por los nematodos. Los niveles más bajos de infección se registraron al aplicar *P. lilacinus*, *M. anisopliae* y *B. bassiana* de forma preventiva (8 días antes de la inoculación de los nematodos), con una infección de 6% en comparación con el testigo referente (inoculación de los nematodos) que mostró 51% de infección, en este último, se observó una disminución de la masa



radicular, con formación de nódulos a causa del nematodo. Estos valores de infección fueron más bajos que los obtenidos con el producto químico (Furadán), que presentó el 17% de infección. En este experimento se tuvieron dos tratamientos referentes, donde se utilizó como sustrato suelo más lombricompuesto. En el tratamiento donde se inocularon los nematodos (suelo + lombricompuesto) las plantas tuvieron una infección superior a la obtenida con el testigo referente en suelo solo, presentando 76% y 51%, respectivamente. Con respecto a la defoliación de las plantas, no hubo diferencias entre tratamientos; sin embargo, los testigos referentes (suelo + lombricompuesto) registraron los niveles más altos de defoliación, con diferencias con respecto a los demás tratamientos. Cabe anotar que las plantas sembradas en el suelo + lombricompuesto presentaron fitotoxicidad, lo que contribuyó a la alta defoliación presentada en estas plantas.

**Variabilidad de agentes causales de llagas radicales.** Se realizó la caracterización molecular de 31 aislamientos de *Rosellinia* spp., causante de las llagas radicales del café, recolectados en diferentes regiones de la zona cafetera de Colombia, basado en el polimorfismo de la longitud de los fragmentos amplificados (AFLPs). Con el empleo de 37 combinaciones de cebadores selectivos, se lograron perfiles AFLP que diferencian entre especies del género. Estas combinaciones permitieron obtener entre 56 y 68 bandas polimórficas, a partir de las cuales se generaron 28 marcadores. Estos marcadores polimórficos fueron clonados y posteriormente secuenciados para diseñar 24 posibles marcadores SCAR. Las únicas especies encontradas asociadas a café fueron *R. pepo*, y con menor frecuencia *R. bunodes*, ambas con muy bajo polimorfismo intraespecífico. Cuatro combinaciones de primers SCAR son promisorias para discriminar entre especies usando PCR en tiempo real, lo que permite un diagnóstico de la enfermedad y cuantificación del inóculo en el campo.

**Sanidad vegetal.** Se continuó con la asistencia técnica durante la epidemia de roya, se adelantaron asesorías a los Comités de Cafeteros del Antioquia, Caldas, Cauca,

Cundinamarca, Huila, Quindío, Risaralda, Nariño, Tolima y Valle, sobre el manejo de la roya del cafeto, con capacitaciones al Servicio de Extensión en los temas sobre la roya del cafeto, mal rosado y muerte descendente; así mismo, se hicieron conferencias a caficultores sobre roya del cafeto, enfermedades en germinadores y almácigos de café, y enfermedades de plantaciones. Se participó en programas de radio en el Oriente de Caldas, para difundir el uso racional de agroquímicos en el control de enfermedades del café, especialmente la roya, y se elaboró un folleto sobre Manejo de la Roya del Cafeto para su publicación por el Comité del Departamento de Nariño. Se realizó un día de campo con el Gerente Técnico de la Federación y los Líderes de Extensión sobre nuevos resultados en el manejo de la roya del cafeto con control químico.

## Experimentación Regional

Se colaboró con el acompañamiento y la ejecución de 206 temas de investigación, de los cuales 183 son en el cultivo de café, 10 en forestales, 5 en maíz y 8 relacionados con los registros de clima; de éstos 148 están vigentes y continúan, 32 finalizaron y 3 iniciaron en este período. En aspectos complementarios se desarrollan 23 investigaciones principalmente en las áreas forestal, de clima y de maíz. Actualmente, en fincas de caficultores se desarrollan 18 investigaciones.

El área del suelo de las Estaciones Experimentales es de 539 hectáreas, el cultivo principal es café con el 34%, bosques y áreas de protección con el 35%, pastos el 8%, desarrollos forestales con 5% e infraestructura y otros con el 18%. De las 181 hectáreas en café, el 39% corresponde a experimentos, el 34% a producción de semilla y el 27% a lotes comerciales.

Cabe resaltar que del área total se tiene disponibilidad de 46,65 ha para desarrollo de futuras investigaciones y la posible ampliación del parque productivo de semilla, si fuese necesario. En fincas de caficultores se adelantan 18 investigaciones en un área de 20,23 ha.



**Producción de semilla.** El parque productivo es de 61,2 ha, con 360.524 sitios y 534.047 tallos. Durante el 2010 se produjeron y entregaron 74.744,5 kg de semilla, 3,6% menos que el periodo anterior; de ésta el 74% correspondió a la Variedad Castillo® General y el 25% a las Variedades Castillo® Regionales. La semilla entregada fue potencial para renovar 29.897 ha, a razón de 2,5 kilogramos por hectárea.

Los departamentos de Antioquia, Tolima, Cundinamarca y Norte de Santander demandaron el 44% del total de la semilla producida por Cenicafe. Específicamente de las variedades Castillo® Regionales, los Comités de Antioquia, Risaralda y Caldas, solicitaron el 52%.

## VIABILIDAD ECONÓMICA DEL CAFÉ

### Costos de producción

**Recolección.** Se desarrolló la tecnología para la asistir la recolección de café Canguaro 2M (Canguaro con 2 mangas), diseñado para que el recolector utilice simultáneamente ambas manos, logrando mayor rendimiento, con alta calidad, eficacia y bajas pérdidas por caída de frutos al suelo durante la recolección.

**Variedades resistentes a la roya.** En el desarrollo de variedades con resistencia a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) se seleccionaron progenies avanzadas de cruzamientos entre las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, las cuales luego de las evaluaciones regionales y las pruebas de calidad pueden ser incorporadas a la Variedad Castillo® o liberadas como otra variedad.

**Enzimas de la broca.** Simultáneamente, como resultado de las investigaciones en broca, se están aprovechando sus enzimas, en beneficio de los procesos industriales del café, y como propiedad intelectual se obtuvieron dos patentes.

## CALIDAD Y CAFÉS ESPECIALES

### Secado del café

Se validó la tecnología para medir la humedad del café durante el secado solar - Gravimet, en el marco de la Investigación Participativa - IPA, con caficultores de los departamentos de Antioquia, Caldas y Quindío. Con el método Gravimet se obtuvo café en el rango de comercialización 10% - 12%, en el 92% de los lotes secados.

### Calidad del café

**Calidad.** Se identificaron las distribuciones geográficas y la relación de la altitud con el contenido de nueve elementos químicos pesados: As, Bi, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb y Zn, en los granos de café verde de Colombia, procedentes de fincas situadas entre los 1.050 y 2.050 m de altitud, de los departamentos de Antioquia, Caldas, Cesar, Quindío, Huila, Santander y Tolima.

Se establecieron como posibles fuentes de origen de estos elementos químicos en los granos de café verde, la contaminación de aguas y suelos de las zonas por: sustancias químicas usadas en los cultivos como insecticidas, herbicidas y fungicidas, actividades mineras e industrias cercanas a las zonas de producción, yacimientos y emanaciones volcánicas.

Para asegurar la calidad del grano y de la bebida de café que se produce en las fincas, se establecieron los fundamentos de los procesos que ocurren en la etapa de fermentación del beneficio húmedo del café y se identificaron los puntos críticos a controlar en el proceso.

**Denominación de origen.** Se han adelantado estudios en las áreas cafeteras de los departamentos de Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Santander, Norte de Santander y en la Sierra Nevada de Santa Marta, para las cuales se han establecido relaciones entre la calidad del producto y los elementos geográficos y ambientales. Este proyecto, que ha contado con la participación de toda la Institucionalidad



Cafetera, ha permitido documentar los pliegos de petición de las Denominaciones de Origen regional para el café de los departamentos de Cauca y Nariño, los cuales están en revisión por la Superintendencia de Industria y Comercio.

Esta última información ha sido empleada como una estrategia de la Federación Nacional de Cafeteros, para sustentar las denominaciones de origen como diferenciadores del portafolio de productos de Café de Colombia.

## SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

### Conservación de suelos

En relación con la interferencia de coberturas vegetales en la zona de raíces y entre calles en el cultivo del café, se encontró que las coberturas nobles no presentan efecto sobre la producción cuando están en la zona de raíces del cultivo, al igual que el maní forrajero en calles y platos; *Desmodium* causó interferencia al cultivo del café principalmente cuando se estableció en los platos del cultivo. Para el manejo de arvenses se encontró que glufosinato de amonio es una opción eficiente para el manejo químico de arvenses en el cultivo del café y es una alternativa para la reducción del riesgo de resistencia de arvenses al glifosato.

### Valoración de la sostenibilidad ambiental en sistemas de producción de café

Como contribución al mejoramiento y mantenimiento de la sostenibilidad ambiental de sistemas de producción de café, se elaboró una aproximación metodológica mediante índices integrados de calidad del suelo. Los resultados permitieron establecer que los 13 sistemas de producción estudiados se ubican en la categoría de sostenibles, con índices de sostenibilidad que oscilan entre 0,52 y 0,65.

## Biología de la Conservación

Se avanzó en la evaluación del impacto del enfoque participativo en la investigación en la cultura ambiental e interés por la conservación de las comunidades cafeteras. Como resultados de esta evaluación se registraron avances en el conocimiento que las comunidades tienen de su biodiversidad y en su interés y autonomía para desarrollar acciones en conservación. También se concluyó una evaluación del efecto de la certificación *Rainforest Alliance* en la biodiversidad, principalmente se avanzó en la evaluación del valor ecológico del sombrero de café para la conservación de mamíferos arbóreos. Se hicieron adelantos en la caracterización de la biodiversidad en la región del Guavio, información que servirá para formular programas de conservación a nivel regional y reconocer y valorar el papel de la caficultura de la zona para ese fin.

### Tratamiento de residuos líquidos y sólidos de los procesos del café

Se produjeron 23,24 litros de alcohol por tonelada de pulpa de café fresca, mediante hidrólisis con celulasas y pectinasas y fermentación alcohólica con *Saccharomyces cerevisiae*. El producto obtenido puede usarse como alcohol carburante.

Se fortaleció la capacitación sobre el lavado del grano de café y el manejo y tratamiento de los residuos del beneficio húmedo de café para la protección y conservación del medio ambiente a 216 productores de café de fincas pequeñas y grandes, extensionistas, estudiantes y particulares de Quindío, Antioquia, Santander, Valle, Caldas, programa KFW, acorde a recomendaciones del Congreso Nacional de Cafeteros.

Se realizaron diez diseños de plantas de tratamiento de aguas mieles del café, así: cuatro para el Quindío, dos para Caldas, una para Santander, una para Cauca, una para Cesar y una para Antioquia.



## SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COMPLEMENTARIOS

### Sistemas de producción de cultivos intercalados con café

**Agricultura de precisión en la producción de maíz (Financiado por Cimmyt).** En la Estación Experimental La Catalina, se demostró la posibilidad de usar sensores del rojo visible y del infrarrojo cercano (SPAD 502 y GreenSeeker), como medios instrumentales para mejorar la nutrición del maíz en función del nitrógeno, el cual es el elemento más limitativo para producir maíz de forma rentable. En un lote de 3.000 m<sup>2</sup>, se demostró la dependencia espacial de los principales atributos químicos del suelo y de la producción de maíz.

**Estudio del sistema de producción de tabaco burley (*Nicotiana tabacum* L.) intercalado con café (*Coffea arabica* L.).** Los rendimientos de tabaco fueron de 2.840 kg/ha en la Estación Experimental La Catalina y 2.720 kg/ha Estación Experimental Paraguaicito. La variedad Coltabaco 54 M LC presentó la mejor producción, con 2.896 kg/ha, menor contenido de alcaloides y mejor balance químico, con 160 unidades de nitrógeno y 22.222 plantas/ha. Expresó su resistencia genética al virus TMV, a *Meloidogyne* sp. y moderada tolerancia a *Alternaria* sp. El precio por kilogramo de tabaco producido en La Catalina fue superior al precio promedio de la zona cafetera. El tabaco como cultivo complementario al café dio una rentabilidad de 68,6%, que equivale a 11,4% mensual.

### Especies forestales

**Mejoramiento genético de especies forestales *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Oken y *Tabebuia rosea* (Bertol) DC.** Se realizó la detección de fitoplasma del grupo 16srIII en árboles de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken, afectados por el arrosamiento del nogal y se identificaron 12 clones tolerantes a la enfermedad.

En la Estación Central Naranjal se establecieron 11 genotipos de nogal cafetero (*Cordia alliodora*) de mayor productividad y tolerancia al arrosamiento, en los ensayos de procedencias y progenies de Cenicafé.

Se instalaron 6,4 ha en parcelas demostrativas de nogal cafetero y 4,3 ha de guayacán rosado (*Tabebuia rosea*), en plantación pura y sistemas agroforestales de los genotipos de más alta productividad. Las parcelas se establecieron en los departamentos de Quindío, Risaralda y Caldas.

En la Estación Experimental La Catalina se estableció el primer huerto semillero clonal de *Tabebuia rosea*, el cual cuenta con 230 rametos de 23 genotipos, 10 por genotipo. Esto permitirá disponer de semilla seleccionada en zona cafetera para los diferentes programas de reforestación.

**Aspectos fitosanitarios limitantes para el cultivo del nogal cafetero (*Cordia alliodora*) y aliso (*Alnus acuminata* ssp. *acuminata*).** En casa de malla, se determinó la duración promedio del ciclo de vida de *Dictyla monotropidia*, principal plaga de *Cordia alliodora*, desde huevo hasta adulto, la cual fue de 159 días, así: huevo 15,5±0,1 días, los cinco estados ninfales 28,5 días y el adulto 115±2,4 días, en promedio.

Se realizó una descripción de los estados de vida de *Corthylus zulmae*, principal plaga del aliso (*Alnus acuminata*). Se estimó que un ciclo completo podría superar los 48 días y que los huevos requieren alrededor de 28 días para alcanzar el estado adulto. Para su reproducción utiliza árboles decadentes o troncos en el suelo con bajos contenidos de humedad.

También se evaluaron en el laboratorio los entomopatógenos con potencialidad para el posible control de *Corthylus zulmae*, entre los que se encuentran Brocaril con 100% de mortalidad, *Beauveria bassiana* 9205 con 100%, *Metarhizium anisopliae* 9236 con 96,3%, *B. bassiana* mezcla con 96,3% y Metatrópico con 85,19% de mortalidad, a los 10 días después de la inoculación.



## CONOCIMIENTO ESTRATÉGICO

### Agroclimatología

**Funcionamiento de la red climática.** En la red meteorológica de la Federación de Cafeteros operada por Cenicafe, funcionaron un total de 230 estaciones climáticas.

**Generación de índices de deficiencia y de exceso de agua en el suelo.** A partir del balance hídrico se generaron índices de exceso y de deficiencia de agua en el suelo ajustados para el cultivo del café, de utilidad para la regionalización del cultivo, fenología del café y determinación de riesgo de los eventos de El Niño y La Niña.

**Ecotopos Cafeteros.** Se adelantaron los estudios de regionalización del clima para el café en los sectores Suroccidental de Risaralda y Noroccidental del Valle del Cauca y en la cuenca alta del río Quindío, en los municipios de Salento, Armenia y Calarcá.

**Tendencias climáticas de la zona cafetera.** En las series temporales de precipitación no se observa una tendencia significativa, pero sí una gran variabilidad asociada con la actividad solar (ciclos superiores a 10 años) y a la dinámica oceánica (ciclos de 3 a 5 años). Las series temporales de temperatura máxima anual no presentan tendencias, mientras que en las series de temperatura mínima hay tendencias significativas.

### Mejoramiento Genético

**Selección asistida.** Se avanzó en el desarrollo de métodos de selección asistida para la selección más rápida y precisa de genotipos portadores de factores de resistencia contra la roya del café, especialmente de los portadores del Gen SH3.

**Composición química del café.** Se implementó el análisis de infrarrojo cercano-NIRS para estudiar la composición química del café en

precursores químicos asociados a la calidad en taza. Los contenidos de cafeína, trigonelina, ácidos clorogénicos, lípidos y azúcares, evaluados en líneas mejoradas con resistencia a la roya del café, son homogéneos y mantienen los perfiles sensoriales de las variedades de *C. arabica*.

**Variedades resistentes a la broca.** Para controlar la broca se han identificado genes candidatos a conferir resistencia a este insecto, los cuales se usarán en el desarrollo de una variedad resistente. Uno de estos genes, que codifica para los inhibidores de las aspártico proteasas, fue por primera vez aislado, purificado y caracterizado. Probablemente este inhibidor es multifuncional, debido a que además de inhibir las aspártico proteasas, se une a las estructuras que contienen quitina en el intestino, favoreciendo su actividad insecticida. Se está produciendo la proteína recombinante para evaluar el efecto del inhibidor sobre el insecto.

**Colección Colombiana de Café.** Se continuó con el mantenimiento, caracterización y evaluación de la Colección Colombiana de Café, la cual es la base para la producción de variedades.

## DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA

### Publicaciones y atención de visitantes

Durante la vigencia del 2010 se publicaron los Avances Técnicos 387 al 399 y la Revista Cenicafe Vol. 60 Número 2, 3 y 4. También se publicó el Boletín Técnico No. 35, relacionado con la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Támesis, Antioquia. Se entregaron en versión digital las Brocartas No.38, 39 y 40, relacionadas con los temas sobre la dispersión de la broca a partir de cafetales zoqueados infestados, el desarrollo de la broca de acuerdo con la temperatura y la altitud, y la dispersión de la broca durante la recolección y el beneficio del café; así mismo, se diseñó la Biocarta 14, En peligro de Extinción.



Este año se publicó la segunda edición de la Guía Silvicultural sobre el Nogal Cafetero. Se entregó el Anuario Meteorológico Cafetero 2008 en formato digital y se publicaron el Informe Anual de Actividades de Cenicafé 2009 y el libro de Aves de Zonas Cafeteras del Sur del Huila. Nuevamente, se colaboró con el Comité Departamental de Cafeteros de Caldas con la edición y diagramación de la Cartilla Escuela y Café del grado Décimo. Por solicitud de la Cooperativa de Caficultores de Manizales, con el Programa ETIA se elaboró, editó y diagramó, la "Guía documental para cafés sostenibles", con el objetivo de estandarizar la toma de la información en las fincas de cada uno de los asociados. La guía contiene registros para el diligenciamiento diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual, de acuerdo a la actividad que se desarrolle y aplica para evidenciar la gestión integral (calidad, social y ambiental) de la empresa cafetera.

En el 2010 se recibieron 31 visitas técnicas con extensionistas y caficultores. En total, se atendieron en la sede central de Cenicafé 3.160 visitantes, entre los que se destacan 1.062 caficultores y extensionistas y 384 visitantes extranjeros.

En cuanto a la distribución de las publicaciones durante el 2010 se diseñaron y enviaron los mensajes por correo sobre la disponibilidad en la página web de los Avances Técnicos 391 al 396, así como las Brocartas No. 38 y 39, y las Bionoticias, para que el Servicio de Extensión, los caficultores y los suscriptores conocieran de primera mano, las publicaciones que está entregando Cenicafé. En formato físico se han distribuido los Avances Técnicos 391 al 396, la Revista Cenicafé Vol. 60 Números 1, 2 y 3, y el Boletín Técnico 35, para un total de 35.540 publicaciones que se están entregando directamente al Servicio de Extensión, los Miembros Principales y Suplentes de los Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros, y a la Gerencia Técnica.

**Estaciones Experimentales.** El equipo de trabajo de las Estaciones Experimentales con el apoyo de los Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros, las Cooperativas

de Caficultores, Fenalce y Cimmyt, realizaron el fomento y la divulgación de las diferentes tecnologías generadas por Cenicafé, mediante atenciones individuales, giras y días de campo. En las actividades de capacitación participaron 11.053 personas, de las cuales el 63% correspondió a caficultores, el 21% a estudiantes y docentes y el 16% a técnicos y Extensionistas. En total, se desarrollaron 234 actividades grupales y 347 atenciones individualizadas; se destaca la realización de 39 días de campo con la participación de 4.292 personas.

## Documentación

Este año los investigadores tuvieron acceso a dos nuevas bases de datos comerciales: Science direct y Cavi Ovid. Con estas bases de datos los investigadores pueden seguir consultando por Internet muchos de los documentos que antes se recibían en físico en el Centro de Documentación, y como valor agregado reciben información de más de 200 títulos adicionales, cifra que sobrepasa las adquisiciones que se hacían anteriormente.

Se emprendieron actividades para desarrollar el repositorio institucional; de esta manera, se espera crear lazos de cooperación con la comunidad científica internacional.

Cenicafé está participando activamente en las redes de información agrícola y académico investigativa, con las cuales en poco tiempo, se espera compartir conocimiento científico a través de documentos en texto completo.

## Sistemas

**www.cenicafe.org.** Se alcanzó la meta de registrar al 100% de los Extensionistas en la página de Cenicafé. Ahora, el Servicio de Extensión puede consultar las publicaciones digitales desde cualquier parte del territorio nacional.

**SIGA.** Este programa se ha logrado posicionar como una herramienta de seguimiento y control de las investigaciones que adelanta Cenicafé.



**Análisis de suelos.** Se empezaron a reportar a los caficultores, a través de los Comités Departamentales de Cafeteros, las interpretaciones de análisis de suelos para café, basadas en las recomendaciones técnicas del Boletín Técnico Cenicafé No.32: Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia.

## PLAN QUINQUENAL

Con el objetivo de estructurar el Plan Quinquenal del Programa de Investigación de la Federación Nacional de Cafeteros, para el periodo 2010 - 2015, con base en los lineamientos estratégicos definidos por la Alta Gerencia, se han venido desarrollando una serie de actividades con el apoyo de una consultoría externa, dentro de las cuales se destacan:

- Taller en Cenicafé con investigadores y representantes de diferentes áreas de la FNC, como son: Comités Departamentales, Buencafé, Gerencia Técnica, Gerencia Comercial, Almacafé y Gestión Organizacional, entre otras.
- Teniendo como insumo los resultados del taller, se iniciaron jornadas de trabajo periódicas, con la participación de Gerencia General, Gerencia Técnica y Gestión Organizacional.
- Adicionalmente, por recomendación de la Gerencia General, se realizó un taller con todas las Gerencias de la Federación: Gerencia Administrativa, Gerencia Técnica, Gerencia Comercial, Gerencia Financiera y la Gerencia de Comunicación y Mercadeo.
- Los resultados de estos talleres se presentaron en Cenicafé a un grupo de investigadores para analizar, complementar y establecer el consenso.

Estas actividades han permitido definir:

- Las líneas de investigación, sobre las cuales se desarrollarán las investigaciones definidas en el Plan Quinquenal de Cenicafé para el periodo 2010 - 2015. Los objetivos de las líneas de investigación se describen a

continuación:

- Sostenibilidad económica: Contribuir al mejoramiento de la productividad y rentabilidad de la caficultura colombiana.
  - Sostenibilidad ambiental: Conocer, conservar y usar racionalmente los recursos naturales en los ecosistemas cafeteros.
  - Sostenibilidad social: Contribuir al fortalecimiento del circuito del conocimiento Investigación - Extensión - Caficultor.
- Principios de la investigación.
  - Competencias distintivas de Cenicafé.
  - Análisis de las competencias distintivas en un ejercicio de escenarios con relación a:
    - Qué debe hacer Cenicafé con relación a las tendencias irreversibles definidas a 2015.
    - Qué debe hacer Cenicafé con relación al comportamiento de las incertidumbres en un escenario ácido.

Con base en lo anterior, se cuenta con el consenso y el soporte suficiente en la definición de los diferentes proyectos que estarán bajo la responsabilidad de Cenicafé, durante el periodo 2010 - 2015.

## REGISTRO

En la ciudad de Manizales, falleció el doctor Octavio Fernández Borrero, quien durante 28 años orientó las actividades técnicas del Departamento de Biología y Suelos de Cenicafé. El doctor Fernández fue pionero en investigaciones sobre enfermedades de las plantas, en especial la roya del cafeto en Colombia. Lamentamos su fallecimiento y hacemos llegar nuestras sentidas condolencias a su familia.

Registramos el retiro del doctor Orlando Guzmán Martínez quien durante 26 años lideró



las investigaciones a cargo de la Disciplina de Agroclimatología, así como el Dr. Gabriel Alvarado Alvarado, quién se retiró de Cenicafé después de más de 24 años de servicios liderando las investigaciones a cargo de la Disciplina de Mejoramiento Genético.

## RECONOCIMIENTOS A CENICAFÉ

La Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN, otorgó el Premio Nacional de Entomología Hernán Alcaráz Viecco, al mejor trabajo científico presentado por Profesionales, a los investigadores de Cenicafé: Alejandro Berrío, Flor Edith Acevedo y Pablo Benavides. La entrega de este premio se realizó durante el 37° Congreso de Entomología celebrado en la ciudad de Medellín el pasado 2 de julio de 2010.

El 11 de octubre de 2010, el Dr. Jaime Restrepo Cuartas, Director del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS, nombró al Dr. Fernando Gast, Director de Cenicafé, Miembro

del Consejo Nacional del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, para los próximos tres años.

En el período 2010, Cenicafé recibió como reconocimiento la categoría A del Grupo Postcosecha, en la nivelación realizada recientemente por COLCIENCIAS.

Las Disciplinas de Fisiología Vegetal y Fitopatología, en el concurso TopCiencia BASF – 2010, recibieron dos premios; el primero en el TopCiencia - LAN, realizado en Lima - Perú y el segundo TopCiencia - Latinoamérica, llevado a cabo en Campinas - Brasil. El premio se obtuvo por la presentación de los avances de trabajo: Acción Fungicida y Fisiológica de Pyraclostrobin sobre la productividad del cafeto (*Coffea arabica* L.).

### Fernando Gast H.

Director

Chinchiná, Noviembre 12 de 2010





*Disciplinas*  
**de Investigación**



# Disciplinas de Investigación



## Disciplina de suelos



En la Disciplina de Suelos se persiguen tres objetivos básicos, de los cuales dos corresponden al área de investigación y uno al suministro de servicios, como apoyo a las diferentes investigaciones que se desarrollan en el Centro; éstos son:

- Generar conocimientos sobre la fertilidad de los suelos de la zona cafetera colombiana, con el fin optimizar la nutrición del café, mediante la recomendación de prácticas de fertilización, que conduzcan al aumento del rendimiento del cultivo, a bajos costos y sin que resulten nocivas para el medio ambiente.
- Generar conocimientos y tecnologías que permitan el uso, manejo y conservación de los suelos y aguas de la zona cafetera colombiana, contribuyendo a la sostenibilidad y competitividad.
- Suministrar el servicio de análisis foliar y bromatológico, como apoyo a la investigación de las diferentes Disciplinas del Centro y supervisar la calidad de los análisis de los laboratorios.

Los objetivos de la Disciplina están enmarcados dentro de tres Proyectos de Investigación y uno

de Servicios, los cuales conforman los pilares de la Disciplina de Suelos. En el marco de cada uno de éstos se realizan experimentos que generan conocimiento sobre las propiedades de los suelos de la zona cafetera del país, la nutrición de cafetales, el manejo y la conservación de los suelos y aguas, y el manejo racional de las arvenses; además de los servicios de análisis.

### Suelos y Nutrición

#### **Actualización del programa de interpretación de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes y enmiendas para el cultivo de café.**

**SUE0317.** Este trabajo busca generar nuevos criterios para la interpretación de los análisis de suelo y la recomendación de fertilizantes y enmiendas para el cultivo de café con base en las investigaciones desarrolladas por Cenicafé, y el desarrollo de un software orientado a la sistematización y automatización de los criterios anteriormente mencionados.

En la primera fase del trabajo se reunió la información que sirvió de base para generar los criterios que deben tenerse en cuenta en la fertilización y enclavamiento de los cafetales. Posteriormente, se desarrolló un programa para sistematizar la interpretación de los análisis de suelos y las respectivas recomendaciones.

El programa incluye aspectos como: la etapa del desarrollo del cafetal (crecimiento vegetativo, producción y zoca), la densidad de la plantación y el nivel de sombrero, y podrá generar simultáneamente reportes de las recomendaciones en el formato PDF.

La primera versión del programa fue socializada, en el mes de marzo, con los Extensionistas de los departamentos de Caldas y Quindío, quienes a su vez hicieron sugerencias que se tuvieron en cuenta para el mejoramiento de éste. A partir del segundo trimestre de 2010, se dio aviso a todos los Líderes de Extensión de los Comités Departamentales, que podían contar con el servicio del programa desde Cenicafé. En la Tabla 1 se resume el número de resultados interpretados por Comité Departamental, a través del programa, entre mayo y septiembre



■ **Tabla 1.** Número de resultados de análisis de suelos interpretados a través del programa, entre los meses de mayo y septiembre de 2010.

Comité	Número de análisis
Quindío	625
Huila	264
Tolima	187
Norte de Santander	128
Caldas	87
Cundinamarca	17
Risaralda	137

de 2010. Actualmente se viene desarrollando la versión que se entregará a los Comités para su operación autónoma.

**Evaluación de dos fuentes y tres dosis de nitrógeno sobre la producción de café. SUE0537.** En el experimento se evalúan diez tratamientos, resultantes de tres dosis de

nitrógeno-N (200, 300 y 400 kg/ha/año), suministrados a través de tres fuentes (Urea, Urea Entec y Nitrato de amonio); además de un testigo sin N (Tabla 2).

Durante esta vigencia se inició la aplicación de los tratamientos en la Estación Central Naranjal localizada en Caldas, y en las Estaciones Experimentales Paraguaicito en Quindío, El Rosario en Antioquia y La Unión en Tolima, y se espera contar con los resultados de la primera cosecha para finales de 2010.

**Efecto de fuentes y dosis de potasio sobre la producción y calidad del café. SUE0540.**

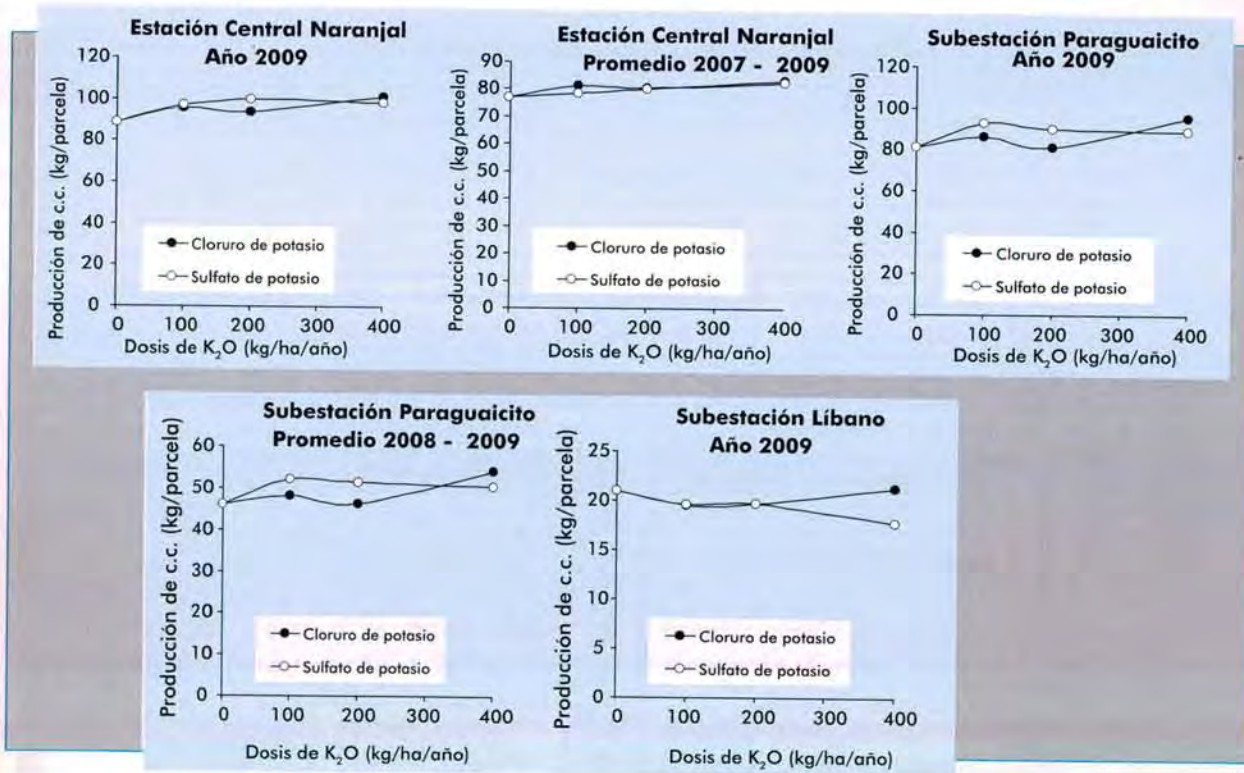
Este proyecto se desarrollada de manera conjunta con la empresa SOPIB y se encuentra establecido en las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito y Líbano. Se están evaluando siete tratamientos, resultantes de la combinación de cuatro dosis (0, 100, 200 y 400 kg de K<sub>2</sub>O/ha/año) y dos fuentes de potasio (Cloruro con 60% de K<sub>2</sub>O y Sulfato con 50% de K<sub>2</sub>O), los cuales se aplican al iniciar los períodos lluviosos (marzo-abril y agosto-septiembre).

En la Figura 1 se presenta el efecto de los tratamientos en la producción café cereza durante el año 2009 y el promedio a esta

■ **Tabla 2.** Descripción de los tratamientos de evaluación de N sobre la producción de café.

Tratamiento	Fuente de N	Dosis de N (kg/ha/año)	Dosis de fuente (kg/ha/año)
1	Urea (46% de N)	200	435
2		300	652
3		400	870
4	Nitrato de amonio (26% de N)	200	769
5		300	1.145
6		400	1.538
7	Urea ENTEC (46% de N)	200	435
8		300	652
9		400	870
10	Testigo	0	0





■ **Figura 1.** Efecto de dosis y fuentes de potasio sobre la producción de café cereza (c.c.), en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé, durante el año 2009 y el promedio del 2009.

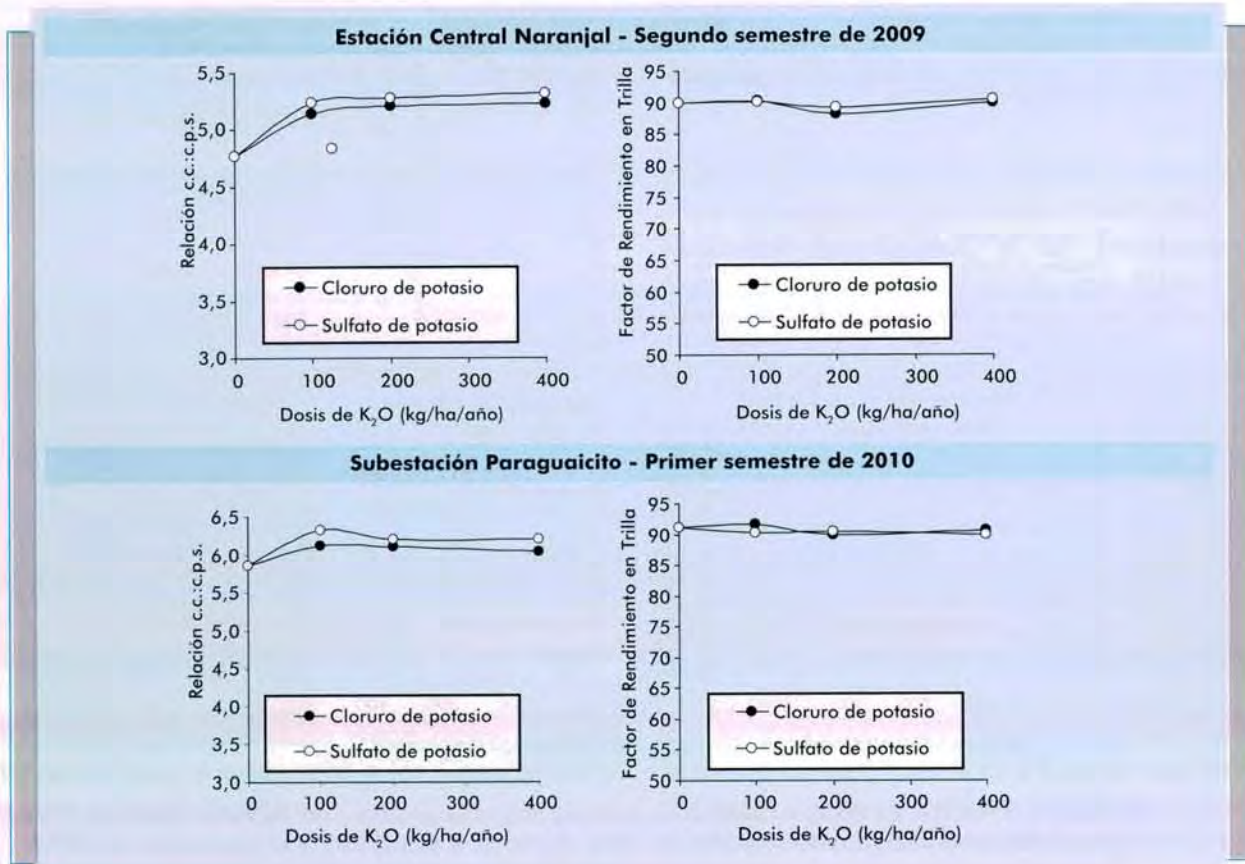
fecha. De las tres localidades, sólo en la Estación Central Naranjal hubo respuesta a los tratamientos en el año 2009; en este sentido, hubo efecto de las dosis aplicadas más no de las fuentes, ni de la interacción dosis x fuente. Cabe aclarar que en esta localidad el incremento en la producción debido al suministro de 100 ó 200 kg/ha/año de potasio (K<sub>2</sub>O), no superó el 10%. La respuesta al suministro del potasio en la tercera cosecha en Naranjal se relaciona con la reducción de la concentración de este elemento en el suelo, debido a que los niveles registrados al iniciar el experimento (0,40 cmol<sub>c</sub>/kg) se redujeron en 0,13 cmol<sub>c</sub>/kg, hasta llegar a 0,27 cmol<sub>c</sub>/kg.

En las últimas evaluaciones no se registró efecto significativo de los tratamientos sobre la relación de café cereza a café pergamino seco (c.c.:c.p.s.), en Naranjal en el segundo semestre de 2009 y en Paraguaito en el primer semestre de 2010; sin embargo, en ambas localidades esta relación se incrementó con la aplicación de cualquiera de las dosis, lo cual

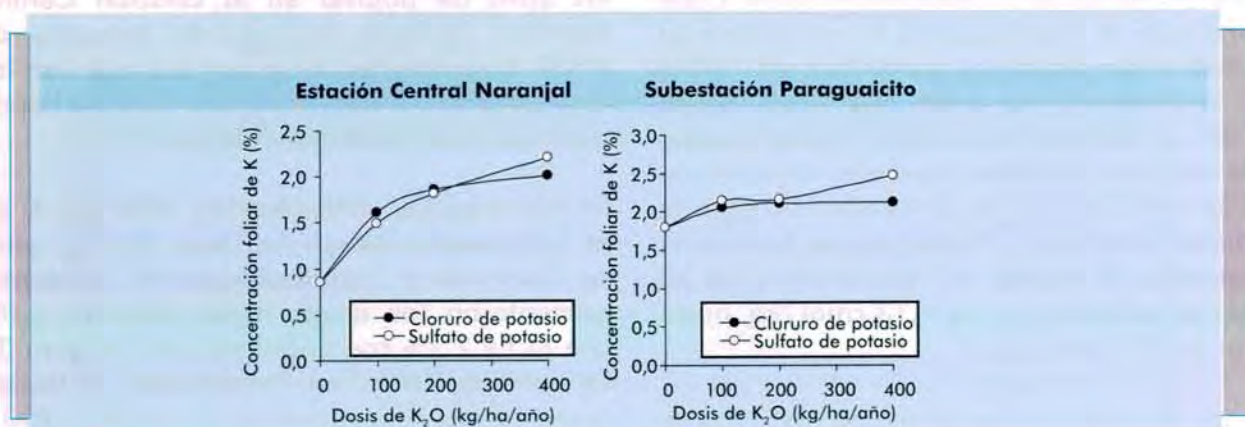
puede estar relacionado con la alta demanda de este nutriente en los frutos, especialmente en la pulpa (Figura 2). En cuanto al factor de rendimiento en trilla (FRT) hubo efecto de las dosis de potasio en la Estación Central Naranjal, durante el segundo semestre de 2009. El comportamiento sugiere que con las dosis medias del elemento esta variable tiende a disminuir con relación al testigo.

En Naranjal, la concentración foliar de K en el tratamiento testigo fue baja (0,9%), pero se incrementó significativamente conforme aumentaron las dosis, hasta alcanzar 2,0% con KCl y 2,2% con el Sulfato de K (Figura 3). En contraposición, en Paraguaito el testigo presentó una alta concentración de K (1,8%) y alcanzó niveles promedio de 2,3% con las dosis suministradas (Figura 3). El contenido de azufre (S) fue relativamente alto en Naranjal (0,18%) y no se incrementó con la aplicación de la fuente azufrada de potasio; caso contrario se presentó para Paraguaito (Figura 4). Con la aplicación de KCl se incrementó significativamente la



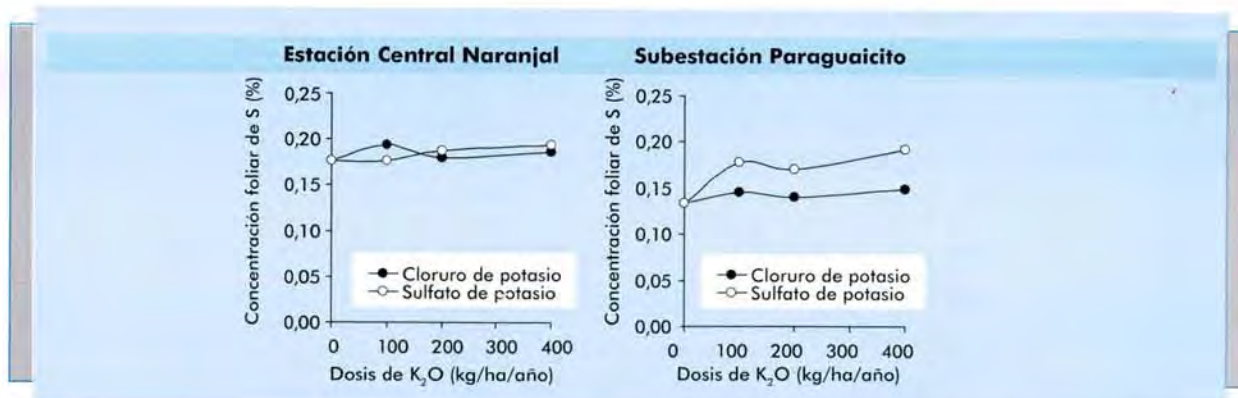


**Figura 2.** Efecto de dosis y fuentes de potasio sobre la relación de café cereza (c.c.): café pergamino seco (c.p.s.), y el factor de rendimiento en trilla en Estación Central Naranjal (año 2009-cosecha segundo semestre) y en la Estación Paraguaicito (año 2010-primer semestre).



**Figura 3.** Efecto de las fuentes de potasio sobre el contenido foliar de potasio (K), en las Estaciones Naranjal y Paraguaicito, durante el año 2010.





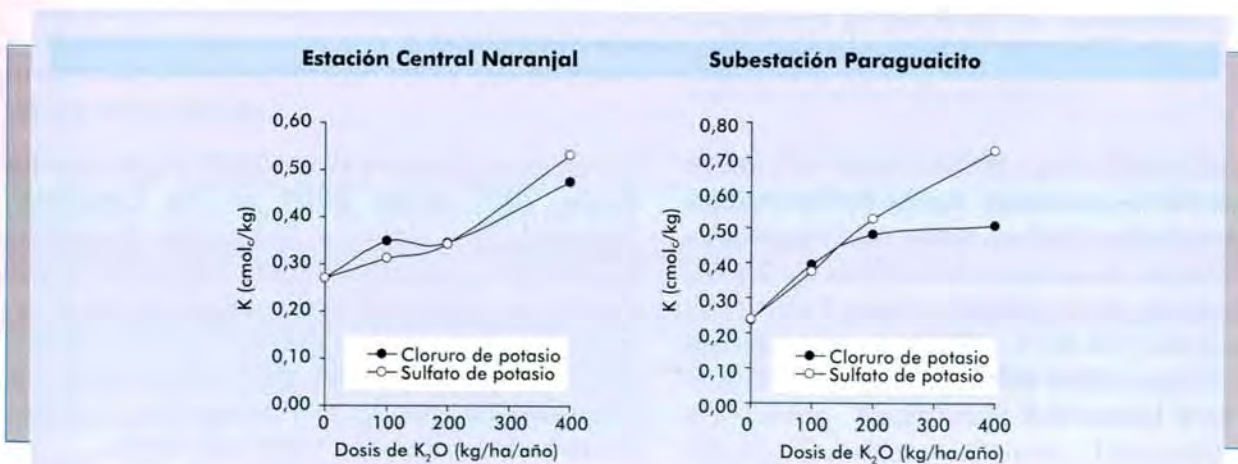
**Figura 4.** Efecto de las fuentes de potasio sobre el contenido foliar de azufre (S), en las Estaciones Naranjal y Paraguaicito, durante el año 2010.

concentración de cloro (Cl), hasta llegar a 3.990 mg/kg en Paraguaicito y 2.570 mg/kg en Naranjal, con el suministro de la dosis más alta (400 kg/ha/año de K<sub>2</sub>O) (Figura 5).

Tanto en la Estación Central Naranjal como en la Estación Paraguaicito el contenido de potasio en el suelo se incrementó conforme a las dosis aplicadas (Figura 6). En cuanto al azufre, sus contenidos aumentaron con las dosis de Sulfato de potasio, alcanzando niveles superiores a 40 mg/kg, lo cual se puede considerar muy alto; en contraposición, el contenido de azufre no sufrió cambios cuando se utilizó Cloruro de

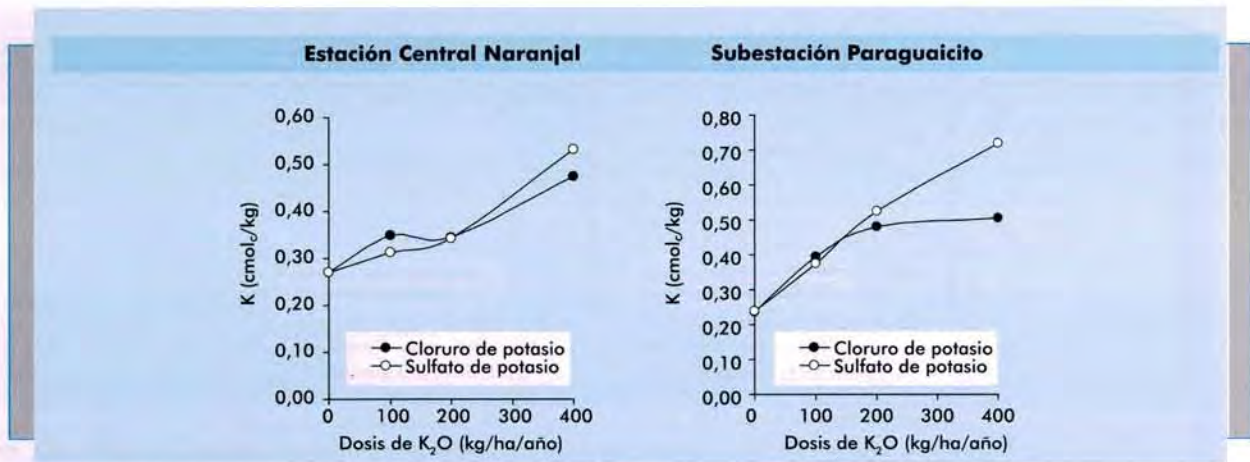
potasio, dado que esta fuente no contiene este elemento (Figura 7).

**Efecto de fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café después de la zoca. SUE0546.** Este experimento se encuentra instalado en la Estación Central Naranjal y las Estaciones Experimentales La Catalina y Santander, y es cofinanciado por las empresas Kali Und Salz y Monómeros S.A. Los lotes corresponden a zocas de café que durante los últimos cuatro años antes de su renovación, recibieron los mismos tratamientos, es decir, que existe un efecto residual de éstos.

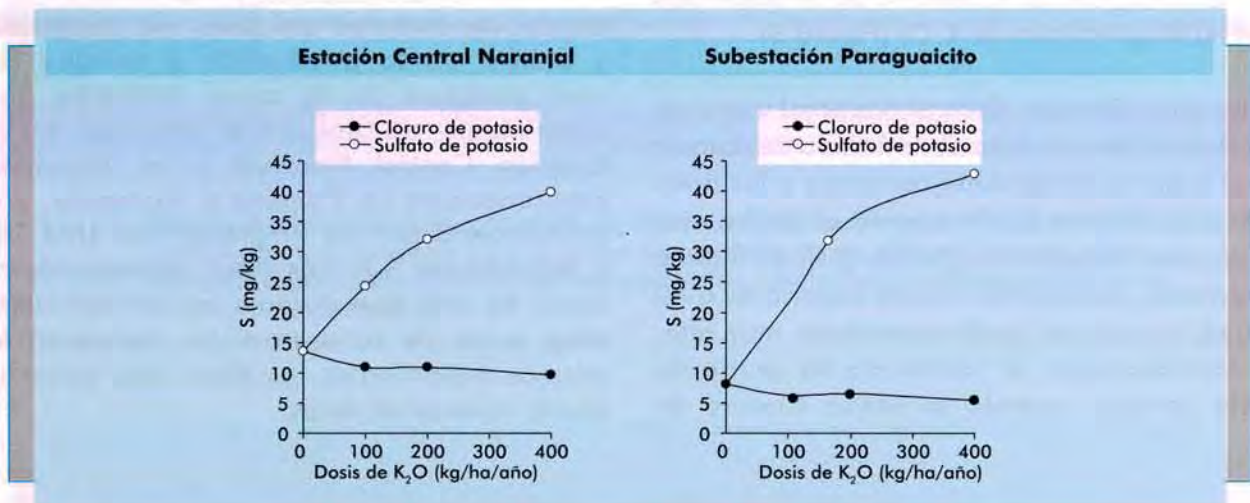


**Figura 5.** Efecto de las fuentes de potasio sobre el contenido foliar de cloro (Cl), en las Estaciones Naranjal y Paraguaicito, durante el año 2010.





■ **Figura 6.** Efecto de dosis y fuentes de potasio sobre el contenido de potasio del suelo, en las Estaciones Naranjal y Paraguaito, durante el año 2010.



■ **Figura 7.** Efecto de dosis y fuentes de potasio sobre el contenido de azufre (S) del suelo, en las Estaciones Naranjal y Paraguaito, durante el año 2010.

Bajo el diseño de bloques completos al azar, se evalúan 11 tratamientos (Tabla 3), un Testigo sin Mg ni S (Tto 1); tres dosis de S, aplicados como Sulfato de amonio-SAM (Ttos 2, 3 y 4); 3 dosis de Mg en combinación con S en forma de Kieserita (Tto 5, 6 y 7), tres dosis de Mg suministrados como óxido (Tto 8, 9 y 10) y el fertilizante 17-6-18-2 (Tto 11).

En la Figura 8 se presentan los promedios de la producción de café cereza de todos los

tratamientos durante el año 2009, y el promedio desde 2007 hasta 2009 en las Estaciones Naranjal, La Catalina y Santander. El análisis de varianza, aplicado a todos los tratamientos de manera conjunta, no reveló efecto de éstos sobre la producción obtenida durante el año 2009; tampoco existen diferencias entre los tratamientos cuando se analizan los registros acumulados obtenidos hasta esta fecha.

En las Tablas 4 y 5 se presentan los promedios de la relación de café cereza:café pergamino seco



■ **Tabla 3.** Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento.

Tto	Fertilización básica	MgO	S	Kieserita	Óxido Mg	SAM	17-6-18-2
		(kg/ha/año)					
1	NPK	0	0	0	0	0	0
2	NPK	0	24	0	0	100	0
3	NPK	0	48	0	0	200	0
4	NPK	0	72	0	0	300	0
5	NPK	30	24	120	0	0	0
6	NPK	60	48	240	0	0	0
7	NPK	90	72	360	0	0	0
8	NPK	30	0	0	37	0	0
9	NPK	60	0	0	75	0	0
10	NPK	90	0	0	150	0	0
11	NPKMgS	28	28	0	0	0	1.400

(c.c.:c.p.s.) y el factor de rendimiento en trilla (FRT), obtenidos en las Estaciones Naranjal y La Catalina, durante el año 2009. Para Naranjal la relación c.c.:c.p.s. fue mayor en los tratamientos fertilizados con SAM y Kieserita, mientras el FRT mostró un comportamiento similar en todos los tratamientos. En La Catalina los valores de la relación y del factor de rendimiento fueron semejantes entre los tratamientos; cabe resaltar que en esta localidad el FRT fue alto, lo cual puede relacionarse con la incidencia de la broca durante este período, antes que al efecto de los tratamientos.

En las tres localidades se incrementaron los contenidos de azufre (S) con la aplicación de SAM y Kieserita, conforme a las dosis suministradas, hasta alcanzar niveles considerados muy altos (40 a 50 mg/kg) (Figura 9). El magnesio (Mg) también aumentó, y los niveles más altos se registraron con la fuente Óxido, comportamiento que se relaciona con la baja solubilidad de éste (Figura 10).

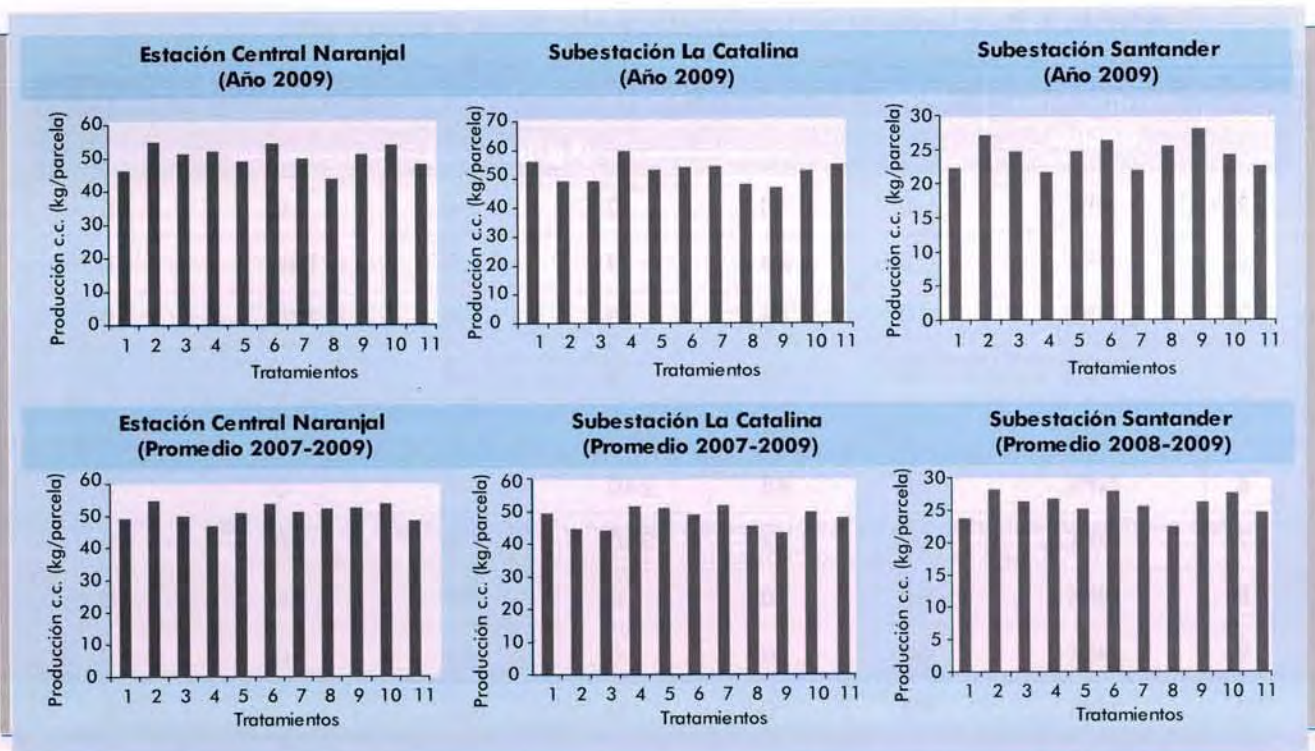
**Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables**

**en suelos de la zona cafetera colombiana sobre su disponibilidad para el café (*Coffea arabica*). SUE0547.** Este estudio se realizó en dos fases; en la primera se evaluó la selectividad al calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), en 14 suelos de la región cafetera, contrastantes en su origen y fertilidad, mediante técnicas de intercambio, y en una segunda fase, se seleccionaron tres de los 14 suelos, para determinar el efecto de las variaciones de estas bases intercambiables sobre el crecimiento de café en la etapa de almacigo.

**Fase I. Selectividad por Ca, Mg y K intercambiable en algunas unidades de suelos de la zona cafetera colombiana.**

Se tomaron muestras de suelo a 20 cm de profundidad en cafetales a libre exposición solar en las siguientes unidades cartográficas: Libano, Fresno y San Simón en Tolima; Chinchiná en Caldas, Risaralda y Antioquia; Timbío en Cauca; Quindío en Quindío; Doscientos en el Valle del Cauca (Jamundí y Sevilla); Paujil en Santander; Guadalupe en Huila; y Suroeste y Salgar en Antioquia. Se aplicaron cuatro





■ **Figura 8.** Promedio de producción de café cereza obtenida en respuesta a la aplicación de los tratamientos durante el año 2009, y el promedio de 2007 a 2009 en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé.

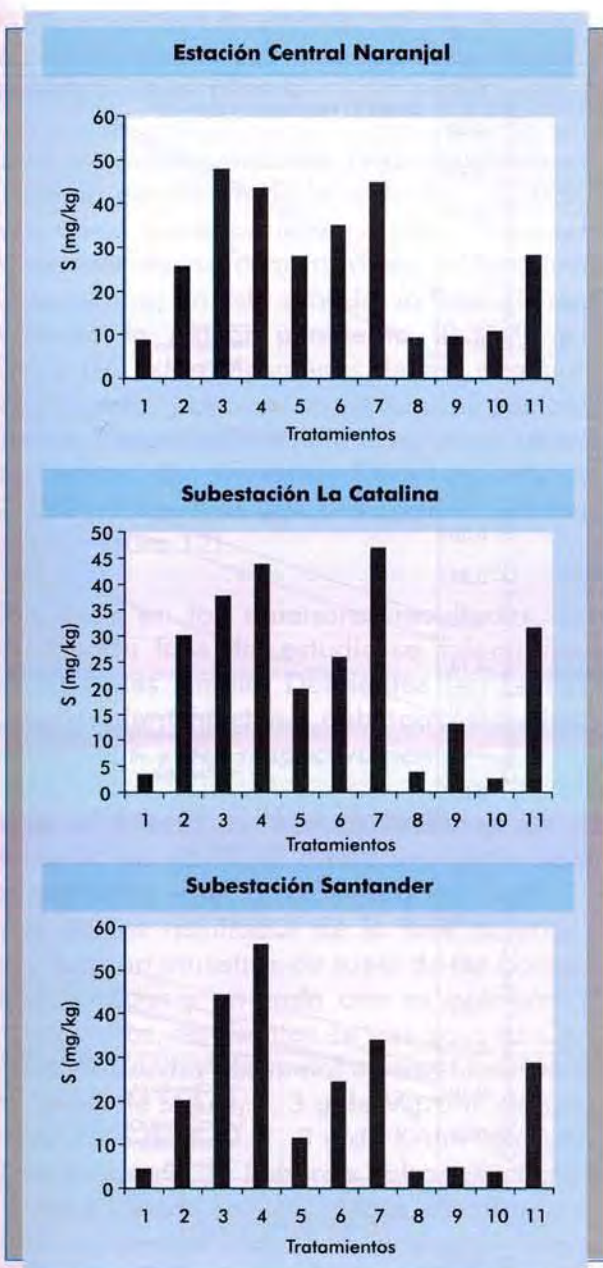
■ **Tabla 4.** Relación de café cereza:café pergamino seco (cc:cps) y el factor de rendimiento en trilla (FRT), obtenidos en la Estación Central Naranjal durante el año 2009.

	Tratamientos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Relación c.c.:c.p.s.	5,64	6,02	6,29	6,22	6,07	6,18	6,11	5,51	5,80	5,87	5,98
FRT	94,28	94,38	95,90	93,64	94,22	94,01	94,05	93,14	96,97	94,83	96,01

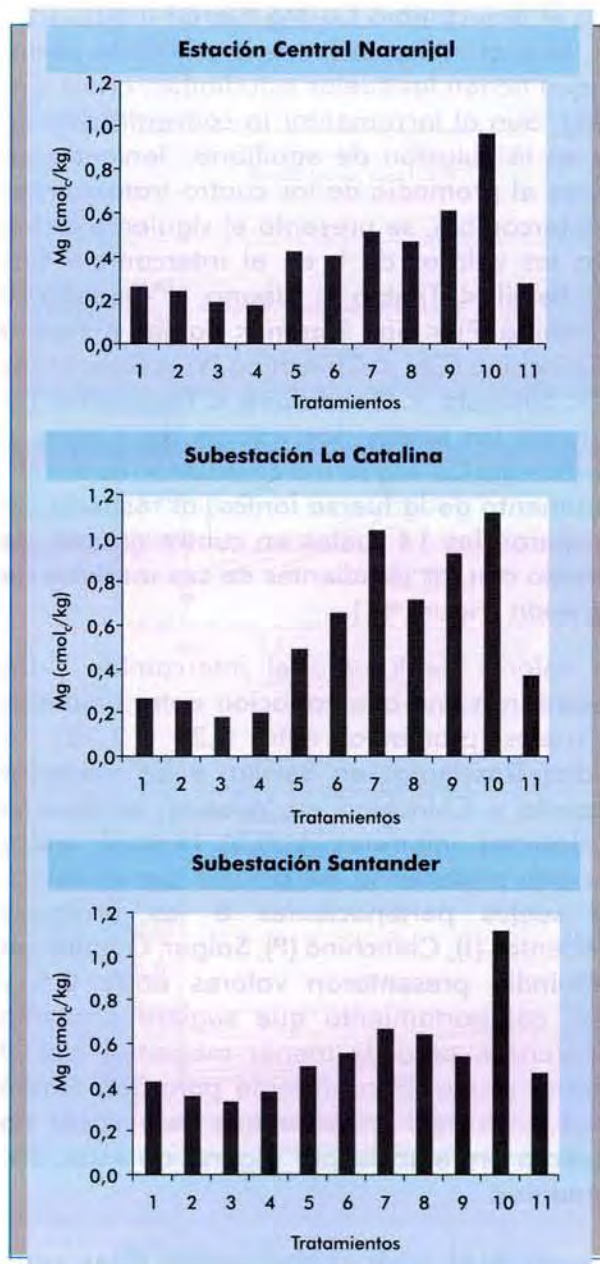
■ **Tabla 5.** Relación de café cereza:café pergamino seco (c.c.:c.p.s.), obtenidos en la Estación La Catalina durante el año 2009.

	Tratamientos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Relación c.c.:c.p.s.	5,20	5,56	5,44	5,26	5,39	5,18	5,52	5,54	5,32	5,47	5,54
FRT	114,15	122,76	121,33	114,31	119,12	118,32	116,68	123,77	119,18	120,16	118,48





■ **Figura 9.** Contenido del azufre (S) en el suelo en respuesta a la aplicación de los tratamientos de azufre y magnesio.



■ **Figura 10.** Contenido del magnesio (Mg) en el suelo en respuesta a la aplicación de los tratamientos de azufre y magnesio.



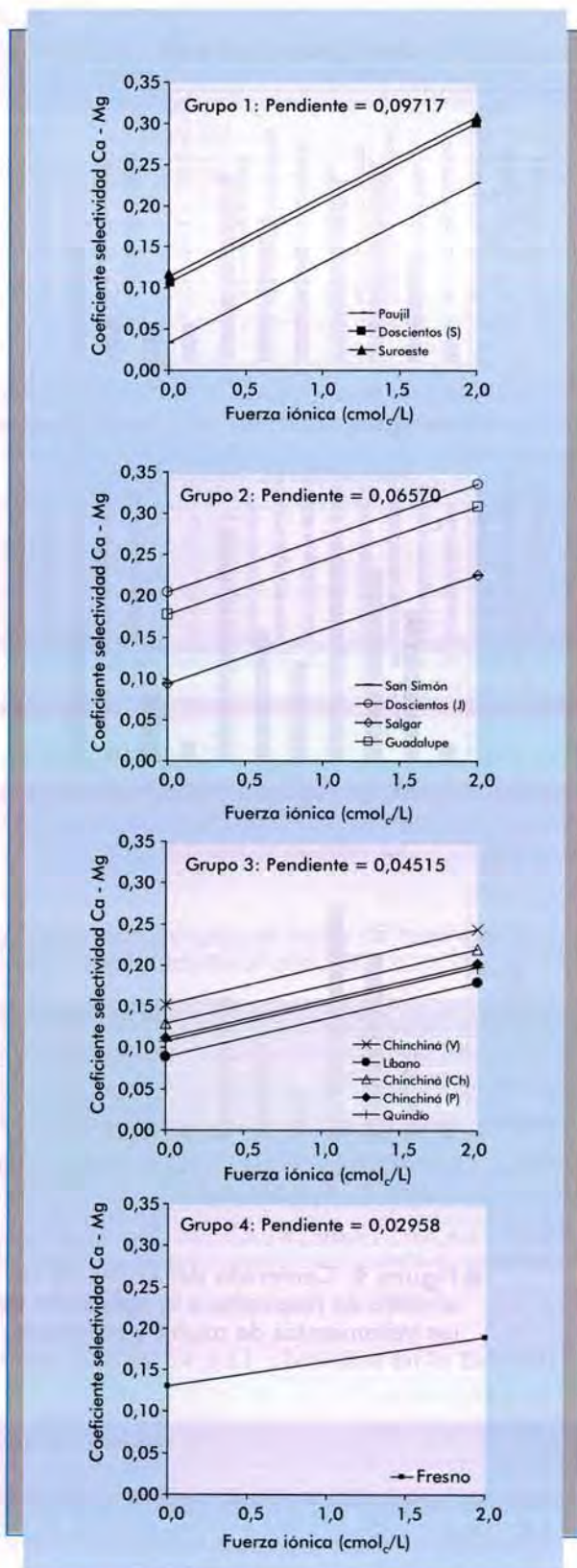
tratamientos (soluciones de intercambio) con diferentes concentraciones de Ca, Mg y K (0,25, 0,50, 1,0 y 2,0 meq/L), para luego evaluar su dinámica en condiciones de competencia por sitios de absorción a través de los coeficientes de selectividad (k).

En general, los coeficientes de selectividad, para el intercambio Ca-Mg fueron inferiores a 0,3, lo cual indica la fuerte preferencia por el Ca que tienen los suelos estudiados, antes que el Mg, aun al incrementar la concentración de Mg en la solución de equilibrio. Teniendo en cuenta el promedio de los cuatro tratamientos de intercambio, se presentó el siguiente orden para los valores de k en el intercambio Ca-Mg: Paujil < Timbío < Líbano < Quindío < Chinchiná (P) < San Simón < Salgar < Fresno < Chinchiná (Ch) < Chinchiná (V) < Doscientos (S) < Suroeste < Guadalupe < Doscientos (J).

En todos los suelos, los valores de k para el intercambio Ca-Mg se incrementaron conforme al aumento de la fuerza iónica; al respecto, se agruparon los 14 suelos en cuatro grupos, de acuerdo con las pendientes de sus modelos de regresión (Figura 11).

Los valores de k para el intercambio K-Ca presentaron una alta variación entre unidades de suelos (promedios entre 0,29 y 2,18). La unidad Doscientos en Sevilla, y las unidades Suroeste y Chinchiná en Venecia, exhibieron coeficientes inferiores a 0,5, lo cual indica una alta preferencia de potasio por el calcio. Los suelos pertenecientes a las unidades Doscientos (J), Chinchiná (P), Salgar, Guadalupe y Quindío presentaron valores entre 0,5 y 0,75, comportamiento que sugiere una alta preferencia, pero de menor magnitud que el anterior grupo. El coeficiente para San Simón fue 1,0, lo cual muestra que este suelo no presenta preferencia por alguno de estos dos elementos.

El rango del k para el intercambio K-Mg varió entre 0,044 y 0,357, con el siguiente orden en las unidades de suelos: Doscientos (S) < Suroeste Chinchiná (V) < Chinchiná (P) < Salgar < Quindío < San Simón < Doscientos (J) < Guadalupe < Timbío < Paujil < Chinchiná (Ch) < Líbano < Fresno. Estos valores son muy



■ **Figura 11.** Agrupación de suelos por su similitud en los cambios de los coeficientes de selectividad Ca-Mg en función de la concentración de cationes en las soluciones de intercambio.



bajos y señalan la preferencia del K sobre el Mg en todos los suelos estudiados, según la metodología empleada.

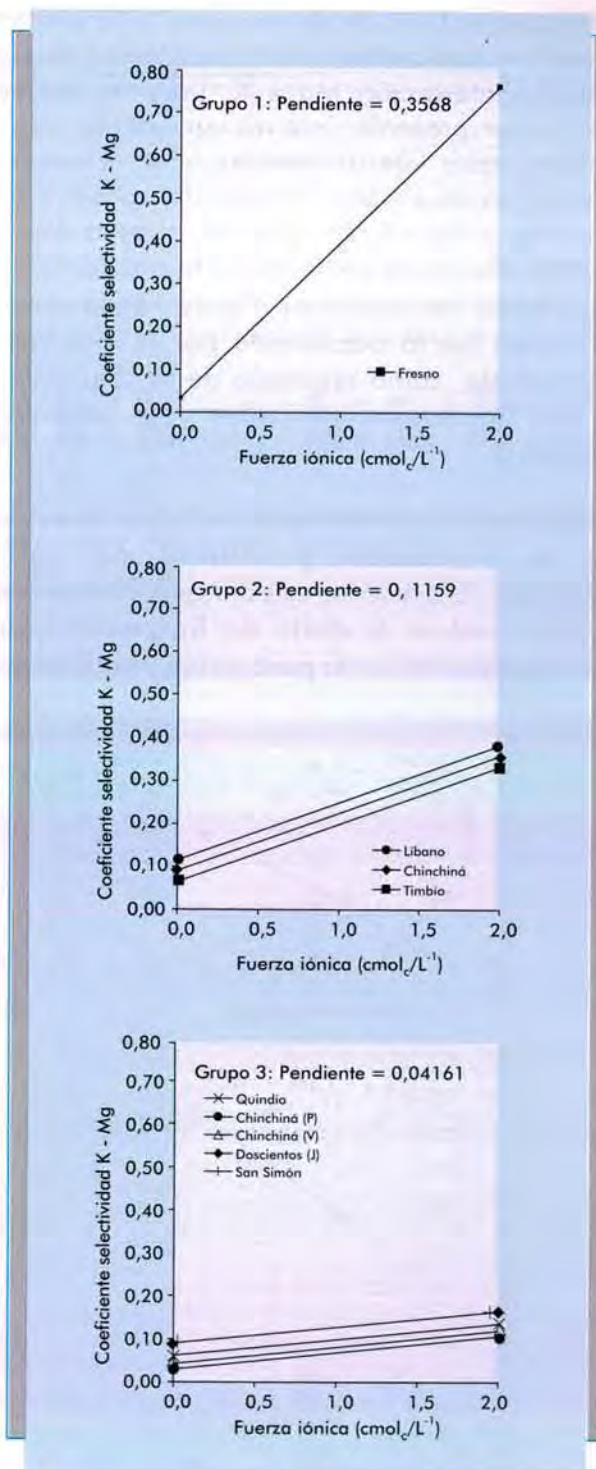
Entre aquellas unidades cuya tendencia fue lineal, la pendiente de la recta fue positiva, lo cual indica que la preferencia por el K aumenta al incrementar su concentración en la solución de equilibrio; en este sentido, la unidad Fresno presentó la mayor pendiente (0,357), y se diferenció estadísticamente de las demás; en un segundo grupo se reunieron los suelos de Timbío, Libano y Chinchiná (Ch), y las unidades Doscientos (J), Quindío, Chinchiná (P), San Simón y Chinchiná (V) conformaron el tercer grupo (Figura 12).

Con base en los anteriores resultados, para la segunda fase del estudio se seleccionaron las unidades Timbío, Doscientos (en Sevilla) y Chinchiná (en Chinchiná), debido a su selectividad por el Ca, K y Mg, respectivamente.

**Fase II. Efecto de las variaciones de Ca, Mg y K en la fase intercambiable sobre la nutrición y el crecimiento de café.**

Con base en los resultados de la fase anterior se recolectaron muestras de suelo de las unidades seleccionadas y en cada uno se aplicaron 27 tratamientos, resultantes de tres dosis de Ca (0, 1, 3 g de Ca/dm<sup>3</sup> de suelo) en combinación con tres dosis de Mg (0, 1, 3 g de Mg/dm<sup>3</sup> de suelo) y tres dosis de K (0, 1, 3 g de K/dm<sup>3</sup> de suelo). Posteriormente, se llenaron bolsas plásticas de 17 cm x 23 cm, con los suelos tratados y, por bolsa, se sembró una plántula de café variedad Colombia. Seis meses después de la siembra se extrajeron las raíces y se determinó el peso seco de las plantas, además del contenido de Ca, Mg y K en el suelo.

Los contenidos de las tres bases intercambiables se incrementaron conforme a las dosis suministradas (Figura 13); presentando diferencias entre elementos y suelos. La suma de las bases intercambiables superó la CIC, resultado que revela imprecisiones en el método analítico e indica que parte de la cantidad total extraída por el método de laboratorio no corresponde a la fracción intercambiable.



■ **Figura 12.** Agrupación de suelos por su similitud en los cambios de los coeficientes de selectividad K-Mg en función de la concentración de cationes en las soluciones de intercambio.



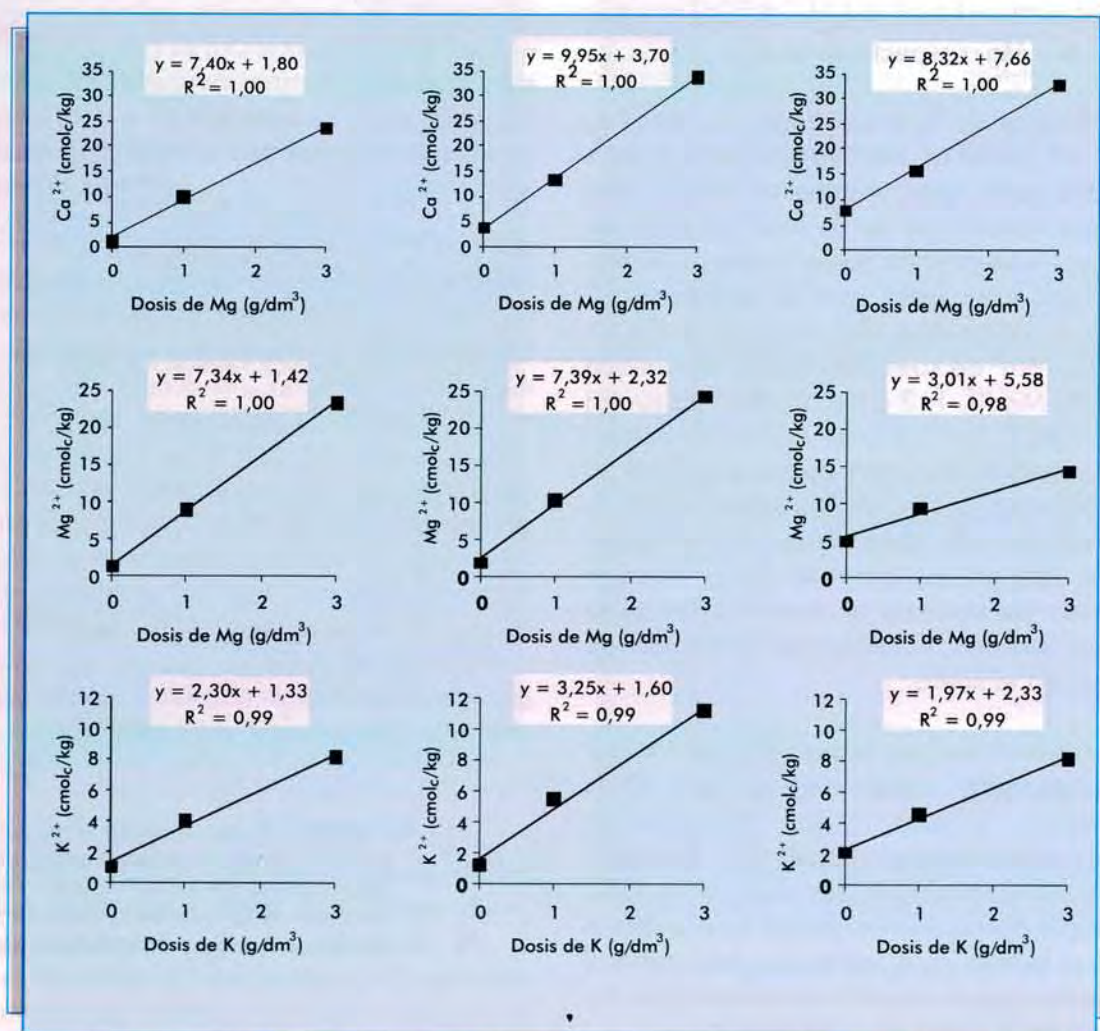
De acuerdo al análisis de varianza, en la unidad Chinchiná hubo efecto de la aplicación de Ca y de la interacción Mg x K; para la unidad Timbío se presentó interacción simple entre las tres bases intercambiables, y en la unidad Doscientos se encontró interacción positiva de Ca x Mg y Mg x K. En general, el peso de las plantas disminuyó conforme al aumento de las dosis de los tres nutrientes (Figura 14); la mayor reducción fue la ocasionada por el magnesio y el potasio, como resultado de la solubilidad de los fertilizantes aplicados y la salinidad resultante.

**Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del café. SUE0528.** El presente estudio que tiene como objetivo evaluar el efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del

café. Se encuentra instalado en seis localidades de la zona cafetera colombiana: Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), las Estaciones Experimentales Paraguaicito (Buenavista, Quindío), Santander (Floridablanca, Santander) y El Rosario (Venecia, Antioquia), y en las fincas El Porvenir (Manzanares, Caldas) y El Agrado (Montenegro, Quindío).

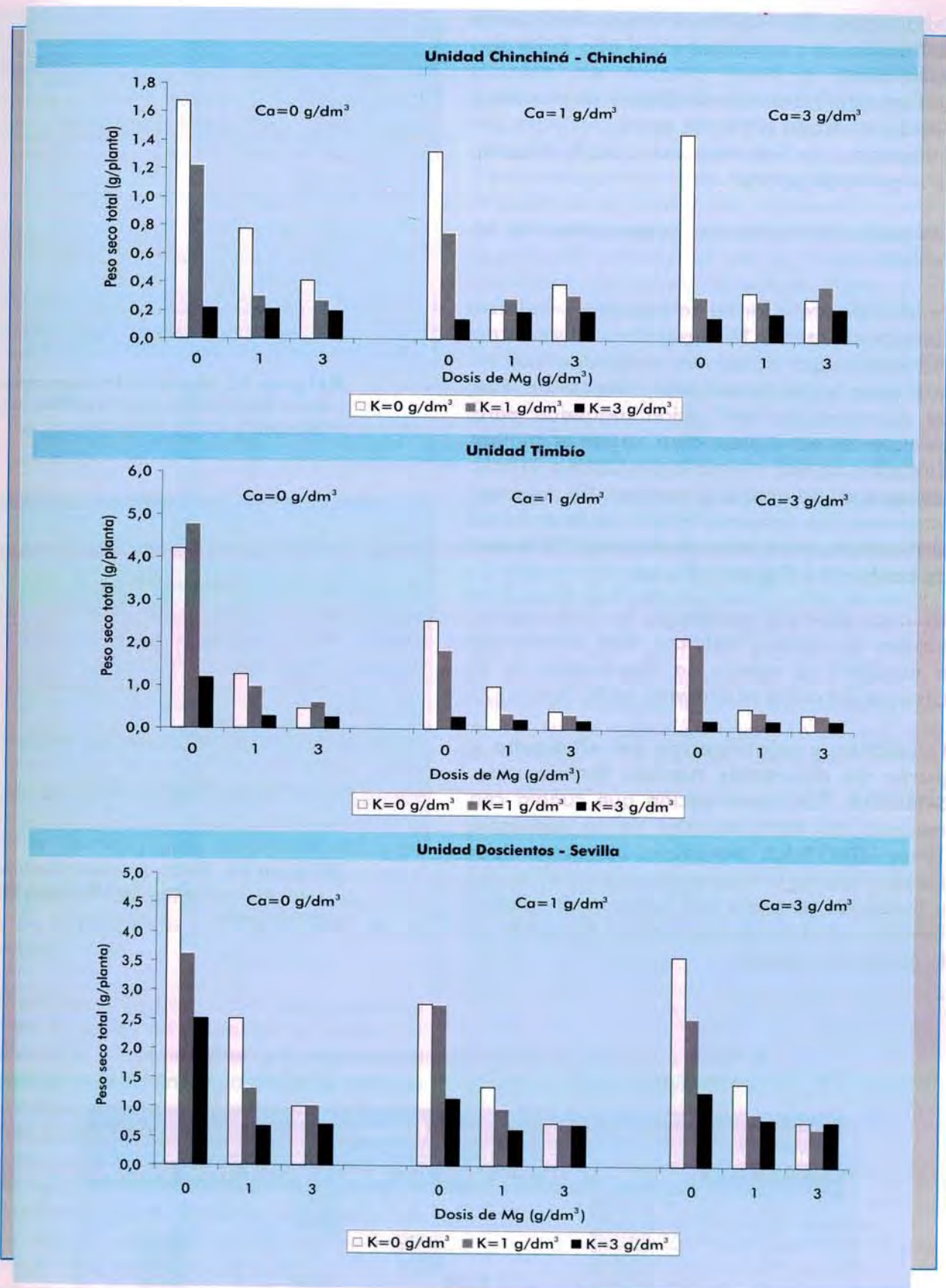
Los tratamientos consisten en distribuir el fertilizante requerido según el análisis de suelos en diferentes proporciones en el año, y son los siguientes:

**Tratamiento 1 (testigo relativo):** Aplicación del fertilizante fraccionado en dos épocas del año (50% en el primer semestre y 50% en el segundo).



■ **Figura 13.** Variaciones en los contenidos de Ca, Mg y K intercambiable, en respuesta a su aplicación.





■ **Figura 14.** Efecto de la aplicación de calcio, magnesio y potasio en el peso seco de las plantas de café en la etapa de almácigo para tres unidades de suelos.



**Tratamiento 2:** Aplicación del fertilizante distribuido en tres épocas en el año (33% por aplicación).

**Tratamiento 3:** Fertilizante distribuido en cuatro épocas en el año (25% por época).

**Tratamiento 4:** Seis fracciones del fertilizante recomendado para un año.

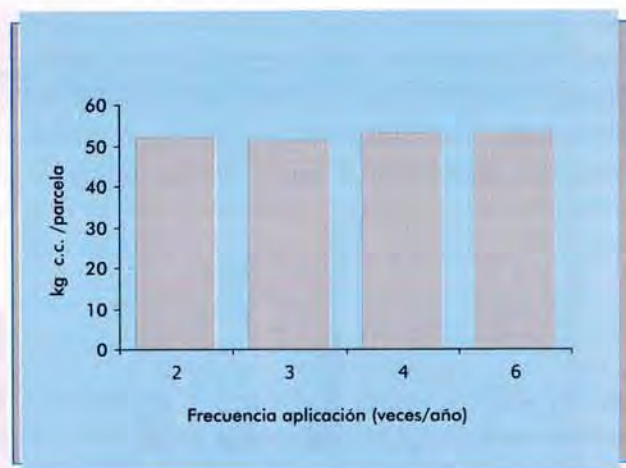
Los meses de aplicación se presentan en la Tabla 6.

En el presente informe se presentan avances correspondientes a 18 meses de producción en Naranjal, lugar donde los resultados indican que para estas condiciones, fraccionar más de dos veces la fertilización requerida para cafetales en edad productiva, según el análisis de suelos, no incrementa la producción de café cereza (c.c.) durante el primer año de cosecha; fenómeno que tampoco ha sido evidente hasta el momento, para el acumulado de 18 meses de producción (Figuras 15 y 16).

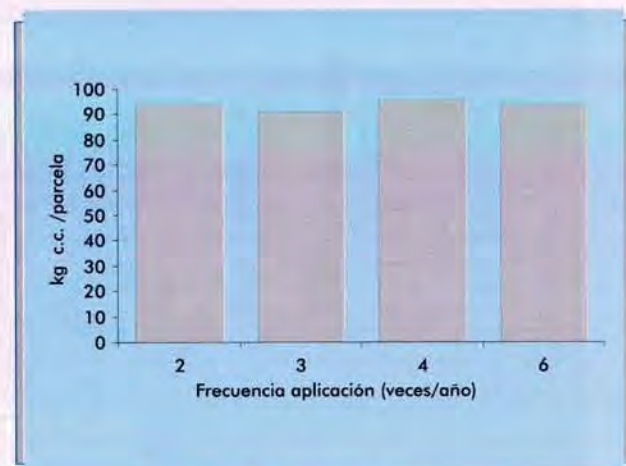
En lo corrido de la evaluación, los tratamientos objetos de estudio tampoco han contribuido a modificar el patrón de distribución de la cosecha, tal como se presenta en la Figura 17.

### Lixiviación y volatilización del nitrógeno a partir de diferentes fuentes fertilizantes.

**SUE0338.** Esta investigación que cuenta con recursos de cofinanciación de la compañía Timac AGRO S.A.S., tiene como objetivo evaluar las pérdidas de nitrógeno (N) por volatilización y lixiviación, a partir del Sulfammo® y otros fertilizantes nitrogenados de uso frecuente en la caficultura del país.



■ **Figura 15.** Efecto del fraccionamiento de la fertilización para el primer año de cosecha.



■ **Figura 16.** Efecto de los tratamientos para el acumulado de 18 meses de producción.

■ **Tabla 6.** Distribución del fertilizante requerido de acuerdo con el tratamiento.

Tratamiento	Épocas											
	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene
T1												
T2												
T3												
T4												



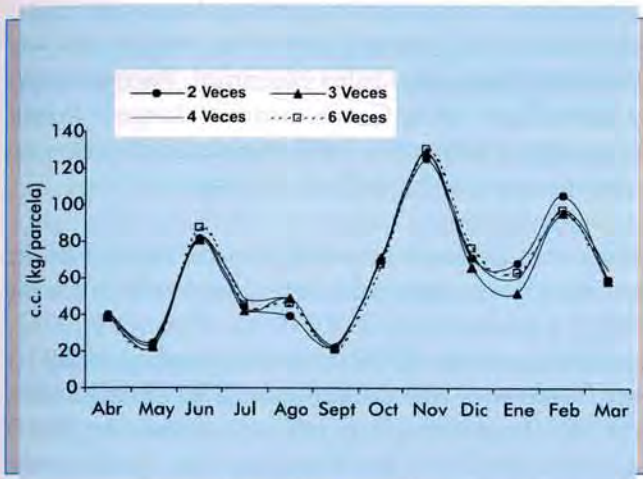


Figura 17. Distribución de la producción efecto de los tratamientos.

Los resultados corresponden a las pruebas de volatilización efectuadas en un cafetal en estado de levante localizado en la Estación Central Naranjal, en el cual se cuantificó el  $N-NH_3$  volatilizado luego de aplicar Urea, Sulfato de amonio (SAM) y Sulfammo® como fuentes fertilizantes.

Las mayores pérdidas de N por volatilización se presentaron en los primeros tres días, después de haber aplicado Urea como fuente del elemento (Figura 18). A pesar de que la magnitud del fenómeno empezó a reducirse sustancialmente en las horas siguientes, el acumulado de pérdidas alcanzó el 26%, luego de transcurridos 10 días a partir de su aplicación.

El SAM por su composición amoniaca y reacción ácida en el suelo, no evidenció pérdidas por el mecanismo citado. Para el Sulfammo® que contiene parte del N en forma ureica, la película que envuelve sus gránulos y que es de naturaleza calcárea, pudo constituir una barrera para que el fenómeno se presentara en el corto plazo. Por esta razón, la evaluación se extenderá hasta los 30 días, tiempo durante cual se espera que la degradación de dicho recubrimiento haya avanzado. Para estas dos últimas fuentes, las pérdidas acumuladas transcurridos diez días de iniciada la evaluación fueron del 2% y el 1%, respectivamente (Figura 19).

**Alternativas para la fertilización de cafetales en producción, con fuentes simples en mezcla física y complejos granulados. SUE0534.** El experimento evalúa tres aspectos: i). La eficiencia agronómica del complejo granulado Hydran de grado 19-4-19-3 propuesto por Yara Ltda., para el abonamiento de cafetales en producción, comparada con la del 17-6-18-2, que tiene una amplia acogida en el gremio cafetero del país. ii). El equivalente nutricional de dichos complejos, frente a la mezcla física de Urea, DAP, KCl más Kieserita y la recomendación según el análisis de suelos. iii). La respuesta en producción y calidad del grano a la aplicación de calcio y boro. Este proyecto se realiza en cinco localidades de la zona cafetera colombiana, contrastantes en clima y suelos, éstas son: la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), las Estaciones Experimentales Paraguacito (Buenavista, Quindío), Santander (Floridablanca, Santander) y El Rosario (Venecia, Antioquia), y por solicitud del Comité de Cafeteros del Quindío, se instaló una réplica en la finca El Agrado (Montenegro, Quindío). Los recursos económicos para su ejecución son aportados por Cenicafé-Federacafé y Yara Colombia Ltda. La aplicación de los tratamientos se inició en el segundo semestre del 2010, para los lotes experimentales

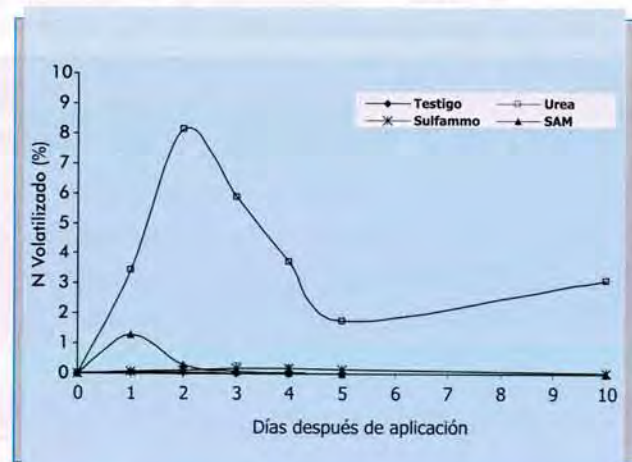
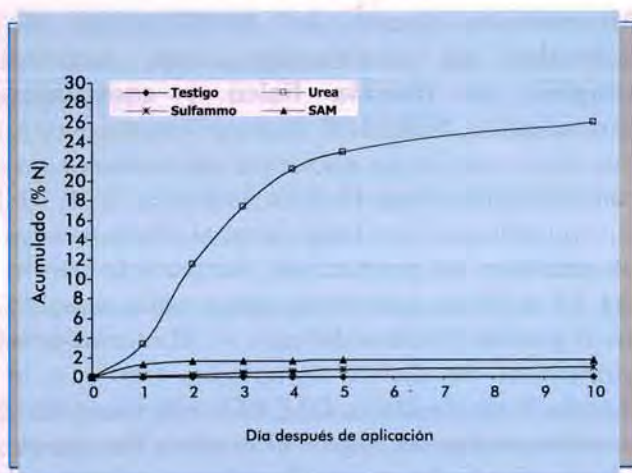


Figura 18. Volatilización de N a partir de diferentes fuentes fertilizantes portadoras del elemento. Nota: La cifra de volatilización que se presenta en el día 10, corresponde al acumulado obtenido en los últimos cinco días de evaluación.





■ **Figura 19.** Pérdidas acumuladas de N volatilizado diez días luego de aplicar los tratamientos

de El Rosario y El Agrado. En las demás localidades las plantaciones se encuentran en su fase de crecimiento vegetativo.

**Efecto de la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre la producción del café. SUE0536.** El objetivo de este estudio es determinar el efecto de la combinación de la fertilización

orgánica e inorgánica sobre la producción del cultivo. El experimento se realiza en las Estación Experimentales Naranjal, Paraguaicito y Santander, en la Concentración Jorge Villamil (Gigante, Huila). Los tratamientos aplicados se observan en la Tabla 7.

Para este período se analizó el promedio de la producción acumulada obtenida desde junio de 2009 a septiembre de 2010 en Gigante (Huila), desde agosto de 2009 hasta septiembre de 2010 en Santander, desde julio de 2009 hasta julio de 2010 en Naranjal, y desde enero de 2010 a junio de 2010 en Paraguaicito. Igualmente se analizó el efecto de los tratamientos 100% de fertilización química (11), 100% de fertilización con lombricompost (11) y 50% de fertilización química + 250 g/planta/año de lombricompost (5) sobre las propiedades químicas de los suelos.

En Santander y Gigante hubo efecto de los tratamientos sobre el promedio de la producción acumulada de café cereza; en ambos sitios todos los tratamientos fueron iguales entre sí a excepción del tratamiento 12, que obtuvo la menor producción y fue diferente

■ **Tabla 7.** Tratamientos de fertilización química y orgánica para evaluar su efecto sobre la producción de café.

Tratamiento	Descripción
1	Fertilización química (100%) + Lombricompost (250 g*/planta año)
2	Fertilización química (100%) + Lombricompost (125 g/planta año)
3	Fertilización química (75%) + Lombricompost (250 g/planta año)
4	Fertilización química (75%) + Lombricompost (125 g/planta año)
5	Fertilización química (50%) + Lombricompost (250 g/planta año)
6	Fertilización química (50%) + Lombricompost (125 g/planta año)
7	Fertilización química (75%) + Lombricompost (250 g/planta año) (fraccionado)
8	Fertilización química (75%) + Lombricompost (125 g/planta año) (fraccionado)
9	Fertilización química (75%)
10	Fertilización química (50%)
11	Fertilización química 100% (Testigo)
12	Fertilización orgánica (100%) (Testigo relativo)

\* En base seca



del tratamiento 2. En Naranjal y Paraguaicito no se encontró efecto de los tratamientos sobre el promedio de la producción acumulada.

En los cuatro sitios fue recurrente el efecto de la fertilización con lombricompost sobre el aumento del pH, la disminución del aluminio intercambiable y el incremento en los contenidos de potasio intercambiable (Tabla 8).

**Fertilización con cinc en el cultivo de café.**

**SUE0533.** El objetivo es evaluar la respuesta del cultivo de café a la fertilización con cinc (Zn), en tres suelos de la zona cafetera colombiana. El experimento se lleva a cabo en la Estación Experimental El Rosario, la finca El Troje en el municipio de Timbío (Cauca) y la Concentración Jorge Villamil en el municipio de Gigante (Huila), sitios donde se observan frecuentemente síntomas de deficiencia de Zn.

En el experimento, en zocas de café variedad Colombia, se evalúa la aplicación de tres dosis de Zn en forma de ZnO (5, 10 y 20 kg/ha) aplicado al suelo (tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente) y de quelato de Zn aplicado vía foliar (0,5, 1,0 y 2,0 kg/ha) (tratamientos

4, 5 y 6, respectivamente), más un testigo sin aplicación de este elemento (tratamiento 7). Durante el primer año después del zoqueo, los tratamientos edáficos se aplicaron a los dos y ocho meses de edad del cultivo, en la misma época de aplicación de fertilizantes para esta etapa del cultivo. A partir del segundo año, la aplicación de cinc vía edáfica se realizó cada seis meses, simultáneamente con la recomendación de fertilización (N-P-K), según el análisis de suelo; mientras que la aplicación foliar se realizó a los 60 y 90 días después del pico de floración, tanto para la cosecha principal como para la mitaca de cada sitio.

Para este período se analizó la producción por año y acumulada de café cereza, obtenida desde agosto de 2008 a septiembre de 2010 en la Estación El Rosario, y desde febrero de 2009 hasta septiembre de 2010, en Gigante. En ambos sitios no se encontró efecto de los tratamientos sobre la producción anual y acumulada (Figura 20). En ninguno de los sitios se observó aumento de los tenores foliares de cinc como efecto de la aplicación de los tratamientos.

■ **Tabla 8.** Efecto de la fertilización orgánica y química sobre las propiedades químicas del suelo.

Localidad	Tratamiento	pH	K (cmol/kg)	Al (cmol/kg)
Naranjal	5	5,0 b	0,25 b	0,9 a
	11	4,9 b	0,14 b	1,0 a
	12	5,5 a	1,46 a	0,4 b
Paraguaicito	1	4,4 bc	1,40 ab	1,1 ab
	5	4,7 b	0,80 b	1,0 b
	11	4,1 c	1,20 b	2,1 a
	12	5,2 a	2,10 a	0,3 b
Santander	5	5,2 b	0,57 b	0,6 ab
	11	4,9 b	0,42 c	1,1 a
	12	5,6 a	1,58 a	0,3 b
Gigante	5	4,6 b	0,63 b	0,9 a
	11	4,5 b	0,62 b	0,9 a
	12	5,0 a	1,51 a	0,4 b

Letras distintas entre promedios representan diferencias según prueba de Tukey al 5%.



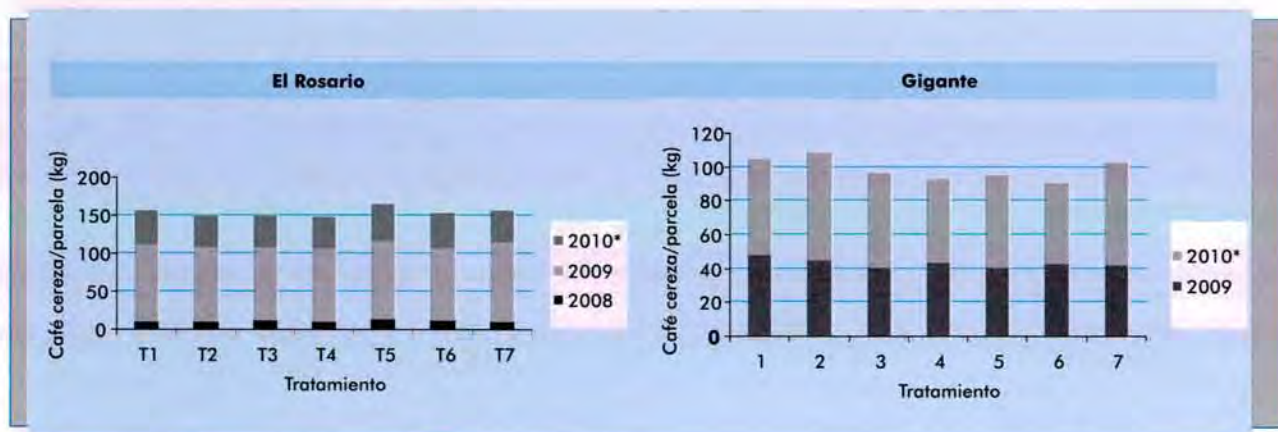
En el marco de este experimento, se evaluó el efecto de la aplicación de cinc, fósforo y de lombricompost sobre el crecimiento de las plantas de café y su incidencia sobre la mancha de hierro en la etapa de almácigo en la Estación Central Naranjal. Se evaluaron dos tipos de manejo de mancha de hierro (con y sin manejo químico). Para cada tipo de manejo de la enfermedad, se evaluaron 16 tratamientos, ocho con lombricompost en relación 3:1 (suelo:materia orgánica-MO), y ocho sin éste; por cada nivel de MO se tuvieron cuatro niveles de Zn aplicados al suelo, un mes después del trasplante, en forma de Óxido de Zn (0, 7,5, 15 y 30 mg de Zn/dm<sup>3</sup>) y dos niveles de fósforo (con y sin aplicación de 2 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a los 2 y 4 meses después de trasplante) para lo cual se utilizó DAP. Cada tratamiento contó con diez repeticiones, bajo un diseño de bloques completos al azar. Mensualmente, desde el primer mes hasta el quinto mes después del trasplante, se determinó el área foliar, la altura, el número de nudos, la incidencia de mancha de hierro y la defoliación. En el quinto mes se determinó el peso de la materia seca de la parte aérea y la raíz.

El cinc presentó efecto sobre el peso seco de las plantas sin control de mancha de hierro y con adición de MO y DAP (Figura 21). Se presentó efecto positivo de la adición combinada de

lombricompost y del DAP sobre el crecimiento y peso de la materia seca del café (Figura 22). Los tratamientos con materia orgánica y sin fósforo presentaron mayor incidencia de defoliación debido al posible efecto de fitotoxicidad de la misma, este efecto, se mitigó con la adición de fósforo.

**Efecto de la fertilización de cafetales antes y después del zoqueo. SUE0520.** Este estudio tiene como objetivo determinar el momento oportuno de realizar la fertilización antes y después del zoqueo del cultivo de café. Durante este período se analizó la cosecha después del zoqueo, obtenida desde octubre de 2007 hasta junio de 2010, en Naranjal y Paraguicito, y desde abril de 2008 hasta junio de 2010 en la finca La Arcadia, del municipio del Líbano. Se registró el comportamiento de los factores de rendimiento en trilla y de conversión cereza-pergamino, durante la cosecha principal de octubre de 2009.

En Paraguicito no hubo efecto de la fertilización anterior al zoqueo sobre la producción obtenida después del zoqueo (Figura 23). En Naranjal y La Arcadia, el análisis de varianza mostró efecto de la fertilización anterior al zoqueo sobre la producción. El promedio de la producción acumulada más alta se registró en los tratamientos correspondientes a la fertilización



■ **Figura 20.** Efecto de la aplicación de Zn sobre la producción de café. \*Hasta septiembre de 2010.



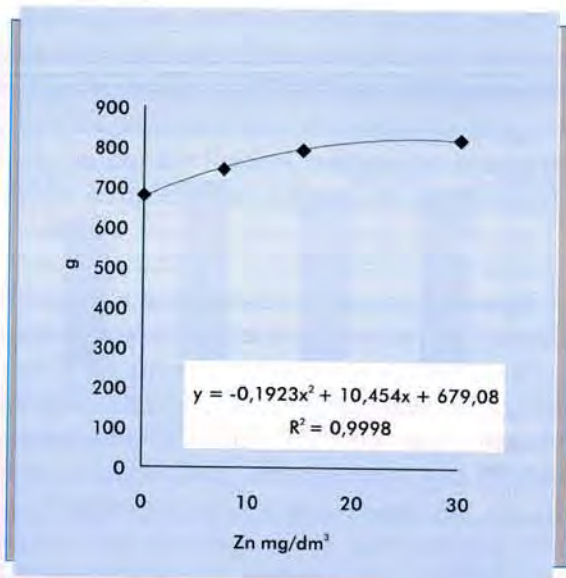


Figura 21. Efecto del cinc sobre el peso seco en plantas de almácigo.

10 meses antes del zoqueo y, 10 y 3 meses antes del mismo, sin diferencias estadísticas entre ellos (Figura 24). Igual comportamiento se registró para el promedio de la producción obtenida en los años 2008, 2009 y 2010 en Naranja y en el año 2008 en La Arcadia.

En las localidades no se registró efecto de la fertilización después del zoqueo sobre la producción de café cereza acumulada. En Paraguaicito el promedio de la producción del

año 2007 se afectó negativamente al iniciar la fertilización a los 18 meses, al compararlo con el inicio de la fertilización a los 6 y 12 meses. El factor de rendimiento en trilla no se afectó por los tratamientos. En La Arcadia el promedio de la producción del año 2010 se afectó negativamente al iniciar la fertilización a los 18 meses comparado con el inicio a los 6 meses.

### Conservación de suelos

#### Estudio del movimiento del agua en suelos de ladera derivados de cenizas volcánicas de la zona cafetera colombiana. SUE0334.

Con esta investigación se busca desarrollar un modelo matemático de simulación de la dinámica del agua en el suelo, con el fin conocer mejor los recursos agua y suelo, para tomar medidas de manejo y conservación de éstos, frente a grandes amenazas como los cambios de uso del suelo o la ocurrencia de fenómenos como El Niño y La Niña. Para este período se continuó con el estudio del movimiento del agua en condiciones de ladera, en suelos de la unidad Montenegro (Typic Udivitrando), localizados en el municipio de Montenegro (Quindío).

En el campo, en tres monolitos de suelo (bloques de suelo de 1,5 m de ancho, 6,0 m de largo y 1,6 m de profundidad), con pendientes de 25%, 45% y 75%, se midió el flujo de agua a través del perfil del suelo, en tres puntos del monolito,

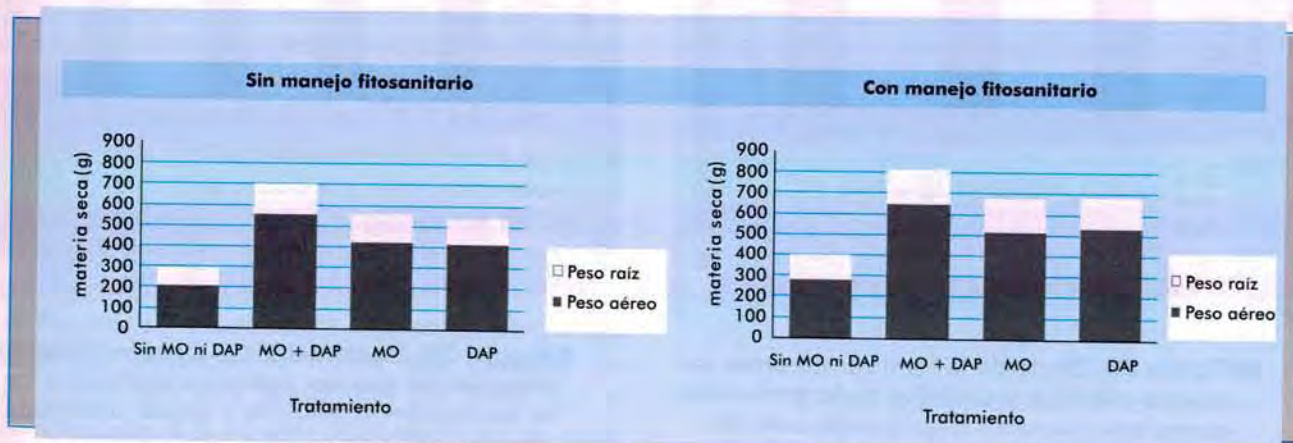
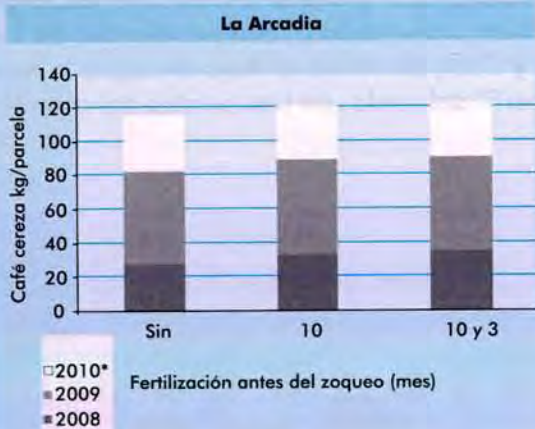
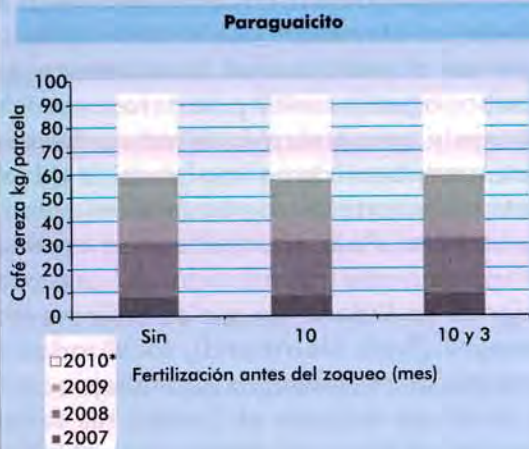
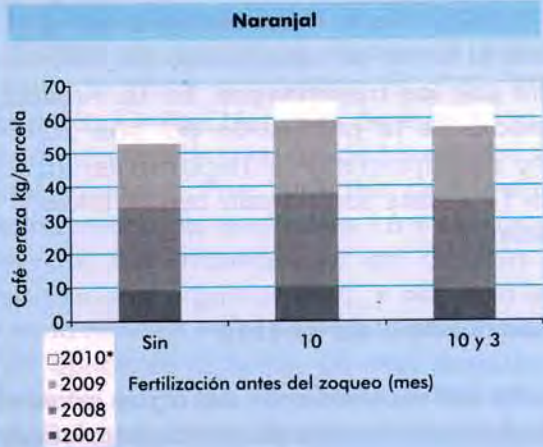
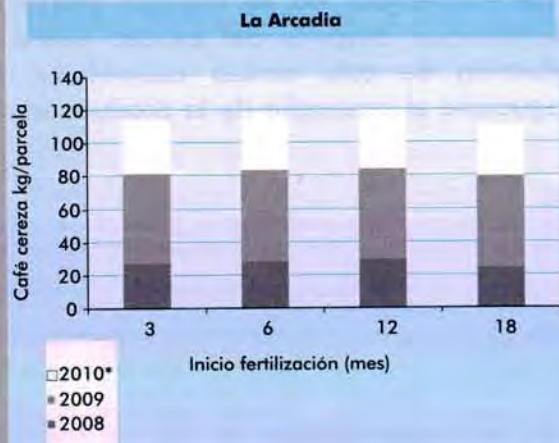
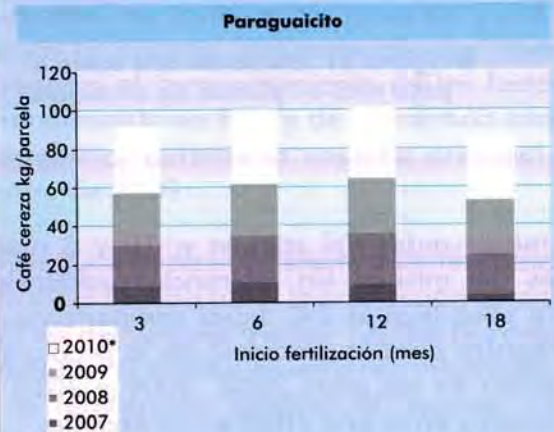
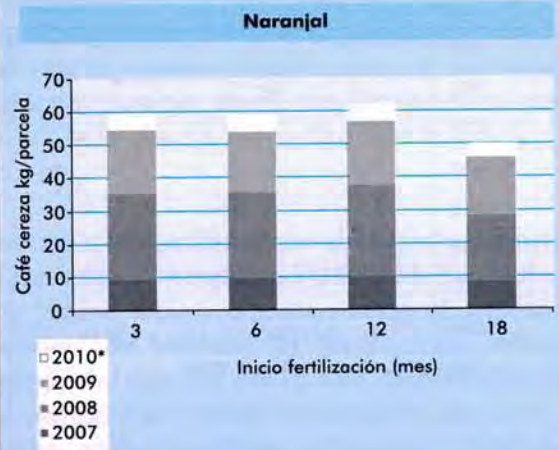


Figura 22. Efecto de la adición y combinación de lombricomposto (MO) y (DAP), sobre el peso de la materia seca del café en almácigo.





■ **Figura 23.** Efecto de la fertilización antes del zoqueo sobre los promedios de la producción acumulada y anual, obtenidas después del mismo. Área de la parcela efectiva 12 m<sup>2</sup>, 16 m<sup>2</sup> y 20 m<sup>2</sup> para Naranjal, Paraguaicito y La Arcadia, respectivamente. \*Registro hasta junio de 2010.



■ **Figura 24.** Efecto del inicio de la fertilización después del zoqueo, sobre los promedios de la producción acumulada y anual, obtenidas después del mismo. Área de la parcela efectiva 12 m<sup>2</sup>, 16 m<sup>2</sup> y 20 m<sup>2</sup> para Naranjal, Paraguaicito y La Arcadia, respectivamente. \*Registro hasta junio de 2010.



en la parte alta, media y baja de éste, mediante el método de riego y saturación por medio del perfil instantáneo de Hillel. En el laboratorio se determinó la curva de retención de humedad (CRH), la conductividad hidráulica saturada y algunas propiedades físicas de cada sitio de evaluación.

En todos los casos evaluados, se presentó una rápida disminución en el contenido de humedad durante las primeras horas después del riego; bajo estas condiciones el potencial matricial es nulo, por lo tanto, durante esta etapa del drenaje, solamente el potencial gravitacional tiene influencia en el movimiento del agua en el suelo. Los cambios en la humedad a través del tiempo fueron mucho menores, y de igual manera se presentan pequeños incrementos del potencial matricial a medida que el suelo pierde humedad.

En el primer horizonte (Ap), ocurren los mayores cambios de humedad durante el período de drenaje, con reducción de la humedad entre el 16% al 23%, mientras que en el horizonte Bw<sub>2</sub>, localizado a una profundidad mayor a los 100 cm, los gradientes de humedad son bajos, en algunos casos con incrementos, lo cual indica la alta capacidad de retención de humedad de este horizonte o la baja conductividad hidráulica (Figura 25). Esta condición, sumada con la presencia de un horizonte arenoso Bw<sub>1</sub>, con alta conductividad hidráulica, podría generar acumulación de humedad en el horizonte Bw<sub>2</sub>, principalmente en épocas de alta precipitación, lo cual incrementa el riesgo para la ocurrencia de movimientos en masa, en este tipo de suelos. Esta condición de humedad puede observarse en la Figura 25; a 10 cm de profundidad (horizonte Ap) la humedad se redujo de 0,602 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> a 0,383 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, a 80 cm (horizonte Bw<sub>1</sub>) de 0,532 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> a 0,336 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, mientras que a 120 cm (horizonte Bw<sub>2</sub>) solamente se redujo de 0,658 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> a 0,531 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.

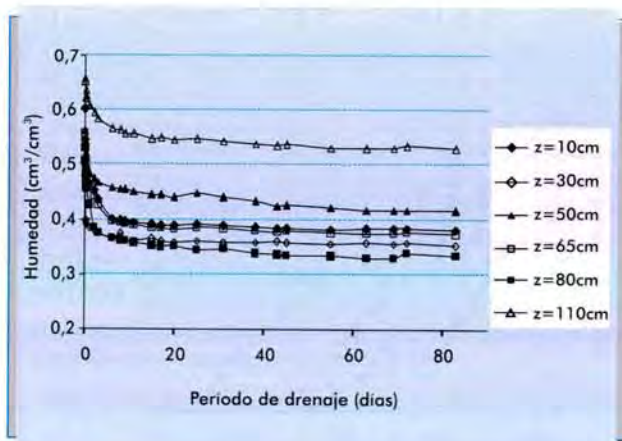
La Figura 26 muestra el comportamiento del potencial matricial a través del tiempo, en un suelo con una pendiente del 45%. En el tiempo cero (t 0) el potencial matricial es igual en todo el perfil del suelo y cercano a cero, lo cual indica un estado de humedad inicial cerca

a saturación. En t 60 (60 días después de la saturación) hubo incremento del potencial matricial, principalmente en los horizontes superficiales; a la mayor profundidad evaluada (110 cm) el cambio del potencial matricial fue muy leve, lo cual está relacionado con la alta humedad a esta profundidad.

Al igual que en la unidad Chinchiná, en los suelos de la unidad Montenegro, el potencial matricial (h) se mantuvo por encima de -200 cm (-20 kPa), correspondiente a un contenido de humedad cercano a 0,35 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> (Figura 27). En el laboratorio, al estimar la relación humedad-potencial matricial ( $\theta$ -h), se encontró que para un valor h = -20kPa,  $\theta$  oscila entre 0,58 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> a 0,40 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>, según la profundidad en el perfil del suelo (Tabla 9), lo cual indica, que la curva de retención de humedad medida en el laboratorio en muestras de suelo con la mínima alteración, tiende a ser mayor que la medida directamente en el campo; por lo tanto, es necesario ajustar dicha curva, con el fin de reproducir de manera más precisa los procesos hidroedáficos.

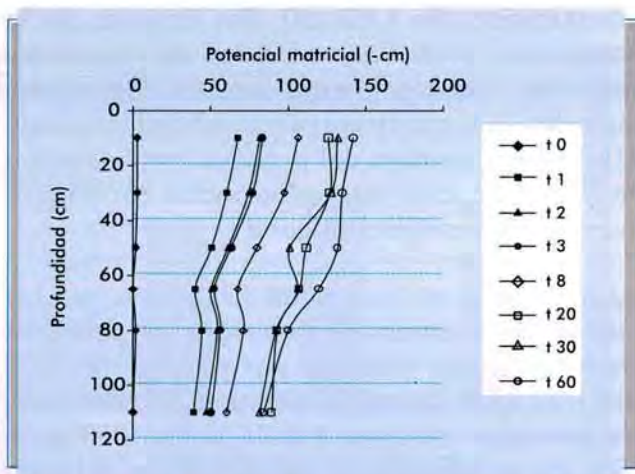
### Manejo integrado de arvenses

### Interferencia de coberturas vegetales en la zona de raíces y entre calles en el cultivo del café. SUE1016. Su objetivo fue determinar



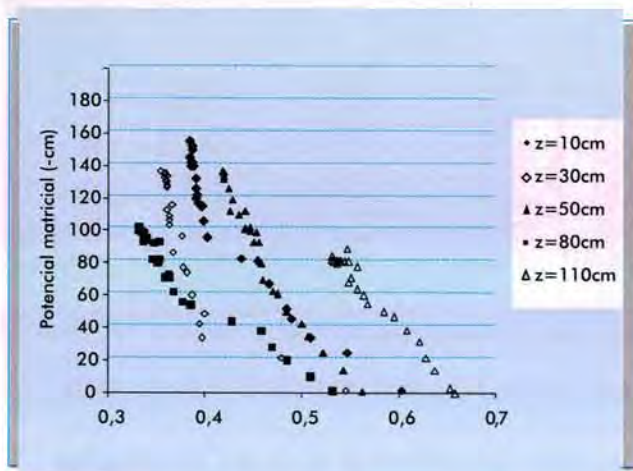
■ **Figura 25.** Evolución del contenido de humedad a lo largo del período de drenaje, suelos de la unidad Montenegro, pendiente del 25% (z=profundidad).





■ **Figura 26.** Perfiles del potencial matricial a lo largo del período de drenaje, suelos de la unidad Montenegro, pendiente del 25% (t=tiempo en días).

la interferencia de algunas coberturas vegetales como maní forrajero (*Arachis pintoi* c.v. CIAT 17434), desmodium (*Desmodium ovalifolium* c.v. CIAT 350, *D. ovalifolium* c.v. Maquenque, *D. ascendens*) y coberturas nobles propias de la zona, sobre el cultivo del café. En el informe se presenta el análisis de la producción de café cereza anual y acumulada, desde noviembre de 2007 hasta diciembre de 2009. El análisis de varianza al 5% mostró efecto de los tratamientos sobre la producción acumulada



■ **Figura 27.** Relación entre humedad y potencial matricial obtenida directamente en suelos de la unidad Montenegro (z=profundidad).

de café cereza. Se presentaron diferencias entre el testigo sin cobertura y desmodium en calles y platos, según prueba Dunnett al 5%, a favor del primero. *Desmodium* en calles y platos fue también inferior y diferente a todos los tratamientos, con excepción de *Desmodium* en calle (Tabla 10).

De lo anterior, se puede considerar que *Desmodium* causó mayor interferencia, especialmente cuando estuvo presente en el plato del cultivo. Así mismo, esta cobertura fue la que presentó mayores problemas de adaptación a las condiciones del estudio, y después de su corte se dificultó su establecimiento, debido a la presión de otras arvenses propias de la zona.

El maní forrajero y las coberturas nobles, en todas las combinaciones de tratamientos evaluadas, no presentaron diferencias en el promedio de la producción acumulada con relación al testigo.

**Evaluación de glufosinato de amonio para el manejo de arvenses en el cultivo de café. SUE1025.** El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de glufosinato de amonio 150 g/L (Finale® SL) en el control de arvenses en el cultivo del café. Se evaluaron cuatro tratamientos, así: En los tratamientos uno (1) y dos (2), se utilizó una dosis de 1,5 y 2,0 L/ha de glufosinato de amonio, respectivamente. En el tratamiento tres (3), se utilizó una dosis de 2,0 L de producto comercial-p.c./ha de glifosato. En el cuatro (4), se usó una dosis de 2,0 L de p.c./ha de glifosato, alternado con glufosinato de amonio a la misma dosis. Las aspersiones se realizaron en forma general en la parcela, tanto en las calles como en el plato. Al inicio del experimento, el 70% de las arvenses fueron de hoja ancha y el 30% de hoja angosta y cyperáceas. Al realizar la evaluación del porcentaje de control a los siete días, no se observaron síntomas visibles en las arvenses, pero sí cuando se realizaron las evaluaciones a los 14, 21, 28 y 35 días.

El glufosinato de amonio registró altos porcentajes de control de arvenses, similares a los del glifosato. No hubo diferencias estadísticas en los promedios de los porcentajes



■ **Tabla 9.** Curva de retención de humedad a bajas tensiones, determinada en laboratorio en suelos de la unidad Montenegro.

Profundidad (cm)	Humedad (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )			
	-2,5 kPa	-5 kPa	-10 kPa	-20 kPa
0 - 20	0,589	0,539	0,501	0,491
20 - 45	0,586	0,534	0,492	0,481
45 - 65	0,573	0,537	0,497	0,489
65 - 80	0,519	0,467	0,413	0,404
80 - 110	0,588	0,559	0,527	0,518
> 110	0,668	0,635	0,602	0,595

■ **Tabla 10.** Promedios y variación de la producción anual y acumulada obtenida con diferentes tratamientos de manejo de coberturas.

Tratamiento	2007		2008		2009		Total	
	Prom.	C.V.%	Prom.	C.V.%	Prom.	C.V.%	Prom.	C.V.%
Maní platos y calles	2,1 a	22,9	54,4 a	27,2	64,6 a*	20,1	171,1 a	22,3
Maní en calles	2,1 a	21,7	51,1 a*	29,2	56,9 ab	17,6	161,0 a	21,4
Maní calles, mulch en platos	2,2 a	28,3	51,1 a*	24,9	61,2 ab	23,8	167,7 a	23,4
Desmodium platos y calles	1,6 a	36,7	33,9 a*	35,3	35,6 c	21,7	143,1 b*	26,6
Desmodium calles	2,1 a	32,2	58,3 a	28,9	40,1 c	18,7	161,6 ab	21,5
Desmodium calles, mulch en platos	1,8 a*	25,3	55,6 a	31,1	47,6 bc	33,5	161,4 a	30,7
Arvenses nobles platos y calles	2,1 a*	17,9	57,0 a	38,8	59,4 ab	20,7	175,2 a	26,7
Arvenses nobles en calles	2,2 a	18,3	59,2 a	38,9	58,3 ab	14,4	176,8 a	25,6
Arvenses nobles calles y mulch en platos	2,3 a	19,6	58,2 a	33,4	50,7 abc	24,0	164,2 a	26,3
Testigo libre de coberturas	2,6	22,9	71,1	26,0	49,3	27,5	171,9	25,3

Letras iguales entre valores indican similitud estadística entre tratamientos según análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%. \* Indica diferencia estadística del tratamiento con el testigo según prueba de Dunnett al 5%

de control de arvenses entre las dosis (1,5 y 2,0 L/ha) de glufosinato de amonio (Tabla 11). La aplicación alternada de glufosinato de amonio y glifosato, registró altos porcentajes de control y mostró ser eficaz para disminuir la presión de selección ocasionada por el glifosato. Con base

en estos resultados, el herbicida glufosinato de amonio (Finale® SL), se puede tener como una alternativa dentro de un programa de manejo integrado de arvenses en el cultivo del café y su uso puede contribuir a disminuir los riesgos de aparición de arvenses resistentes a glifosato.



■ **Tabla 11.** Porcentaje promedio de control de arvenses 28 días después de la aplicación de los tratamientos

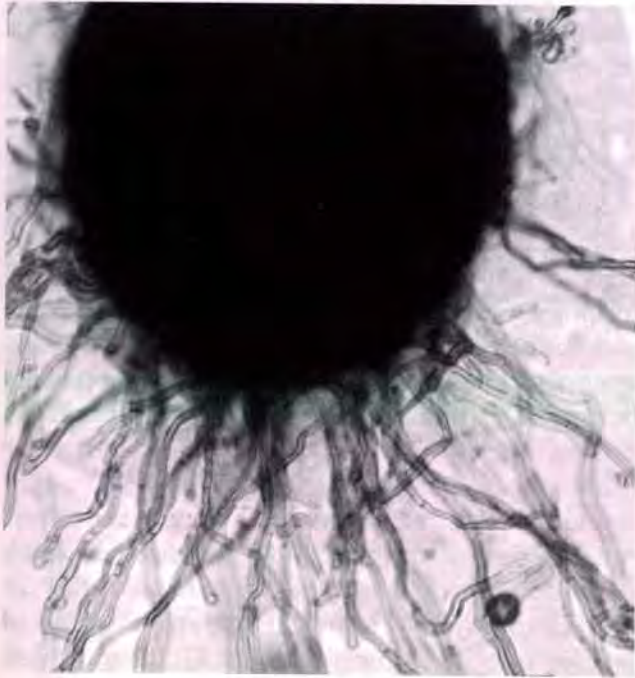
Tratamiento	Dosis (L/ha)	Porcentaje de control		
		Número de evaluación*		
		1	2	3
Glufosinato de amonio	1,5	83,4 ab	88,5 b	97,1 a
Glufosinato de amonio	2,0	76,3 b	90,4 b	97,9 a
Glifosato	2,0	90,8 a	87,3 b	92,8 b
Glufosinato y glifosato alternado	2,0	89,1 ab	98,7 a	93,9 b

\* Promedio de 12 repeticiones por tratamiento, seis lecturas/repetición y tres evaluaciones.

\*\* Promedios con letras iguales no presentan diferencias estadísticas, Tukey 5%.



## Disciplina de Fitopatología



### Estado actual de las investigaciones y apoyo técnico en el manejo de enfermedades del café

La Disciplina de Fitopatología genera conocimientos en la biología y epidemiología de los agentes causales de enfermedades, con el fin de proponer diferentes alternativas para su manejo integrado basadas en prácticas culturales, resistencia natural y uso de agentes químicos y de control biológico. Esta información es actualizada de acuerdo con los requerimientos directos del gremio, el estado del arte de las áreas de estudio relacionadas, las variaciones en las poblaciones de patógenos, los cambios en formulaciones y legislaciones sobre el uso de químicos y productos biológicos, las regulaciones de

comercio nacionales e internacionales, y la situación cafetera mundial.

Adicionalmente, la Disciplina profundiza en el conocimiento detallado de los mecanismos moleculares que resultan en reacciones de resistencia a enfermedades por parte de la planta de café, con el propósito de aprovechar de manera efectiva este tipo de defensas naturales para aplicarlas en el manejo de problemas.

El grupo de Fitopatología realiza una investigación proactiva, con enfoque preventivo y de colaboración interdisciplinaria, que genera avances constantes en el estudio de todos los factores epidemiológicos que permitan plantear un mejor manejo integrado de las enfermedades, combinando la diversas formas de control, para proteger las cosechas, el medio ambiente y la salud de los cultivadores, y disminuir los costos de producción del café.

### Caracterización y manejo de enfermedades del café

#### Roya del cafeto

**Evaluación de nuevos productos de síntesis para el manejo de la roya y enfermedades de la parte aérea.** Plantaciones de café en condiciones de almácigo, mostraron que el Thiamethoxam+Cyproconazole tiene un modo de acción eficaz como fungicida protector y curativo contra la roya del cafeto y la mancha de hierro. Sin embargo, se debe continuar investigando la reducción de la dosis de este producto en diferentes condiciones ambientales y de suelo, que no afecte la eficiencia biológica de las aplicaciones y que en forma clara evidencie el efecto bioactivador que tiene, aumentando el vigor de las plantas de café. En cafetos productivos, el Thiamethoxam+Cyproconazole se puede emplear contra la roya del cafeto siguiendo las recomendaciones de las aplicaciones con base en los tres calendarios establecidos para el manejo de esta enfermedad en Colombia, de preferencia aplicando criterios preventivos antes que curativos. Las características fenológicas del cultivo y las condiciones climáticas podrían



modificar la recomendación con este producto, que consiste en realizar dos aplicaciones en un año de producción de café, en dosis de 1 kg/ha del producto comercial, depositando en el suelo 50 mL/planta de la mezcla. Por su parte, el fungicida Cyproconazole+Azoxytrobin se puede utilizar siguiendo igualmente los calendarios de las aplicaciones establecidos para Colombia. Este fungicida se puede emplear al follaje como preventivo, curativo y erradicativo, realizando tres aplicaciones al año, empleando una dosis de 750 mL/planta. El Cyproconazole+Azoxytrobin igualmente favorece la protección de los órganos aéreos de las plantas de café contra las enfermedades como mal rosado y mancha de hierro.

### Llaga macana

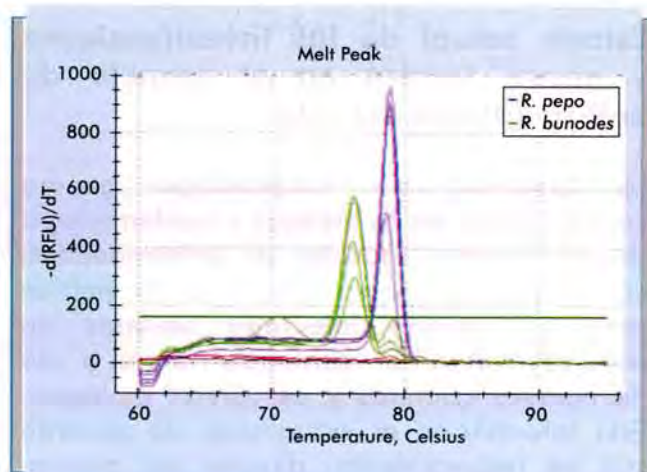
**Manejo del ataque de *Ceratocystis* spp. con materiales resistentes e injertos.** En el proyecto sobre desarrollo de material con resistencia simultánea a llaga macana y a roya, se seleccionaron en forma definitiva ocho progenies en F4 provenientes del cruzamiento entre (F3 de Borbón resistente a macana x Caturra) x Híbrido de Timor. Además, estas progenies mostraron aceptables características de productividad, calidad, tamaño de grano y homogeneidad en altura de plantas. Se seleccionaron diez progenies en F2, provenientes del cruzamiento entre (F3 de Borbón resistente a macana x Caturra) x Variedad Castillo® con alta resistencia a los dos patógenos y homogeneidad en altura de plantas. Como consecuencia de los trabajos moleculares que permitieron caracterizar mediante ITS a los aislamientos de *Ceratocystis* spp. de muestras de café y suelo de varias regiones de la zona cafetera de Colombia, se logró la identificación de dos nuevas especies que se han denominado *C. colombiana* y *C. papillata*, dentro del grupo *C. fimbriata sensu lato*, las cuales han sido registradas en la base de datos Genbank y están siendo usadas en la evaluación de resistencia de las nuevas selecciones de café.

### Llaga negra

**Detección directa de *Rosellinia* spp. en suelo.** El incremento de ataques de llagas

radicales causadas por el hongo *Rosellinia* spp., tanto en café como en cultivos asociados a éste, ha motivado la búsqueda de nuevas medidas preventivas de manejo de focos de infección, que eviten la muerte de plantas de tardío rendimiento como lo es el café. Sin embargo, el escaso conocimiento de la diversidad genética intraespecífica de las poblaciones del patógeno en suelos de la zona cafetera ha dificultado el desarrollo de métodos de diagnóstico, estudios de la epidemiología y recuperación de lotes afectados, todos necesarios para un manejo integrado de la enfermedad.

A partir de la caracterización molecular de 31 aislamientos de *Rosellinia* spp., recolectados en diferentes regiones de la zona cafetera de Colombia, basada en el polimorfismo de la longitud de los fragmentos amplificados (AFLPs), se escogieron 28 marcadores polimórficos para las dos especies encontradas: *R. pepo* y con menor frecuencia *R. bunodes*. Estos marcadores fueron clonados y, posteriormente, secuenciados para diseñar 24 marcadores SCAR. Cuatro combinaciones de primers SCAR son promisorias para discriminar entre especies, amplificando muestras de DNA extraídas directamente de suelo mediante PCR en tiempo real (Figura 28), permitiendo un primer análisis biológico de suelos en menos de 48 horas.



■ **Figura 28.** Curvas de desnaturalización de los productos amplificados de RT-PCR para marcadores SCAR específicos para *Rosellinia pepo* y *R. bunodes*, detectados directamente de suelo.



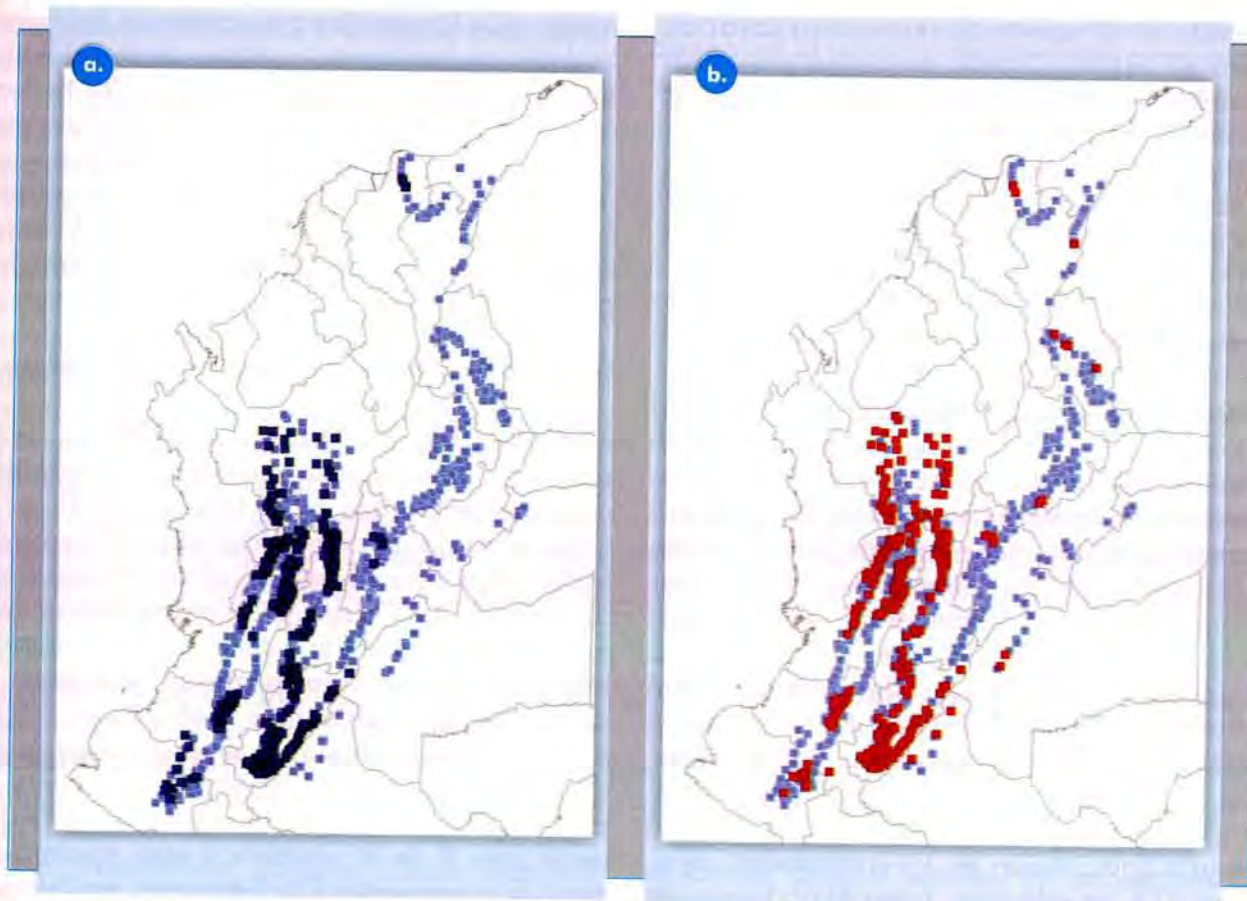
## Nematodos radicales

**Control genético de *Meloidogyne* spp.** La variedad de café IAPAR, reportada en Brasil como resistente al ataque de nematodos noduladores, resultó susceptible al ataque del complejo *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*, con altos niveles de infección, similares a los de la variedad Caturra.

## Diagnóstico fitosanitario

**Diagnósticos fitosanitarios en café.** Por tercer año consecutivo se registraron niveles elevados de roya del cafeto, con énfasis en aquellas zonas del país que tienen el 75% de los cafetales sembrados con la variedad Caturra y por debajo de los 1.800 m (Figura 29). El seguimiento de la epidemia en Colombia

indica que a pesar de existir información precisa sobre la evolución de la enfermedad y su manejo en diferentes condiciones de producción de café, todavía se tiene arraigada la estrategia de manejo de los caficultores de iniciar las aplicaciones de manera tardía o de no realizar control de la enfermedad, lo cual en conjunto con factores ambientales favorables y la presencia de variedades susceptibles a la enfermedad, siempre tendrá la oportunidad de comprometer de manera importante el follaje de la planta y, por ende, su capacidad fotosintética y su producción. Las mediciones de la enfermedad sobre progenies provenientes de cruces entre Híbrido de Timor 1343 y la variedad Caturra, clonados y distribuidos en varias Estaciones Experimentales de Cenicafé, permiten concluir que se sigue presentando el proceso esperado de pérdida de la resistencia



■ **Figura 29.** Distribución de los distritos cafeteros que contienen el 75% del área nacional sembrada con variedad Caturra por debajo de 1.800 m, con lotes menores de 5 años (a) y de 5 a 9 años (b), según datos del SICA a enero de 2010.



de estos materiales como se ha registrado desde antes de 2008, de que no hay presencia de nuevas razas en regiones al norte y al sur de la zona cafetera central. De igual manera, se aprecia que las accesiones de Híbrido de Timor que sirvieron de parentales a la Variedad Castillo® continúan sin roya tanto en la Estación Central Naranjal como en la sede de Cenicafé. Hasta el momento, los lotes comerciales de las variedades Colombia y Castillo® de esta misma zona, han permanecido sin niveles de enfermedad que ameriten aplicaciones de fungicidas, manteniendo sus altas producciones. Esta epidemia resalta la continua necesidad de tomar acciones preventivas, especialmente la evaluación de niveles de infección para tomar las medidas correctivas en aquellos sitios en que optaron por la siembra de variedades susceptibles. Simultáneamente se ha continuado observando la alta incidencia de mal rosado en los cafetales, la cual puede estar impulsada por las continuas y abundantes precipitaciones en varias zonas del país, y que también ha resultado en el reporte de numerosos casos de gotera en hojas y frutos, así como presencia de musgo en el tallo en cafetales tecnificados. Usando el canal de comunicación de la página Web y el correo electrónico, se contestaron inquietudes sobre manejo de enfermedades de todo el país, y se realizaron asesorías técnicas en distritos de Antioquia, Quindío y Risaralda.

### Controladores biológicos

**Control biológico de *Meloidogyne* spp.** Se evaluó un producto biológico que contiene *P. lilacinus*, *M. anisopliae* y *B. Bassiana*, para la protección de raíces de café contra el complejo del nematodo nodulador *Meloidogyne incognita* + *M. javanica*. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos en relación con la infección producida por los nematodos. Los niveles más bajos de infección se registraron al aplicar *P. lilacinus*, *M. anisopliae* y *B. bassiana*, de forma preventiva, 8 días antes de la inoculación de los nematodos, con una infección de 6% en comparación con el testigo referente (inoculación de los nematodos), que mostró 51% de infección. Este último tuvo una disminución de la masa radicular, con formación de nódulos a causa del nematodo. Con la aplicación del producto biológico de manera

preventiva se presentaron valores más bajos de infección en las plantas que los obtenidos con el producto químico Furadán, que presentó el 17% de infección. En el tratamiento testigo donde se inocularon los nematodos en suelo + lombricompuesto (3:1), las plantas tuvieron una infección superior a la obtenida con el testigo en suelo solo, con 76% y 51%, respectivamente. Con respecto a la defoliación de las plantas, no hubo diferencias entre tratamientos; sin embargo, los testigos referentes (suelo + lombricompuesto) registraron los niveles más altos de defoliación, presentando diferencias estadísticas con los demás tratamientos. Las plantas sembradas en el suelo + lombricompuesto (3:1) presentaron fitotoxicidad, hecho que contribuyó a la alta defoliación presentada en esas plantas.

### Costos de producción

El efecto de la fertilización química y biológica en el cultivo de café, durante este período (crecimiento de las plantas renovadas por zoca), mostró que las plantas a las cuales se les aplicó la dosis de fertilizante químico desde 118 kg/ha/año de N, 50 kg/ha/año de P y 130 kg/ha/año de K (298 kg/ha/año), en alternancia con el insumo biológico Bacthon, presentaron los mayores niveles de crecimiento, menor grado de incidencia de mancha de hierro en frutos y la mayor producción en comparación con las plantas testigo.

### Genética de las enfermedades del cafeto

**Identificación de razas de roya.** Las razas presentes en Colombia, aisladas de progenies derivadas del cruce entre Híbrido de Timor y Caturra, no han podido ser clasificadas dentro de las 42 razas descritas en el Centro Internacional de las Royas del Café - CIFC (sigla en portugués), en Portugal. Se continuó con una aproximación molecular a esa caracterización mediante el desarrollo de marcadores moleculares AFLPs y SSRs para el estudio de diversidad de razas de roya en Colombia. Igualmente, durante el presente año se realizó la extracción de ADN de la raza II de *H. vastatrix* y esta muestra se envió a la compañía CD-Genomics, en Estados Unidos, para la primera secuenciación 454 del genoma de la roya. Se obtuvo un número aproximado de 500.000 secuencias y después



del ensamblaje se obtuvieron un total de 45.224 contigs. Estos contigs fueron analizados y anotados como parte del proyecto de Genoma financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR y un proyecto conjunto con la Universidad de los Andes, financiado por Colciencias-Renata, y parecen indicar la presencia en Colombia de una población clonal de *H. vastatrix*. Es de anotar que, hasta la fecha no se conoce la producción de un estado sexual del hongo.

### Genómica de la resistencia a la roya

Para determinar la distribución de familias de genes de resistencia en el genoma de *Coffea arabica* se rastreó una librería de 110.592 clones BAC de la variedad Caturra con longitud promedio de 100 kb, representando 9,5 veces el genoma total, usando como sondas fragmentos del dominio NBS (Nucleotide Binding Sites). Se encontraron 125 BACs positivos con 0,8% de hibridación cruzada. Simultáneamente, se analizaron las BES (BAC End Sequences) de la librería, que representan 107 Mb, detectando 177 secuencias con similitud significativa a NBS (Valor de Threshold 10<sup>-4</sup>). A partir de un ensamblaje físico de la librería con la herramienta FPC (Finger Printing Contigs) conteniendo 2.087 contigs, se identificaron aquellos que contenían los BACs del rastreo o los del análisis de BES. Los resultados indican que los genes con dominios NBS se agrupan espacialmente según su familia correspondiente, en regiones cromosomales de entre 200 y 400 kb, algunas con presencia abundante de transposones. Además de permitir la caracterización masiva de las secuencias de genes de resistencia completos, mediante secuenciación de BACs representativos del clúster, los resultados sugieren mecanismos de duplicación local en la generación de genes de resistencia y soporta la clasificación inicial por familias determinada exclusivamente por bioinformática. Igualmente, para determinar la diversidad genética de estos genes se utilizó la técnica SSCP (Single Strand Conformation Polymorphism), comparando *Coffea arabica* var. Caturra, Costa Rica 95, IAPAR, 7 accesiones del Híbrido de Timor, *C. eugenioides* y *C. canephora*. Se encontró que la familia J es monomórfica y las demás

(A, B, C, E y H) evidencian polimorfismos al interior. También se observó en la familia I un bandeo similar para las especies *C. canephora* y *C. eugenioides*, diferente de Caturra e Híbrido de Timor; y en la familia F, un patrón donde los perfiles de *C. canephora*, Caturra e Híbrido de Timor son similares, difiriendo de *C. eugenioides*. Las familias más polimórficas fueron C y E. Estos resultados soportan la hipótesis de que las familias NBS-RR evolucionan diferencialmente, posiblemente debido a presiones selectivas ejercidas por grupos discretos de patógenos. La aplicación a corto plazo de estos resultados es relacionar la información genética con los fenotipos resistentes a la roya y a otras enfermedades limitantes de café, con el fin de identificar los genes responsables de la resistencia y las variantes en colecciones de germoplasma que amplíen las fuentes de resistencia usables en mejoramiento genético.

### Bioinformática

Se realizó el rediseño del sitio Web que sirve de repositorio y despliegue de toda la información que se genera en cada uno de los subproyectos, en especial los datos correspondientes a secuencias de ADN y proteínas. Dentro de las novedades que se incluyeron en el sitio Web está la creación de un sitio Wiki con información de la secuenciación del genoma de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* y un sitio Blog con noticias generales de los desarrollos del proyecto del Genoma. También, se actualizaron las bases de datos de secuencias de ESTs y se instaló un nuevo esquema de base de datos basado en Chado para el almacenamiento y anotación de secuencias obtenidas con las tecnologías de secuenciación de última generación (Next-Gen Sequencing technologies). Se ensayaron los sistemas Pathway Tools y KEGG para la anotación funcional de rutas metabólicas de genes de *H. vastatrix*. Finalmente, se adelantaron los primeros ensayos para conectar los servidores de Cenicafé con el Clúster de la Universidad de los Andes. Estos ensayos han permitido utilizar el Clúster para el análisis de secuencias con BLAST. La reducción en tiempo de los análisis es significativa, dado que el Clúster de los Andes está configurado para análisis bioinformáticos.



## Disciplina de Mejoramiento Genético



La misión la Disciplina de Mejoramiento Genético de Cenicafé es producir variedades de café de alto rendimiento y excelente calidad en las condiciones del cultivo del café en Colombia. Este objetivo implica considerar, en el desarrollo de las variedades, que éstas deben ser muy productivas, de excelente calidad y resistentes a una y, preferiblemente, a varias de las principales enfermedades y plagas de la caficultura colombiana. Estas enfermedades y plagas son: La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) y la broca (*Hypothenemus hampei*), y en menor grado, la llaga macana (*Ceratocystis fimbriata*). En los últimos años, los efectos devastadores de la roya en el país sobre las variedades susceptibles dan testimonio de la importancia de la obtención de estas variedades.

También implica buscar resistencia a enfermedades que en el momento no se

encuentran en el país, pero que son un problema grave para el cultivo del café en aquellos países donde se encuentran y contra las cuales debemos estar preparados. La enfermedad de los frutos del café (CBD, por su sigla en inglés), causada por el hongo *Colletotrichum kahawae*, es la más peligrosa de ellas, y por eso desde hace varios años, en Cenicafé se viene investigando en el desarrollo de variedades con resistencia a esta enfermedad.

Con relación a la calidad, se trata no solo de mantener la excelente calidad del café colombiano, sino de buscar características de calidad particulares, que satisfagan a determinados compradores, para lo cual la evaluación sensorial y la caracterización bioquímica por métodos analíticos diferentes, incluidos la tecnología NIRs, son herramientas poderosas para identificar fenotipos de interés en las introducciones y selecciones de la disciplina.

Para desarrollar estas variedades es necesario mantener, caracterizar y evaluar el germoplasma colombiano de café, como base para realizar las selecciones y cruzamientos necesarios para crear las poblaciones de selección a partir de las cuales se obtienen las variedades.

De igual forma, son importantes los avances en el conocimiento de citogenética, de marcadores moleculares asociados con la resistencia y la elaboración de mapas genéticos que nos ayuden a diseñar estrategias más efectivas, económicas y rápidas para seleccionar las plantas de interés. El conocimiento del organismo al que se debe controlar, también nos ayuda a mejorar las estrategias de búsqueda de resistencia. En la broca, específicamente es importante el conocimiento de las enzimas digestivas para orientar la búsqueda de sus inhibidores.

En ese orden, 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 en 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.

Es interesante destacar que la importancia de algunos de los avances de la disciplina ha trascendido a otras dependencias o son útiles para propósitos institucionales, como son la identificación y caracterización de enzimas digestivas de la broca, mananasa y xilenasa, que son de interés en los procesos industriales del café, en la fábrica de café Buencafé. O el apoyo dado a los proyectos de Denominación de Origen regionales, en los cuales los logros en la caracterización química de compuestos asociados a calidad, por los métodos clásicos y por la tecnología NIRs, han sido claves para lograr este reconocimiento. Lo mismo que los trabajos de identificación de mezclas de *Coffea arabica* y *Coffea canephora*.

#### Objetivos:

- Producir variedades resistentes a la roya del cafeto
- Producir variedades resistentes a la broca
- Producir variedades resistentes a CBD
- Producir o seleccionar las variedades diferenciadas por calidad
- Mantener y utilizar el germoplasma Colombiano de Café

#### Otras actividades relacionadas:

- Apoyo al proyecto de Denominación de Origen
- Trabajos conjuntos con la Fábrica de Café Buencafé para el uso de enzimas digestivas de la broca en la industrialización del café.

#### Resultados de investigación

**Roya.** En el desarrollo de variedades con resistencia a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) se seleccionaron progenies avanzadas de cruzamientos entre las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, las cuales luego de las evaluaciones regionales y las pruebas de calidad pueden ser incorporadas a la Variedad Castillo® o liberados como otra variedad.

Una de las herramientas para buscar nuevas líneas con resistencia a la roya es la hibridación interespecífica, en este año se concluyó el experimento MEG0660, en el cual se evaluaron 23 progenies F3RC1 y 5 F4RC1, encontrándose que tres progenies de las primeras y todas las segundas eran resistentes, la mayoría de las plantas con calificaciones máximas entre 0 y 2, en la escala de Eskes y Braghini donde 0 es total resistencia y 9 muy susceptible. La altura de las progenies, con una excepción, fue igual a la de la variedad Colombia. La producción de dos progenies fue estadísticamente mayor que la de la Variedad Colombia ( $p < 0,05$ ), mientras que en las demás fue igual. Diez progenies tienen características de grano similares o muy cercanas a las de las variedades comerciales, pero fue en el tamaño donde se observaron más diferencias estadísticas con la variedad Colombia. Al hacer el análisis conjunto de todas las características se seleccionaron tres progenies F4RC1 y 3 F3RC1; sin embargo, una de las progenies del primer grupo, aunque es muy resistente a la roya, tiene un grano muy pequeño, por lo que en lugar de avanzar la generación se retrocruzarán. Con las plantas seleccionadas se sembrarán ensayos regionales.

Se avanzó en el desarrollo de métodos de selección asistida para la selección más rápida y precisa de genotipos portadores de factores de resistencia contra la roya del cafeto. Se finalizaron los análisis genéticos y de asociación entre los marcadores de resistencia candidatos y la respuesta de los genotipos a la roya. Estos marcadores fueron validados en accesiones del Híbrido de Timor (HdT) disponibles en la Colección Colombiana de Café (CCC), así como en poblaciones derivadas de éste (i.e. líneas élite de Variedad Castillo®, variedades comerciales y progenies F3). Se corroboró la presencia de los marcadores candidatos en todas las variedades comerciales, así como en la mayoría de los genotipos élite derivados del HdT.

De otra parte, se validaron diez marcadores ligados al gen SH3 de resistencia a la roya, lo que permitió seleccionar tres marcadores promisorios para implementar una estrategia



de selección asistida con este gen. La presencia de estos marcadores se correlacionó muy bien con la reacción de resistencia a la roya en el campo, lo que sugiere que las razas compatibles con este gen de resistencia no existen o se encuentran en muy baja frecuencia, en nuestro medio. Éste es un logro de aplicación inmediata en la Disciplina de Mejoramiento Genético.

**Broca.** En la búsqueda de una variedad con resistencia a la broca, se sembraron en el campo cuatro poblaciones F2 de cruzamiento entre la variedad Caturra y dos de las introducciones etíopes de mejor comportamiento frente a la roya, y se continuó con el cultivo de las F1 de líneas de Variedad Castillo® X las introducciones que han mostrado mejor comportamiento frente a la broca, y se iniciaron las primeras evaluaciones agronómicas.

Con el mismo objetivo de obtención de variedades resistentes, se seleccionaron *in vitro* cultivos celulares embriogénicos de los genotipos CU1812, CU1953 y CU1991 genéticamente transformados con el gen del inhibidor de amilasas. Se obtuvieron embriones somáticos transgénicos a partir de la línea celular CU1812. Los embriones fueron transferidos a un medio de cultivo para su germinación. En siete plántulas se determinó, mediante pruebas moleculares, la presencia del gen del inhibidor de amilasas, las cuales fueron transplantadas al invernadero. Con los cultivos celulares de los genotipos CU1953 y CU1991 se está a la espera de la formación de embriones somáticos transgénicos. Se realizó la transformación genética mediante cocultivo con *Agrobacterium* de los restantes siete cultivos embriogénicos: CU1815, CU1997, CU1827, CX2178, CX2710, CX2848 y CX2720.

Además, se han identificado otros genes candidatos a conferir resistencia a este insecto los cuales se usarán en el desarrollo de una variedad resistente. Uno de estos genes, que codifica para un inhibidor de las aspártico proteasas de *Hypothenemus hampei*, fue por primera vez aislado, purificado y caracterizado. La secuencia amino-terminal del inhibidor tiene una identidad de 76% con proteínas de almacenamiento de las semillas: vicilinas y

beta conglutinas de *Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius*; esto podría indicar que los inhibidores de proteasas (IPs) son proteínas multifuncionales, que no sólo inhiben las aspártico proteasas, sino que también se unen a las estructuras que contienen quitina en el intestino medio de coleópteros, favoreciendo su actividad insecticida. Los IPs podrían estar involucrados en una compleja interacción entre las plantas y los insectos, considerando improbable que la inhibición de las enzimas proteolíticas sea la única función de estas proteínas en el intestino medio de los insectos. Con la finalidad de evaluar el efecto del inhibidor en el crecimiento y desarrollo de *H. hampei*, lo cual permitirá confirmar si es tan efectivo como en los ensayos *in vitro* en los cuales mostró una IC50 de 2,9 kg, y estudiar diferentes mecanismos de defensa de los IPs contra insectos; se logró la expresión y purificación del inhibidor recombinante en el sistema de expresión *Escherichia coli* y se avanzó en la purificación del inhibidor en *Pichia pastoris*. En otro experimento que tiene como objetivo transformar tejido embriogénico de café con el gen que codifica el inhibidor de aspártico proteasas, se evaluará el efecto de este inhibidor contra *H. hampei* en la planta de café.

En la búsqueda de los mecanismos que expliquen las diferencias en reproducción de la broca entre algunas introducciones etíopes y variedades susceptibles, el estudio de la estructura del endospermo en estos materiales no reveló ninguna relación entre la oviposición de la broca en materiales silvestres de *C. arabica* y la estructura histológica del endospermo.

Buscando entender la fisiología de la digestión de la broca, se identificaron completamente tres genes que codifican enzimas del tracto digestivo de la broca involucradas en el metabolismo de compuestos xenobióticos presentes en el grano de café (ejemplo, la cafeína) y se clasificaron dentro de la familia de las citocromo-P450 oxigenasas. Se logró la producción en el laboratorio de dos de ellas y se comprobó su actividad metabólica. Por métodos computacionales se obtuvo un modelo en base a la secuencia de aminoácidos



de la mananasa de la broca y se determinó el sitio activo para el "acoplamiento molecular" de potenciales compuestos inhibitorios que puedan ser utilizados en el control genético de la plaga.

Utilizando un diseño experimental diferente, se repitieron los bioensayos con dietas artificiales conteniendo RNA de interferencia de los genes expresados en el tracto digestivo de la broca: endo-mananasa, endo-xilanas y citocromo-P450 oxigenasa. Se ratificó que el silenciamiento de estos genes produjo un retardo significativo en el ciclo de vida del insecto junto con una mortalidad de larvas L2 (40%, 30% y 35% para el silenciamiento de la mananasa, la xilanas y el citocromo P450, respectivamente). Esta tecnología podría emplearse en el mejoramiento genético del café para la obtención de variedades resistentes a la plaga.

Se continuó la producción en birreactor de la mananasa de la broca en cantidades suficientes para ensayos de inmovilización de la enzima a soportes catalíticos. Cada lote de producción se evaluó por su cantidad y actividad enzimática. En promedio se produjeron 2-3 mg/L de mananasa funcionalmente activa contra galactomananos del café. El proyecto de inmovilización enzimática a soportes catalíticos se está realizando con recursos propios de la Federación Nacional de Cafeteros. Su ejecución está a cargo de Cenicafé y la Universidad Nacional Sede Manizales y sus resultados se aplicarán por parte de Buencafé (Fábrica de Café Liofilizado de Colombia) en la reducción de sedimentos en extractos concentrados de café.

Simultáneamente, como resultado de las investigaciones en broca, se están aprovechando sus enzimas, en beneficio de los procesos industriales del café, y como propiedad intelectual se obtuvieron dos patentes.

**CBD.** En el desarrollo de variedades con resistencia al CBD se continuó la evaluación agronómica de progenies de Caturra x HT de diferentes generaciones, retrocruzamientos a Caturra de cruces interespecíficos de Caturra x *C. canephora*, y plantas F1 de cruzamiento entre

genotipos que han presentado resistencia a por lo menos uno de los aislamientos del hongo en Portugal, en el laboratorio; y la siembra en el campo de poblaciones F2 de cruzamientos entre genotipos resistentes, con el fin de continuar la evaluación y selección de progenies y para el análisis de QTLs.

Se continuó con la búsqueda de fuentes de resistencia a CBD mediante pruebas de hipocótilos en Portugal, de genotipos avanzados de mejoramiento y la evaluación por resistencia de 30 introducciones silvestres de Etiopía.

**Germoplasma.** Se continuó con la conservación, renovación, sistematización y reorganización de las accesiones de la Colección Colombiana de Café (CCC). Las actividades de mantenimiento más importantes se hicieron en el experimento MEG0517, en el que se encuentran 69 introducciones de Etiopía, procedentes de la Colección de Orstom, y 18 introducciones en las que hay accesiones etíopes, que no son de esta prospección y accesiones de otros orígenes. En ella, se revisaron los antecedentes de la Colección, se precisó y actualizó la información existente y con base en esta revisión y la del estado de las plantas en el campo, se programó la propagación de algunas líneas y la eliminación de algunas plantas mezcladas. También se clonaron e incorporaron al germoplasma algunas selecciones hechas en el proyecto MEG0600 y en el experimento MEG1401.

**Mapa Genético.** Se continuó con la construcción del mapa genético de *C. arabica*. Las actividades se concentraron en la evaluación de marcadores microsatélites (SSR) provenientes de las secuencias terminales de la librería BAC (BES). La población F2 en la que se terminó la evaluación fenotípica por producción, resistencia a CBD, características de grano y morfológicas, fue renovada por zoca, con el fin de iniciar las evaluaciones de calidad en taza y perfiles NIRs.

**Citogenética.** Se determinó la afinidad genética entre las especies diploides *Coffea eugenioides* y *C. liberica* y la especie *C. arabica*, a partir de evaluaciones tanto del comportamiento meiótico como de aspectos reproductivos relacionados



con la fertilidad de los híbridos. Se encontró, que si bien la baja fertilidad de los híbridos parece una limitación importante, la afinidad genética entre las tres especies es suficiente para prever un intercambio genético que puede ser útil en un esquema de mejoramiento orientado a la incorporación de caracteres de interés hacia *C. arabica*.

En la búsqueda de métodos para la producción de plantas dihaploides, a partir de granos de polen de *C. arabica*, y su posterior duplicación para la obtención de líneas puras, se identificaron las bacterias endógenas que estaban causando la contaminación de los cultivos *in vitro* de microsporas; esto permitirá seleccionar un antibiótico adecuado para su control. Además, se logró una buena respuesta a la duplicación de cromosomas sobre ramas de plántulas en invernadero, con lo cual se espera obtener híbridos duplicados en corto tiempo.

En un intento de entender el origen genético de anomalías en plantas de café, se terminó la caracterización citológica de plántulas anormales derivadas de distintos experimentos de la Disciplina. Los resultados confirman que las anomalías foliares observadas no parecen deberse a la ausencia de un cromosoma particular, sino a un desbalance producido por la aneuploidía. Paralelamente, se estudió la abundancia de elementos repetitivos presentes en el genoma del café, encontrándose que la superfamilia de los retrotransposones es la más abundante (>40% del genoma) y, por ende, uno de sus principales componentes, siendo las familias LTR-Gypsy y Copia, las más importantes.

**Calidad.** Se implementó el análisis de infrarrojo cercano NIRS para estudiar la composición química del café en precursores químicos asociados a la calidad en taza. Los contenidos de cafeína, trigonelina, ácidos clorogénicos, lípidos y azúcares, evaluados en líneas mejoradas con resistencia a la roya del cafeto, son homogéneos y mantienen los perfiles sensoriales de las variedades de *C. arabica*.

**Denominación de Origen.** Se han adelantado estudios en las áreas cafeteras de los

departamentos de Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Santander, Norte de Santander y en Magdalena en la Sierra Nevada de Santa Marta; para las cuales se han establecido relaciones entre la calidad del producto y los elementos geográficos y ambientales. Este proyecto, que ha contado con la participación de toda la institucionalidad cafetera, ha permitido documentar los pliegos de petición de las Denominaciones de Origen regional para el café de los departamentos de Cauca y Nariño; los cuales están en revisión por la Superintendencia de Industria y Comercio (Cafés especiales).

Esta última información ha sido empleada como una estrategia de la Federación Nacional de Cafeteros, para sustentar las denominaciones de origen como diferenciadores del portafolio de productos de Café de Colombia (Cafés especiales).

## Perspectivas

Continuar con la selección de variedades resistentes a la roya:

- Continuar la selección en poblaciones derivadas del Híbrido de Timor
- Continuar la selección en poblaciones de Hibridación Interespecifica
- Incorporar nuevas fuentes de resistencia a roya como genes de *C. arabica* y genes de *Coffea liberica*
- Recombinar la resistencia a la roya con la resistencia a la llaga macana *Ceratocystis fimbriata*

Continuar el desarrollo de variedades de café con resistencia a la broca (*Hypothenemus hampei*):

- Por hibridación como en la evaluación de poblaciones derivadas de cruzamientos con las mejores introducciones Etiopes
- Por transformación genética. Evaluar las plantas con los genes Inhibidores de alfa amilasa, xilanasas y aspártico proteasa, y los de quitinasas
- Buscar nuevos genes con efectos inhibitorios sobre la broca

\* Continuar el desarrollo de variedades de café con resistencia a CBD:



- Evaluación de poblaciones derivadas de diversas fuentes

Implementar la selección precoz contra roya:

- Evaluación de roya en almácigo
- Selección para resistencia asistida por marcadores

Continuar la búsqueda de marcadores moleculares asociados a resistencia a Roya, CBD y Broca

Continuar la construcción del Mapa genético y la búsqueda de QTLs:

- Realizar selección indirecta para calidad, basado en el contenido de compuestos asociados con ésta

Iniciar el mejoramiento para uso más eficiente del Nitrógeno

Continuar con el manteniendo, la evaluación y caracterización del Germoplasma Colombiana de Café:

- Continuar las caracterización morfológica y molecular
- Continuar las caracterizaciones de contenido químico y las evaluaciones de calidad
- Ampliar la Colección Colombiana de Café

Iniciar estudios para evaluar la factibilidad de obtención de Variedades Híbridas de café

Explorar el mejoramiento para la producción de variedades en los escenarios mas probables de cambio climático

Identificar y evaluar enzimas digestivas de la broca, útiles para la industrialización del café

Desarrollar métodos de trazabilidad del Café de Colombia (nacional e internacional)



# Disciplina de Fisiología Vegetal



La disciplina de Fisiología Vegetal tiene como propósito generar conocimientos acerca de los procesos determinantes de la productividad del cafeto y de especies de importancia económica en el sistema de producción cafetera, que contribuyan al mejoramiento de la competitividad, sostenibilidad, rentabilidad y calidad, y sobre todo al incremento del valor agregado de sus productos, que redundará en beneficio del caficultor y su familia.

Entender los mecanismos relacionados con la productividad vegetal permitirá, a través del trabajo multidisciplinario, obtener plantas más eficientes en el uso de los recursos limitantes para alcanzar máximas producciones; así, se han planteado investigaciones en las que junto con fisiólogos, fitomejoradores, entomólogos e investigadores del suelo, entre otros, conduzcan experimentos que permitan obtener plantas más eficientes o prácticas agronómicas más adecuadas y racionales.

De igual forma, el reto de contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático, particularmente de los sistemas de producción

cafetera, y de las áreas circundantes en fincas utilizadas en otros sistemas de producción, podrán permitir el ingreso de la cadena productiva del café en el mercado internacional del carbono, en general, al mercado regulado y voluntario, generando ingresos adicionales y contribuyendo al mejoramiento de las condiciones ambientales y sociales del entorno cafetero.

Es de interés particular seguir contribuyendo a través de conocimiento y herramientas, que permitan agregar valor en el contexto de la denominación de origen del café de Colombia, y de la posibilidad de obtener productos funcionales a partir de los residuos de la cosecha y la renovación de los cafetales.

## **Productividad del cafeto y su relación con la eficiencia en el uso del nitrógeno.**

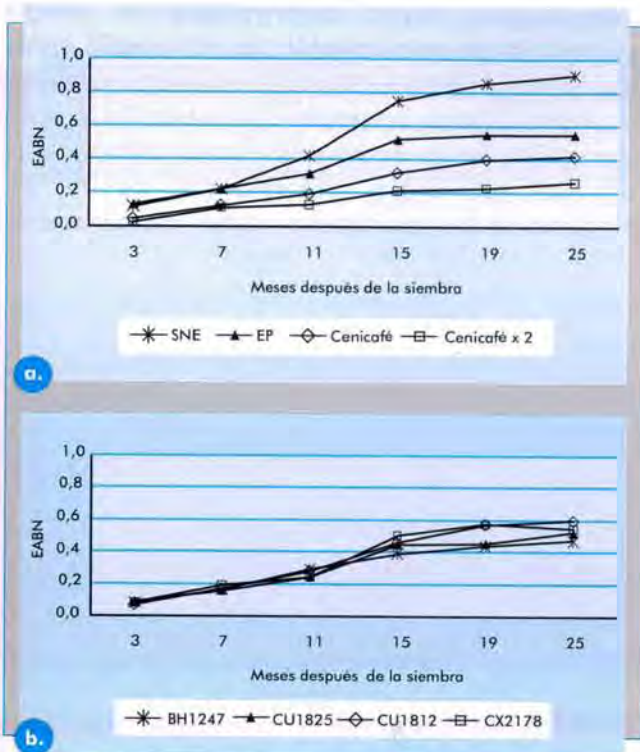
Para conocer la eficiencia fisiológica de los procesos de nutrición de la planta del café, particularmente nitrógeno, se adelanta un estudio en el campo, donde se evalúa la respuesta de cuatro progenies del cruzamiento de *Coffea arabica* L. variedad Caturra x Híbrido de Timor, a la aplicación de cuatro tratamientos de disponibilidad de nitrógeno [sin aporte exógeno de nitrógeno (SNE), aporte de nitrógeno con base en la extracción de la planta (EP), aporte según las recomendación de Cenicafé (Cenicafé) y aporte del doble de la recomendación de Cenicafé (Cenicafé \* 2)].

### Eficiencia en la absorción de nitrógeno (EABN = N de la planta/N del suelo):

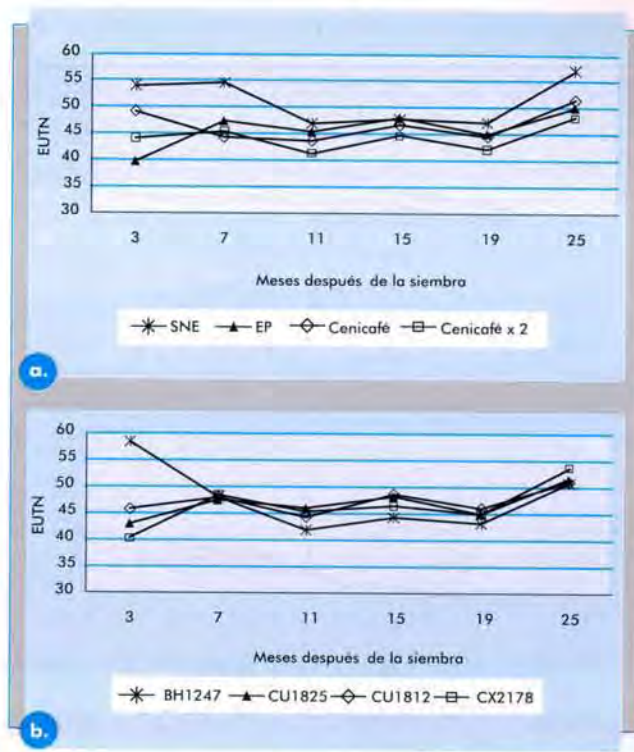
Independiente del tratamiento, la EABN aumenta a través del tiempo; la mayor eficiencia se presenta en el tratamiento SNE (Figura 30A), y menor eficiencia en las progenies que se ha adicionado más N (Cenicafé x 2); en cuanto a las progenies la variación no ha sido tan marcada (Figura 30B), aunque también hubo incremento con el tiempo. A pesar que entre progenies las diferencias en la EABN en el tiempo no han sido significativas, la progenie CX2178 ha mostrado mayores valores promedio a los 7, 15 y 19 meses después de la siembra.

### Eficiencia en la utilización del nitrógeno (EUTN= peso seco de la planta/N de la planta): A





■ **Figura 30.** Variación de la eficiencia en la absorción del nitrógeno (EABN) a través del tiempo entre tratamientos de N (a) y entre progenies (b).



■ **Figura 31.** Variación de la eficiencia en la utilización del nitrógeno (EUTN) a través del tiempo entre tratamientos de N (a) y entre progenies (b).

excepción de las variaciones registradas hasta los 7 meses, la EUTN no presentó cambios hasta los 25 meses (Figura 31A); entre progenies sólo se obtuvo a los 3 meses en la progenie BH1247, de allí en adelante ha sido similar (Figura 31B). Las plantas con mayor EUTN son las del tratamiento SNE; sin embargo, aunque las variaciones en esta variable entre progenies no han presentado diferencias estadísticas significativas, aquellas con mayor cantidad de biomasa por unidad de N absorbido son CX2178 a los 7 y 25 meses, y la CU1812 a los 15 y 19 meses después de la siembra.

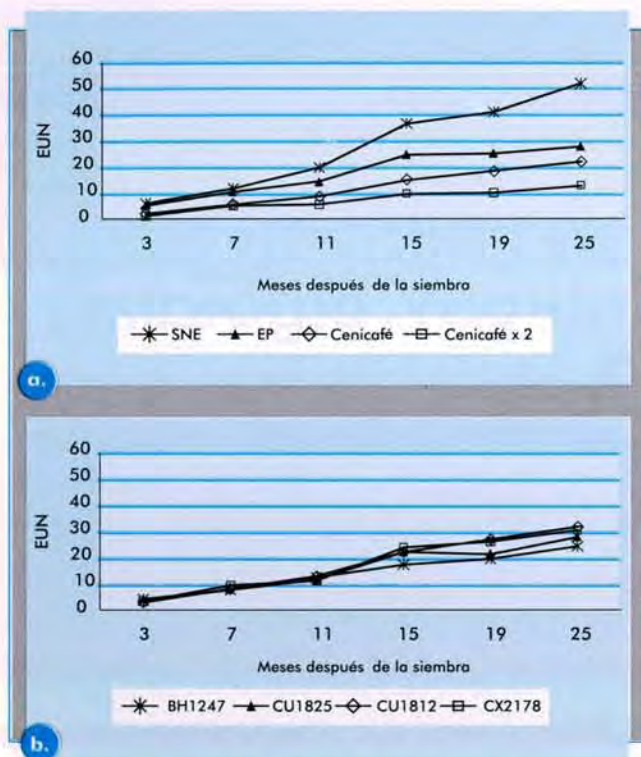
Eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN = EABN x EUTN): Independiente de la condición de aporte de N, la EUN aumenta a través del tiempo. Se destaca el tratamiento SNE el cual presentó mayores valores (Figura 32A); por progenies la EUN aumentó en el tiempo, con variaciones menos acentuadas. Las plantas más eficientes para producir biomasa por unidad de N disponible en el suelo son las del tratamiento

SNE; a pesar que las diferencias entre progenies no son significativas, al igual que para EUTN, las progenies que alcanzaron mayores valores de EUN son CX2178 y CU1812 (Figura 32B).

Peso seco: El peso seco por planta es igual a través del tiempo para los tratamientos de N, aunque a los 25 meses después de la siembra el peso seco bajo SNE y EP fue menor; para las progenies, a partir de los 15 meses, hay variación en el peso seco de la planta, destacándose las progenies CU1812 y CX2178 por alcanzar mayores valores, y menores para BH1247 (Tabla 12). La acumulación de biomasa no se ha visto afectada significativamente por el tratamiento de N.

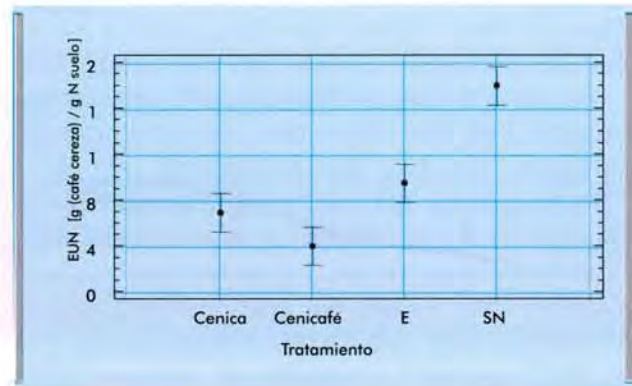
En resumen, se observa que las plantas bajo las condiciones del tratamiento SNE son más eficientes en la absorción, utilización y uso del N, y además, no guardan relación con la acumulación de biomasa (Tabla 13).





■ **Figura 32.** Variación de la eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN) a través del tiempo entre tratamientos de N (a) y entre progenies (b).

tratamientos hayan determinado un efecto diferencial en esta variable; igual sucedió entre progenies, siendo la BH1247 significativamente superior 7 meses luego de la siembra. En cuanto a proteína foliar no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos de N en ninguna de las épocas evaluadas, mientras que

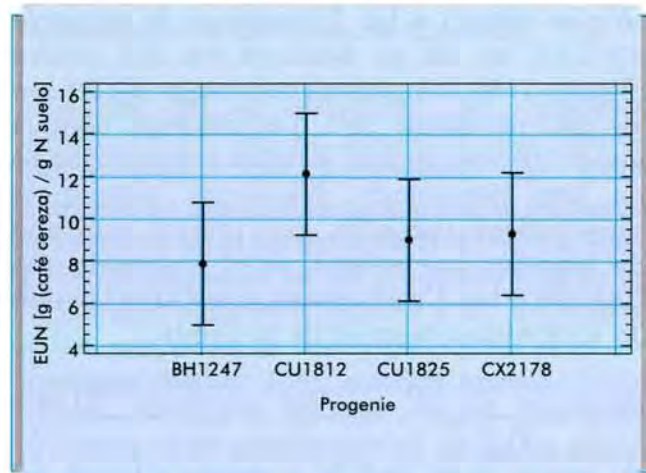


■ **Figura 33.** Eficiencia agronómica en el uso del N a los 25 meses después de la siembra de plantas de café cultivadas bajo cuatro tratamientos de N. Barras verticales indican el intervalo de confianza al 95%.

**Eficiencia agronómica en el uso del N [g (café cereza)/g N suelo]:** Los tratamientos de N han tenido efecto significativo sobre la eficiencia agronómica el uso del N, en este caso se observa que por unidad de N en el suelo (gramo), las plantas del tratamiento SNE han producido una cantidad de café mayor a la respectiva de las plantas bajo los otros tratamientos de N (Figura 33).

El análisis del efecto de las progenies sobre la eficiencia agronómica en el uso del N permite considerar que la eficiencia agronómica en el uso del N de ésta, no difiere de manera significativa (Figura 34).

**Variables bioquímicas:** El contenido de clorofila presentó el mismo patrón de comportamiento entre tratamientos y progenies, los mayores valores se registraron a los 7 meses y los menores a los 3 meses después de la siembra, pero hasta el momento no se observa que los



■ **Figura 34.** Eficiencia agronómica en el uso del N a los 25 meses después de la siembra de cuatro progenies que componen la variedad Castillo® El Rosario. Barras verticales indican el intervalo de confianza al 95%.



■ **Tabla 12.** Comparación del peso seco de la planta entre tratamientos y entre progenies.

Meses después de siembra	Tratamientos de nitrógeno	Peso seco		Progenie	Peso seco	
		g/planta	C.V.		g/planta	C.V.
3	SNE	30,2 a	29,7	BH1247	31,4 a	19,8
	EP	28,8 a	24,3	CU1825	29,4 a	28,2
	Cenicafé	26,1 a	25,2	CU1812	23,1 a	27,0
	Cenicafé X 2	24,8 a	30,6	CX2178	25,9 a	29,7
7	SNE	138,8 a	21,4	BH1247	152,0 a	23,8
	EP	158,1 a	24,4	CU1825	141,0 a	24,4
	Cenicafé	160,2 a	16,6	CU1812	150,5 a	19,8
	Cenicafé X 2	158,2 a	18,5	CX2178	171,8 a	10,8
11	SNE	363,6 a	18,7	BH1247	404,1 a	15,8
	EP	369,5 a	33,5	CU1825	369,7 a	20,9
	Cenicafé	395,8 a	17,8	CU1812	404,3 a	21,3
	Cenicafé X 2	414,6 a	21,4	CX2178	365,3 a	34,2
15	SNE	908,2 a	29,4	BH1247	809,7 b	28,3
	EP	962,1 a	21,0	CU1825	999,5 ab	21,3
	Cenicafé	1003,3 a	32,7	CU1812	972,0 ab	15,6
	Cenicafé X 2	1062,0 a	17,5	CX2178	1154,5 a	24,8
19	SNE	1289,9 a	30,5	BH1247	1279,5 b	27,0
	EP	1389,9 a	24,0	CU1825	1300,2 ab	17,8
	Cenicafé	1623,7 a	17,3	CU1812	1570,4 ab	18,9
	Cenicafé X 2	1457,1 a	20,3	CX2178	1610,6 a	22,9
25	SNE	2147,9 a	26,7	BH1247	2080,8 a	17,7
	EP	2341,7 a	14,5	CU1825	2342,9 a	17,7
	Cenicafé	2566,0 a	16,6	CU1812	2582,4 a	18,8
	Cenicafé X 2	2492,4 a	18,0	CX2178	2541,8 a	18,5

Promedios con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey, 5%). SNE: Sin aporte exógeno de nitrógeno; EP: aporte de nitrógeno con base en la extracción de la planta; Cenicafé: aporte según las recomendación de Cenicafé; Cenicafé x 2: aporte del doble de la recomendación de Cenicafé.

entre progenies se han presentado variaciones significativas a los 7 meses, siendo superior para la progenie CU1825.

Entre progenies la actividad de nitrato reductasa (NR) presentó variaciones significativas a nivel foliar y de raíz; la actividad en CX2178 fue mayor que para CU1825 y CU1812 a los 25 meses después de la siembra, mientras que

en la raíz la progenie CU1812 es mayor que BH1247 y CX2178 a los 15 meses. No se encontraron diferencias entre tratamientos.

A pesar que no se han registrado variaciones significativas en la actividad de la glutamina sintetasa (GS) entre tratamientos ni entre progenies, se resalta la relación inversa entre la actividad de esta enzima a nivel foliar y de raíz.



■ **Tabla 13.** Valores promedio de la eficiencia en la absorción (EABN), eficiencia en la utilización (EUTN), eficiencia en el uso del nitrógeno (EUN), peso seco (PS) y contenido de nitrógeno de la planta (NP) en respuesta a la aplicación de cuatro tratamientos de N.

Tratamiento de nitrógeno	EABN		EUTN		EUN		PS		NP	
	g N planta/ g N suelo	C.V.	g biomasa/ g N planta	C.V.	g biomasa/ g N suelo	C.V.	g / planta	C.V.	g / planta	C.V.
SNE	0,55 a	64,3	51,4 a	18,8	27,7 a	66,9	813,1 a	98,6	15,8 a	93,4
EP	0,38 b	50,7	46,1 b	11,0	17,9 b	52,1	875,0 a	96,0	18,4 a	93,3
Cenicafé	0,26 c	60,0	46,8 b	26,3	11,9 c	63,2	962,5 a	97,3	20,2 a	92,5
Cenicafé X 2	0,17 c	55,1	44,4 b	18,5	7,47 c	56,6	934,8 a	95,5	20,8 a	92,6

Promedios con la misma letra, no presentan diferencias significativas (Tukey, 5%).

Al analizar el contenido de clorofila y proteína foliar frente a las variables de crecimiento y a los tratamientos de N y EABN, EUTN y EUN no se observa una relación de causalidad que explique las diferencias en la capacidad de la planta para absorber y utilizar el N, ya que las variables bioquímicas y de crecimiento de la planta no han presentado variaciones significativas.

#### **Caracterización de la distribución de la floración y de la cosecha en introducciones de la colección de café.**

En 20 genotipos de *Coffea arabica* L. de la colección de germoplasma de Cenicafé, que incluyen materiales catalogados como diversos genéticamente, líneas F4 con floraciones dispersas y concentradas, así como líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento, se vienen evaluando, siguiendo un diseño experimental completamente aleatorio, con 20 tratamientos (genotipos) y 15 unidades experimentales (plantas) por tratamiento, la distribución de la floración en dos ramas con nudos diferenciados y dos en las que no se observó diferenciación floral al inicio del experimento. Para caracterizar la fructificación se utilizaron las mismas ramas marcadas por fenotipo, en las que se evaluó la floración, al contar y recolectar el número de frutos maduros por nudo.

Se encontraron diferencias significativas entre los genotipos con relación al número de flores;

con ello se realizó una post-estratificación en tres grupos, así: Grupo I: >300 flores/planta; Grupo II:  $\geq 300 < 400$  flores/planta, y Grupo III:  $\geq 400$  flores/planta; las accesiones etíopes ET56 y E577 producen la menor cantidad promedio de flores (52,00 y 79,53 respectivamente), mientras que las líneas mejoradas componentes de la Variedad Castillo BH1247 y CU1850, presentan la mayor cantidad (601,0 y 561,7, respectivamente). La variedad Caturra rojo, clave dentro del programa de fitomejoramiento, estuvo entre los cinco promedios más bajos en cuanto a número de flores (Tablas 14 y 15).

Los perfiles de distribución de la floración mostraron cuatro picos de diferente magnitud (Figura 35, 36 y 37); es así como en las accesiones CX2848, E177, E218, E403, E577, ET26, ET56 y E405, la floración se distribuye a lo largo del año en cuatro picos de similar magnitud en los meses de agosto, diciembre, febrero y mayo (Figura 35). Se observó una tendencia de este patrón en las accesiones de porte alto (en siete de diez evaluadas), con respecto al porte bajo (CX2848)

Las accesiones CU1850, E577-2174, NR287, ACL137, ACL221, ACL403, E143, ET42 y TP, concentraron más del 60% de la floración en dos picos en los meses de diciembre y febrero (Figura 36), y en el tercer patrón, alrededor del 40% de la floración se presentó en diciembre,



■ **Tabla 14.** Post-estratificación de las accesiones de *C. arabica* evaluadas de acuerdo con el número promedio de flores.

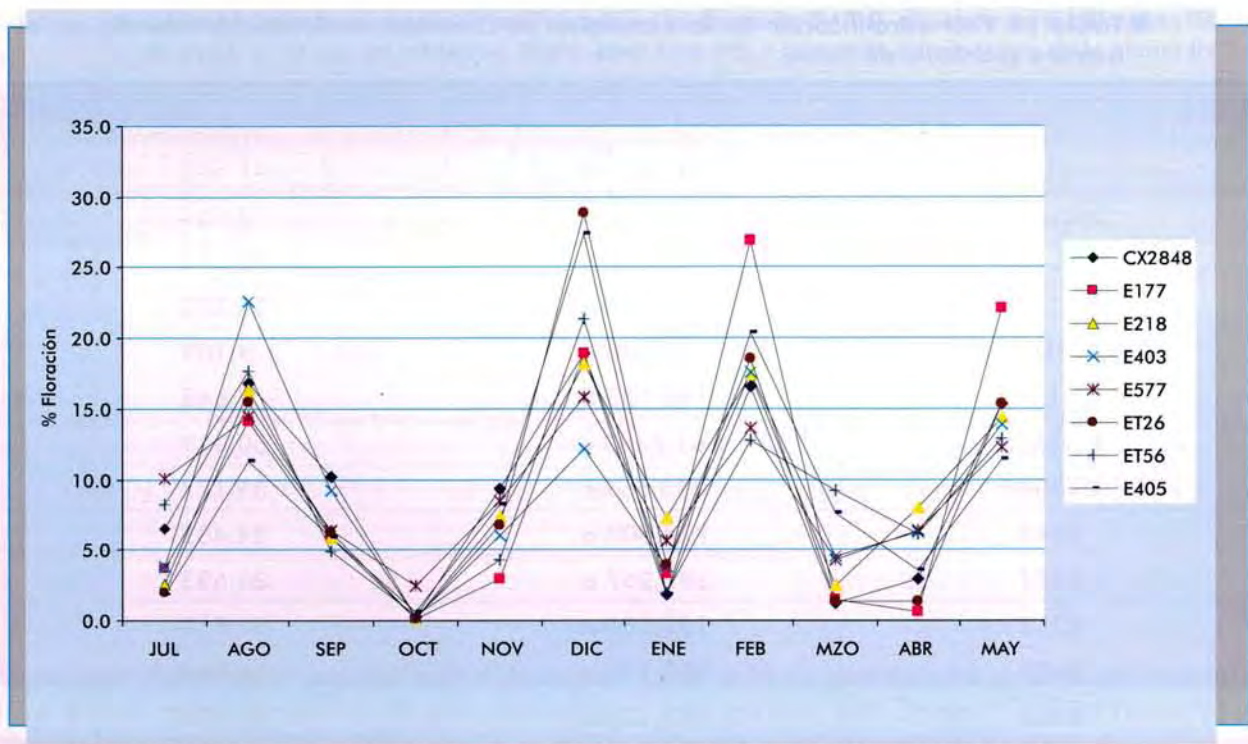
Accesión	Número promedio de flores	E.E.
ACL37	417,857 c	44,342
ACL221	95,333 a	8,734
ACL403	86,846 a	10,972
BH1247	601,000 c	35,883
Caturra Rojo (CR)	98,000 a	4,109
CU1812	146,133 a	9,648
CU1850	561,7333 c	50,319
CX2848	495,667 c	35,127
E143	275.500 a	34,483
E177	287,267 a	36,693
E218	182,385 a	31,878
E403	233,143 a	34,084
E405	354,133 b	39,146
E577	79,533 a	4,829
E577-2174	347,600 b	33,652
ET26	359,929 b	39,350
ET42	374,647 b	35,998
ET56	52,000 a	4,468
NR287	466,286 c	31,593
Típica (TP)	214,267 a	29,101

E.E.: Error estándar

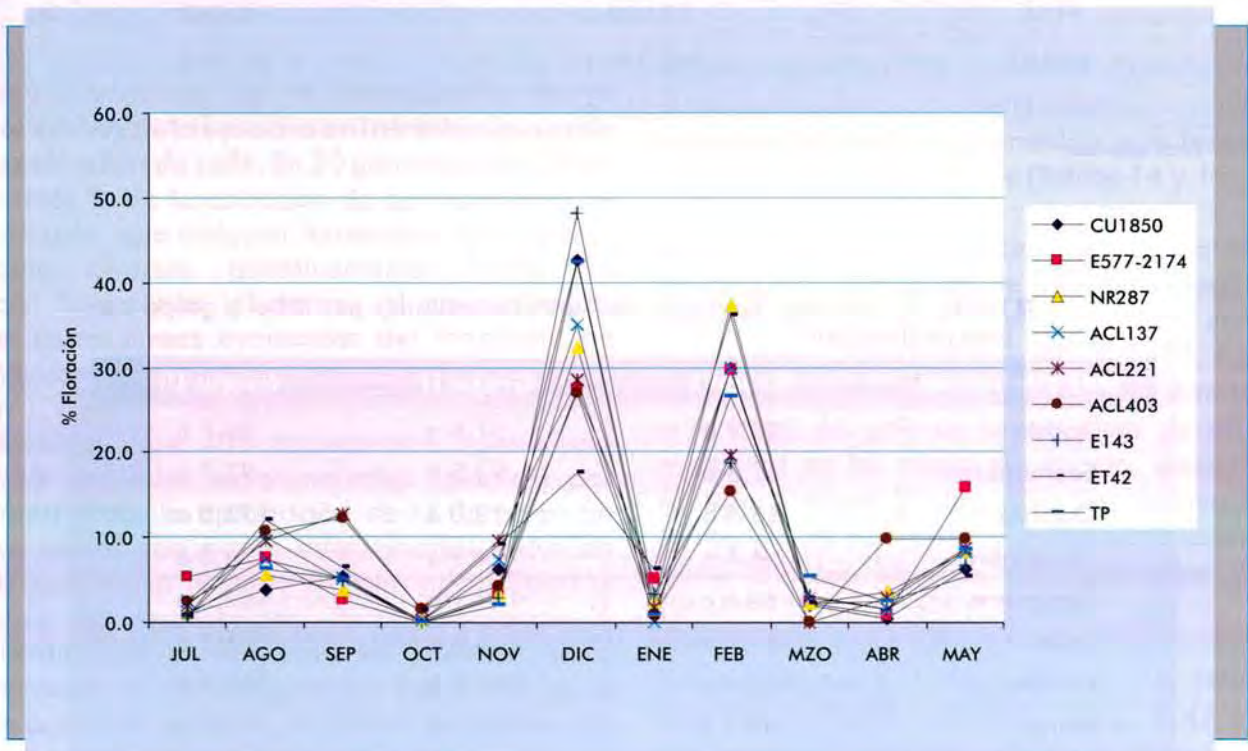
■ **Tabla 15.** Número promedio de flores acumuladas por árbol y grupo por mes de floración.

Mes Evaluación	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Agosto	22,9 b	51,8 a	56,7 a
Septiembre	42,3 b	93,5 a	92,7 a
Octubre	53,4 b	113,0 a	123,0 a
Noviembre	54,4 b	114,9 a	124,5 a
Diciembre	64,6 c	137,9 b	162,7 a
Enero	69,9 b	153,6 a	175,2 a
Febrero	104,4 c	246,9 b	312,7 a
Marzo	148,7 c	339,1 b	490,5 a
Abril	153,3 c	351,3 b	500,4 a
Mayo	158,9 c	359,02 b	510,3 a





■ **Figura 35.** Patrón de floración distribuido en cuatro picos relativamente uniformes, a través de 11 meses evaluados.



■ **Figura 36.** Distribución de la floración en dos picos, que concentran el 60% de las floraciones, en los 11 meses de evaluación.

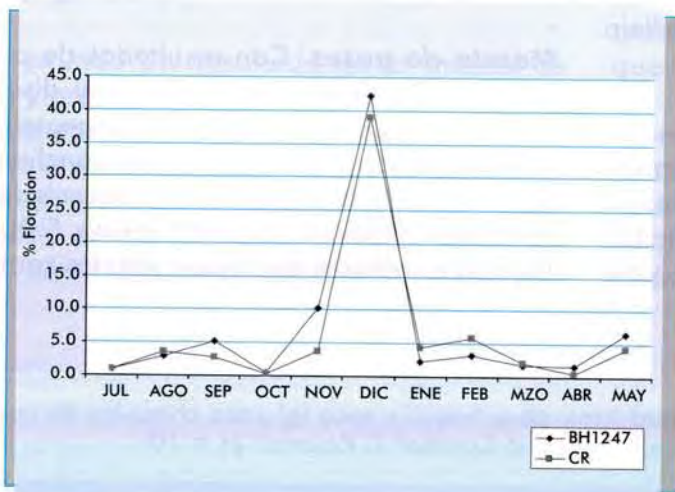


en dos accesiones de las 20 evaluadas (BH1247 y Caturra Rojo) (Figura 37).

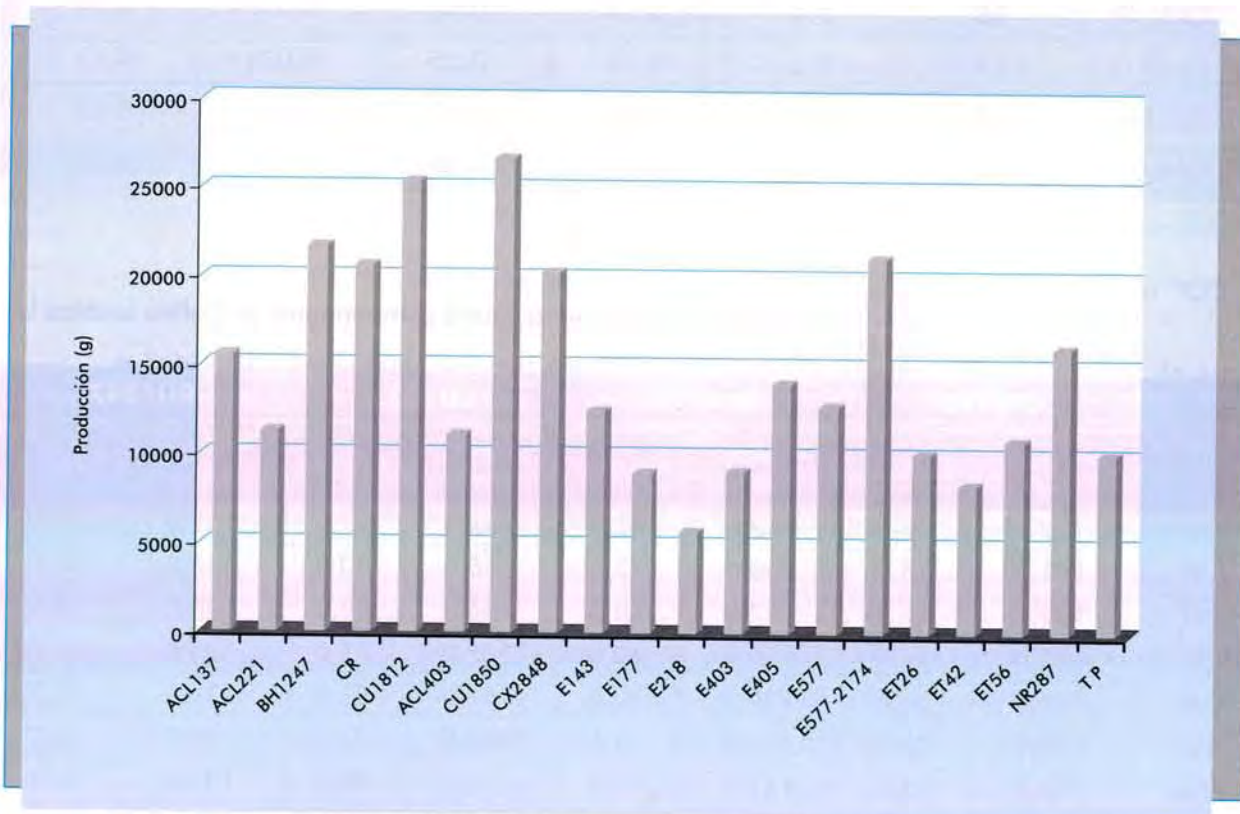
Adicionalmente, se evaluó la producción, donde se encontró que las accesiones con mayores valores fueron las componentes de la Variedad Castillo® CU1850, CU1812 y BH1247 (Figura 38).

**Metabolismo del Carbono y relación Fuente-Demanda en el cafeto (*Coffea arabica* L.).**

En la Estación Central Naranjal se sembraron 112 semillas de las progenies CX2178, CU1812, CU1825 y BH1247 componentes de la Variedad Castillo® El Rosario. Se tomaron diez plántulas (chapolas) a los 45-60 días después



■ **Figura 37.** Distribución de la floración en un sólo pico, que concentra alrededor del 40%.



■ **Figura 38.** Producción de 20 accesiones de *C. arabica*, en la Estación Central Naranjal, entre 2009 y 2010.



de colocar en germinador, para medir variables de crecimiento y acumulación de materia seca en raíz y tallo, y se observó que si bien para los cuatro materiales, tanto las variables de crecimiento como acumulación de materia seca presentan valores similares, el peso seco para los primeros tres son mayores que para el último (Tabla 16), iniciando así una tendencia sostenida en los resultados posteriores de crecimiento y materia seca, que se refleja finalmente en producción.

La Variedad Castillo® El Rosario, compuesta por 11 progenies que presentan un rango de producción de café pergamino seco entre 35,5% y 2,6% mayor, relativo a la variedad Colombia, para un acumulado de cuatro

cosechas, tiene la progenie CX2178 como la de mayor producción y la BH1247 como la de menor; al observar el desarrollo del lote ubicado en la Estación El Rosario, se encontró en las variables altura y número de cruces, que el material que acumula mayores y menores valores de crecimiento, coinciden con aquellos de mayor y menor producción, respectivamente (Tabla 17).

**Mezcla de gases.** Con resultados de pruebas iniciales de mezclas de gases y el diseño de cámaras necesarias para la marcación de plantas u hojas con  $^{13}\text{CO}_2$ , se concluyó que 5 L de  $^{13}\text{CO}_2$  puro debían ser mezclados con nitrógeno gaseoso ( $\text{N}_2$  UAP grado 5.0), y así facilitar el marcaje de hojas o plantas completas

■ **Tabla 16.** Promedio de longitud (cm), peso fresco y seco (g) para chapolas de cuatro componentes de *Coffea arabica* L. variedad Castillo® El Rosario® (n = 10).

Progenie	Longitud (cm)		Peso fresco (g)		Peso seco (g)	
	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo
CX2178	9,0	6,8	0,14	0,56	0,039	0,12
CU1812	11,7	7,5	0,13	0,55	0,039	0,12
CU1825	11,8	6,3	0,10	0,51	0,039	0,12
BH1247	10,6	6,7	0,12	0,50	0,035	0,10

■ **Tabla 17.** Altura (cm) y número de cruces para cuatro componentes de *Coffea arabica* L. Variedad Castillo® El Rosario.

Bloque	CX2178		CU1812		CU1825		BH1247	
	Altura (cm)	Cruces	Altura (cm)	Cruces	Altura (cm)	Cruces	Altura (cm)	Cruces
I	162,0	33,0	162,0	32,0	144,0	27,0	139,0	34,0
II	161,0	33,0	140,0	33,0	156,0	30,0	138,0	35,0
III	152,0	32,0	137,0	28,0	146,0	29,0	136,0	34,0
IV	152,0	34,0	161,0	32,0	165,0	33,0	136,0	36,0
V	166,0	34,0	139,0	30,0	154,0	32,0	125,0	35,0
VI	160,0	33,0	145,0	31,0	125,0	26,0	141,0	35,0
Prom.	158,8	33,2	147,3	31,0	148,3	29,5	135,8	34,8
Std	5,7	0,8	11,3	1,8	13,7	2,7	5,6	0,8
C.V.	3,6	2,3	7,7	5,8	9,2	9,3	4,2	2,2

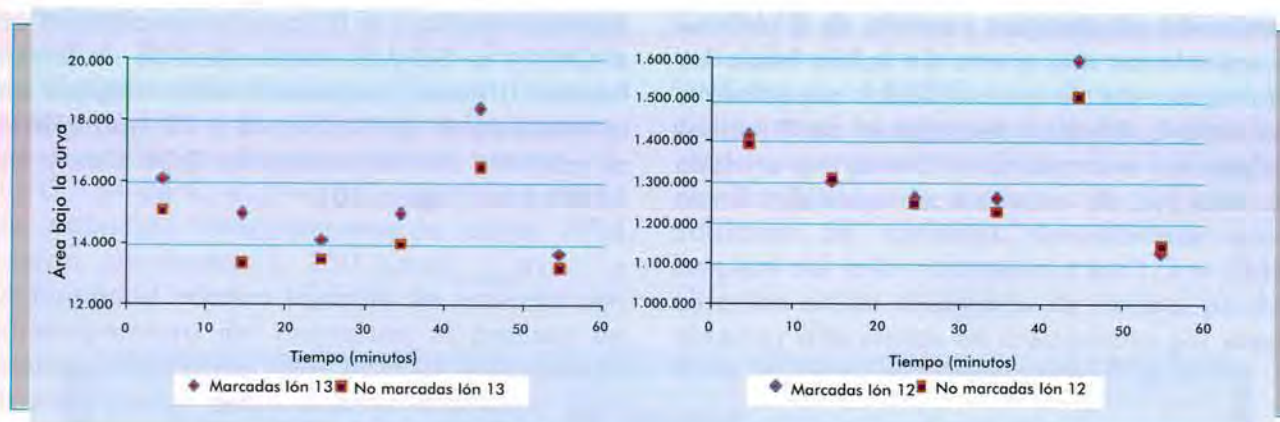


de café, con el fin de evaluar su metabolismo fotosintético y bioquímica. Se diseñó un sistema de vacío que permitió pasar los 5 L de  $^{13}\text{CO}_2$  comprimido a un cilindro de mayor capacidad (6.500 L), el resultado final fue la obtención de un cilindro con  $^{13}\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$ , con 900 libras de presión y un volumen de 2.476 L de  $^{13}\text{CO}_2$ , a una concentración de 1.400 partes por millón (ppm) (Figura 39).

Como prueba del resultado de la mezcla de gases, y previos cálculos adelantados con base en el volumen inicial de los cilindros de  $^{13}\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$  y sus respectivas presiones se hizo lectura del gas preparado, en el espectrómetro de masas (GC\_MS), en conjunto con lecturas de gases patrón como  $\text{CO}_2$  puro, gas certificado con una

concentración de 700 ppm y aire ambiental (Tabla 18). Para el caso de la muestra de aire ambiental se obtuvieron valores similares a los de la literatura, mientras que para el  $\text{CO}_2$  puro, como era de esperar, las áreas bajo la curva son elevadas y se conserva la composición en  $^{13}\text{CO}_2$ ; el gas preparado a una concentración de 700 ppm es similar al aire ambiental y para el  $^{13}\text{CO}_2$  preparado el porcentaje del ión 45 es mucho mayor que los anteriores, confirmando que la mezcla fue eficiente.

Se hizo una prueba inicial para asegurar si había o no marcación con  $^{13}\text{CO}_2$ , en hojas del nudo 3, y a los 5, 15, 25, 35, 45 y 55 minutos después del marcaje se tomaron las hojas, se procesaron y se determinó su composición



■ Figura 39. Prueba preliminar del proceso de marcaje con  $^{13}\text{CO}_2$ .

■ Tabla 18. Áreas bajo la curva de diferentes gases leídos en el Espectrómetro de Masas (GC\_MS) para corroborar la adecuada mezcla de  $^{13}\text{CO}_2$  puro con  $\text{N}_2$ .

Tipo de Muestra	Área bajo la curva del espectrograma					% lón 45 / (44 + 45)
	Repetición	lón 12	lón 13	lón 44	lón 45	
Aire ambiental	1	54973	0	9620284	107031	1,10
	2	42678	0	7465219	84357	1,11
$\text{CO}_2$ Puro	1	49271851	571153	4520584723	67795838	1,47
	2	32283615	154314	3054347999	44904476	1,40
700 ppm	1	63685	0	10511814	123783	1,16
	2	65689	0	10727692	122249	1,12
$^{13}\text{CO}_2$ (preparado)	1	31119	96041	4958941	14035941	73,89
	2	36674	99198	5926373	14273855	70,66

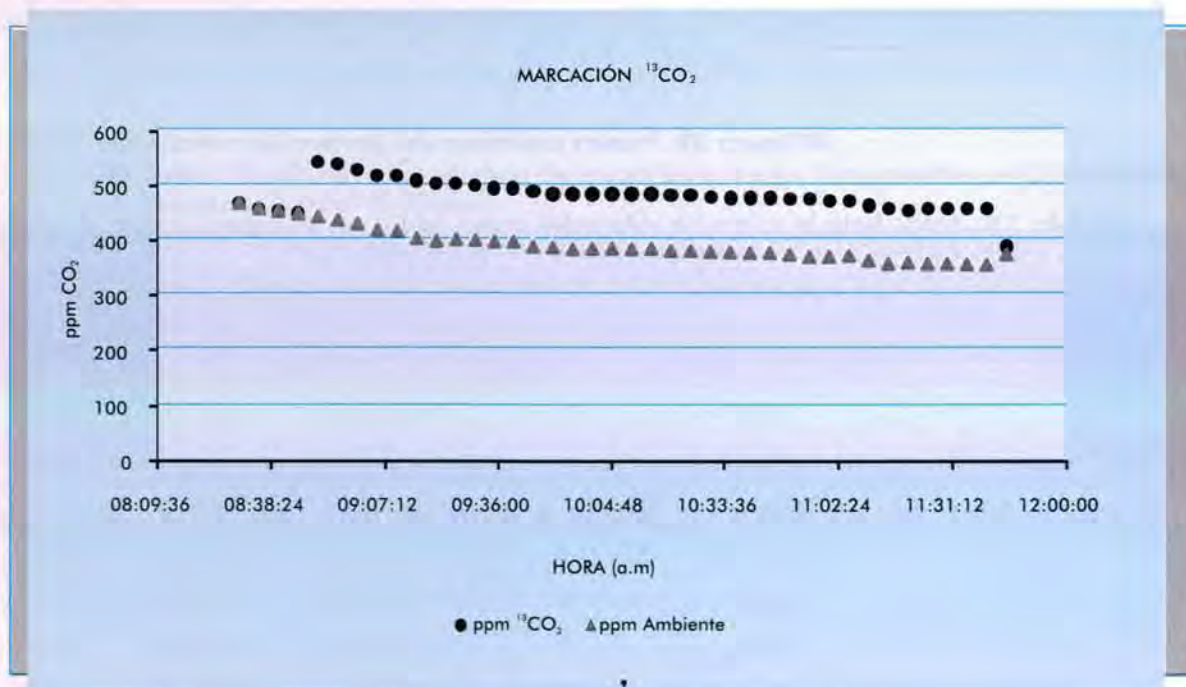


isotópica ( $\delta^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ ). Se observó que las plantas marcadas con respecto a las no marcadas, para el ión  $^{13}\text{CO}_2$ , tuvieron áreas bajo la curva superiores (medidas en el CHN y GC\_MS), en cuanto al ión  $^{12}\text{CO}_2$  se observaron valores de áreas bajo la curva similares, que confirma lo encontrado para el ión  $^{13}\text{CO}_2$  (Figura 39).

Para determinar el momento en el cual la hoja del cafeto pasa de ser demandante de fotoasimilados a exportadora, se diseñó un sistema que permitió marcar con  $^{13}\text{CO}_2$  hojas individuales de café del nudo 3. El sistema permite que el  $^{13}\text{CO}_2$  proveniente del cilindro preparado pase por reguladores de presión y válvulas de aguja para controlar la presión, luego, el aire pasa por un medidor de flujo, que para el caso fue de  $7 \text{ mL de } ^{13}\text{CO}_2 \text{ min}^{-1}$ , de allí sale a una caja mezcladora de gases (construida en plexiglás y consta de 2 orificios de entrada de aire y uno de salida hacia las plantas; consta de un ventilador conectado a una batería *Ultrast* recargable de 9 voltios que permite una mezclar eficiente) y es enviado por una red de mangueras repartidas hacia

tres plantas testigo, tres plantas marcadas, una planta a la cual se le midió fotosíntesis a una hoja de cada nudo (desde el 1 hasta el 6) y una planta que se llevó a oscuridad total, durante los 3 días siguientes para recolectar el  $\text{CO}_2$  respirado. Se midió fotosíntesis, respiración y transpiración en hojas individuales con el equipo de intercambio gaseoso *PP System*; para medir el  $\text{CO}_2$  respirado se construyó una cámara en plexiglás, la que permitió encerrar en ella las dos hojas correspondientes al nudo que se marcó (nudo 3), mientras que la medición de la tasa respiratoria se hizo en hojas individuales de los nudos 1 al 6 de una misma rama.

Para marcaje, en cada planta se eligieron seis ramas que contaran con seis nudos que tuvieran sus dos hojas. Las seis ramas representaron los tiempos en que, posterior a la marcación, se recolectaron las hojas de cada nudo por separado (nudo 1 al 6), para ser analizadas en el CHN y el GC\_MS; los tiempos de muestreo fueron: 0 horas (inmediatamente después de la marcación), 6, 12, 24, 48 y 72 horas, ésta se adelantó en mayo entre las 8:30 a.m. y las 11:45 a.m. (Figura 40).



■ **Figura 40.** Proceso de marcación de las hojas del nudo 3 el 14 de mayo de 2010.



Se tiene la información completa con respecto a todas las variables propuestas para este experimento: fotosíntesis, respiración, área foliar,  $\delta^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$  del aire respirado y de la materia orgánica de las hojas por nudo y tiempo (0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas posterior a la marcación), peso seco de cada par de hojas. Actualmente está en proceso de análisis, debido a que inmediatamente se terminó de leer las muestras en el sistema CHN – GC\_MS, se inició la preparación del segundo experimento.

Para determinar la temperatura base y óptima de removilización de fotoasimilados hacia los órganos de demanda en el cafeto, en los meses de junio y julio, similar al experimento 1, y con todos los ensayos previos, fue necesario el diseño de la metodología adecuada que permitiera la marcación de plantas completas de *Coffea arabica* L. Var. Castillo® El Rosario, genotipos CX2178 y BH1247, de seis meses de edad. Ésta se adelantó en el fitotrón de la Disciplina de Fisiología Vegetal, que se programó para que en determinados tiempos, las condiciones de temperatura fueran 13-15°C, 24-26°C y 34-35°C, las condiciones de radiación fotosintéticamente activa (RFA) fueran constantes a  $250 \mu\text{mol}_{(\text{fotones})} \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y la humedad relativa variable de acuerdo con la temperatura del momento; el proceso de marcaje fue similar que para el experimento 1, sólo que se debió diseñar el sistema para plantas completas. Se adelantó lo concerniente a marcaje y posterior inmersión en nitrógeno líquido, almacenamiento en Freezer a -70°C y posterior liofilización con la colaboración de la fábrica de café Buencafé Liofilizado.

El siguiente paso será la extracción de los principales metabolitos del metabolismo vegetal primario (almidón, proteínas, lípidos, azúcares y fibras), para luego determinar su composición isotópica ( $\delta^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ ). Se tiene la información de intercambio gaseoso en hojas individuales (nudos 1 al 5) y en plantas completas, así como de respiración, se deben leer las muestras de aire respirado en el GC\_MS para determinar su  $\delta^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ .

#### **Ajuste, validación y ampliación del modelo de crecimiento y captura de carbono para**

#### **especies forestales en el Trópico – CREFT.**

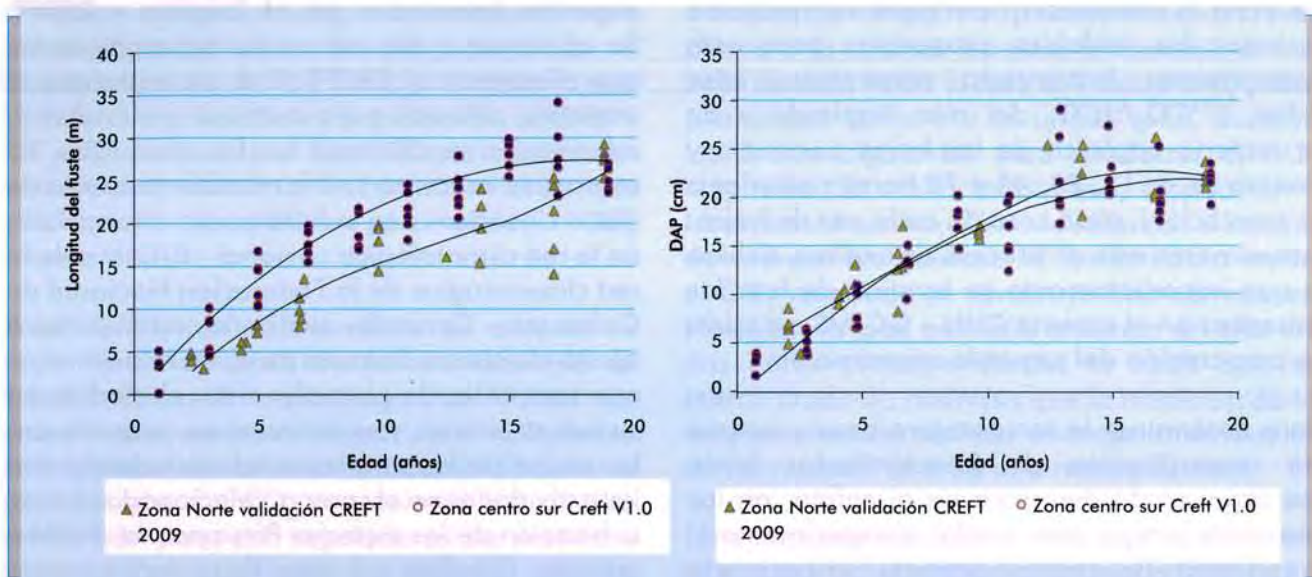
Se ajustaron y depuraron las bases de datos que alimentan el CREFT V1.0, se replanteó el esquema utilizado para archivar y manejar la información recolectada en los muestreos de campo, se organizó la información presente de datos climáticos y se solicitó nueva información de la red climatológica nacional - IDEAM y de la red climatológica de la Federación Nacional de Cafeteros – Cenicafé, se diseñó, estandarizó y ajustó el sistema de bases de datos relacionales, que será utilizado para alimentar el modelo en su nueva versión, y se continuó en conjunto con los socios de las empresas reforestadoras, con las actividades en el campo, relacionadas con la cubicación de las especies *Pinus patula*, *Pachira quinata*, *Gmelina arborea*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus caribaea*, *Eucalyptus pellita*, *Acacia mangium*, *Tabebuia rosea* y *Tectona grandis*.

Con el fin de obtener modelos de crecimiento y distribución de biomasa para las especies incluidas en el CREFT, se realizaron muestreos de biomasa en diferentes edades y sitios; los modelos generados se incluyen en el módulo de distribución de biomasa. La información adicional de variables dasométricas como longitud del tallo y diámetro a los 1,3 m (DAP), obtenida en los muestreos de campo, permite observar diferencias en crecimiento por efecto de la región de establecimiento (Figura 41).

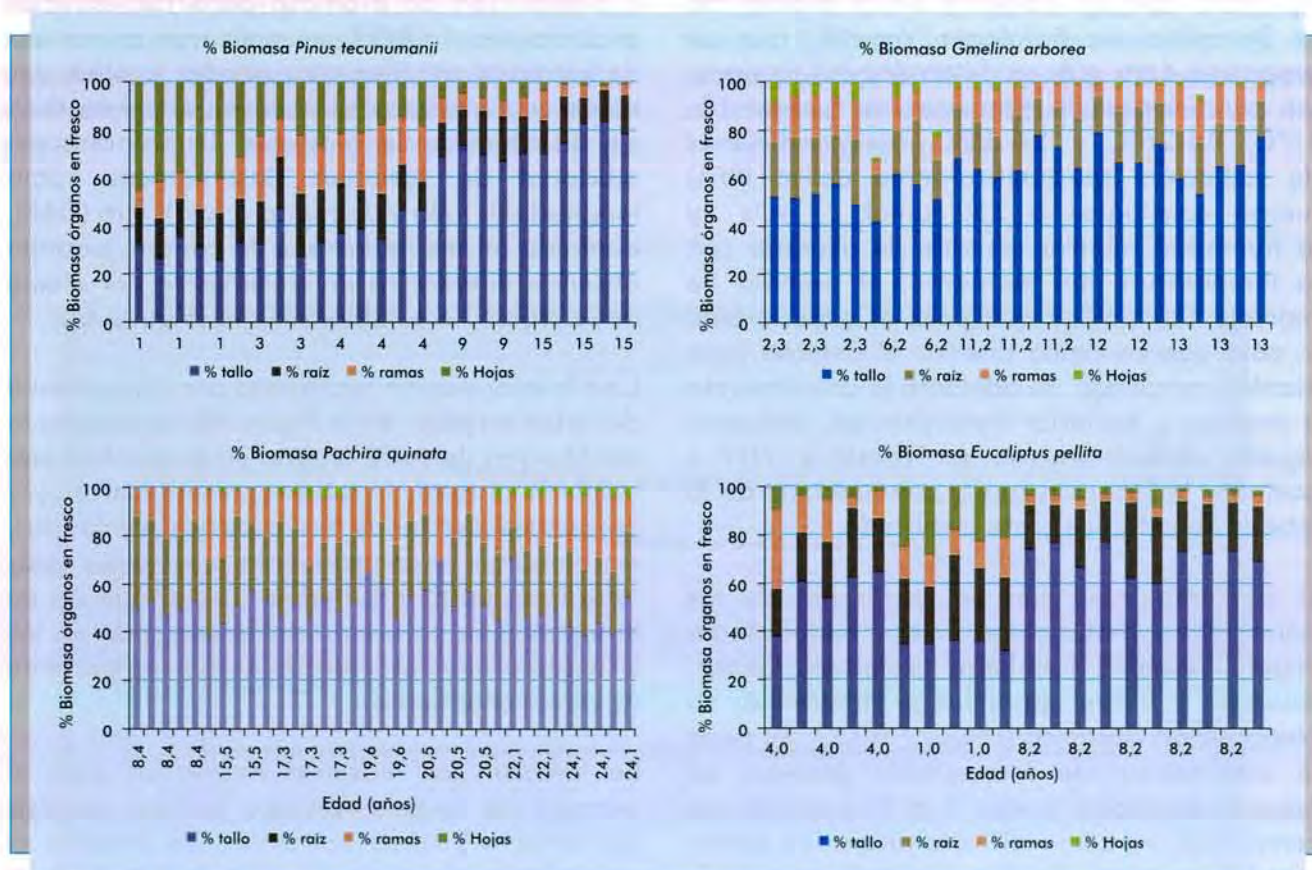
Con la información recopilada por componente del árbol en peso, en la Figura 42 se muestra la distribución de cada órgano en porcentaje con respecto al total. El tallo representa el mayor porcentaje en todas las especies evaluadas, sin embargo el conocimiento preciso de estas relaciones permitirá modelar la distribución de biomasa y de carbono final encontrado en los sistemas productivos forestales por componente de almacenamiento.

Se tomaron las muestras necesarias para el proceso de secado, picado, molido, análisis de carbono y otros nutrientes. Se observa el crecimiento en peso de una nueva especie incluida en el modelo, *Acacia mangium*, y la distribución de los órganos en el tiempo en días, se espera para un árbol de 5 años de edad un peso total de aproximadamente





■ **Figura 41.** Modelos de longitud del tallo (m) y DAP (cm) en *Pinus patula* en dos regiones diferentes (Centro-sur correspondientes a los departamentos de Valle, Risaralda, Quindío y Caldas y zona norte en el departamento de Antioquia).



■ **Figura 42.** Distribución de biomasa de los diferentes órganos en *Pinus patula*, *Pachira quinata*, *Gmelina arborea* y *Eucalyptus pellita*.



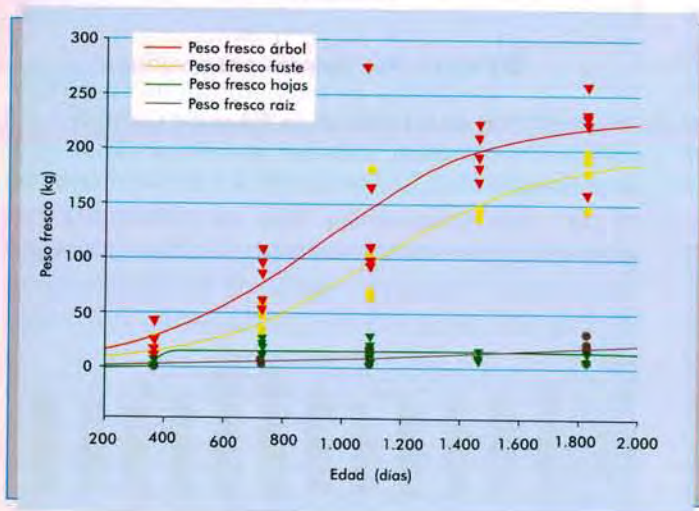
244 kg, de los cuales 181,6 kg aproximadamente corresponden al fuste, 10,6 kg a ramas y 22,2 kg entre raíz y hojas, y el restante 18 kg en corteza (Figura 43).

La relación entre el peso seco del tallo y el volumen en metros cúbicos de madera total del fuste se presenta en la Figura 44; este tipo de relación es lineal y se mantiene similar en todas las especies, indiferente del tipo de procedencia, bien sea introducida como *Acacia mangium* o nativa como *Pachira quinata*.

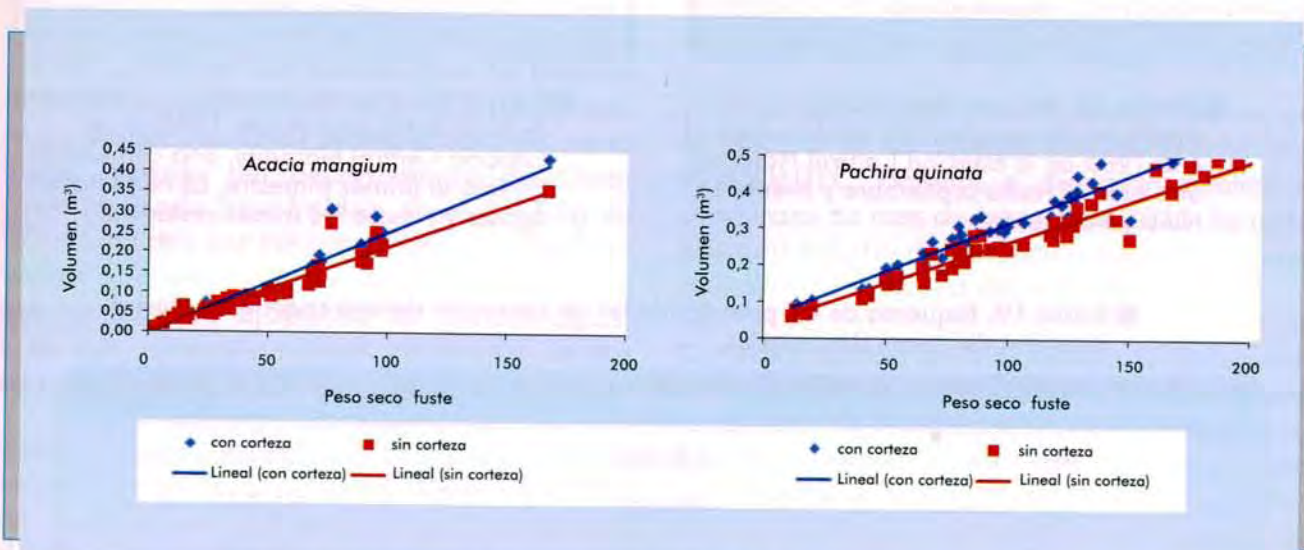
Otras actividades que tienen que ver con el modelo CREFT son: Revisión metodológica del

procedimiento de obtención y aplicación de firmas espectrales para especies forestales con el fin de asociar dicha información a la obtenida a partir de sensores remotos y depuración y ajuste del Modelo Digital de Elevación de 90 metros obtenido del radar SRTM y publicado por CIAT.

En cuanto a la generación de valores de temperatura máxima, mínima y brillo solar mediante cadenas de Markov, el procedimiento para generar datos faltantes comprende dos etapas: en la etapa 1, para todas las variables se trabajó con una cadena de orden 2 y con dos estados (valor bajo y valor alto); el límite para



■ **Figura 43.** Crecimiento de biomasa en peso fresco de *Acacia mangium* en plantaciones comerciales en Tierralta (Córdoba).



■ **Figura 44.** Relación entre el peso seco del fuste y el volumen con y sin corteza en las especies *Acacia mangium* y *Pachira quinata*.



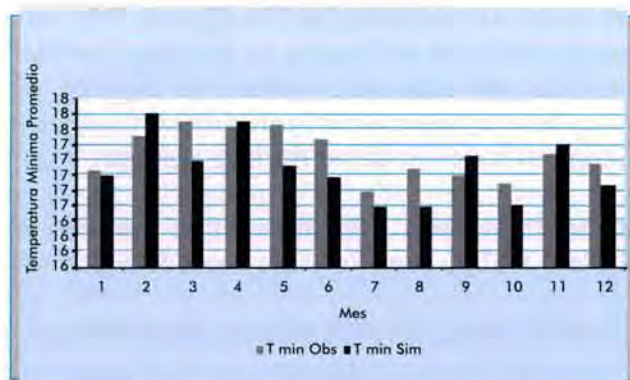
determinar si la variable bajo estudio se expresó como bajo o como alto en un día cualquiera se estableció como el percentil 30 de toda la serie histórica; las probabilidades históricas de transición se calcularon discriminando por mes y por evento El Niño, La Niña y Neutro según el reporte del NOAA.

El formato de las probabilidades de transición se muestra mediante la Tabla 19.

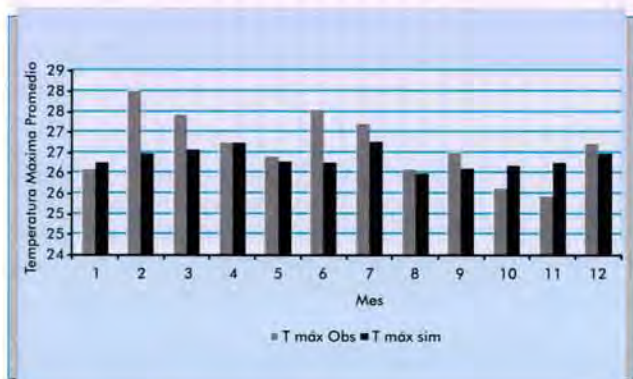
Una vez establecidas las probabilidades de transición se obtiene la cadena a través de la generación de un número aleatorio  $U$  entre 0 y 1.

Según la tabla, si  $U \leq P(B)$  entonces se genera el estado Bajo, de lo contrario el Alto. En la etapa 2, los valores de las variables climáticas se establecen una vez se cumple la etapa 1 y se procede a generar un valor sintético para cada uno de éstos a partir de modelos probabilísticas, que definen evento bajo (distribución del

mínimo) y evento alto (distribución del máximo). Se aplicó el método en datos de la Estación Central Naranjal para años que se presentaron eventos Neutros, El Niño y La Niña (Figuras 45, 46, 47).



■ **Figura 46.** Valores observados y simulados de temperatura mínima para el año 1990 en la Estación Central Naranjal, año con evento La Niña.



■ **Figura 45.** Valores observados y simulados de temperatura máxima para el año 1985 en la Estación Central Naranjal, año normal hasta septiembre y evento La Niña en adelante.



■ **Figura 47.** Valores observados y simulados de brillo solar para el año 1995 en la Estación Central Naranjal, año con evento El Niño el primer trimestre, La Niña hasta agosto y Neutro los meses restantes.

■ **Tabla 19.** Esquema de las probabilidades de transición de una cadena de Markov de orden dos y con dos estados.

Estados Anteriores (Or II)	Bajo (B)	Alto (A)
BB	$P(B/BB)$	$P(A/BB)$
BA	$P(B/BA)$	$P(A/BA)$
AB	$P(B/AB)$	$P(A/AB)$
AA	$P(B/AA)$	$P(A/AA)$



**Café "Carbono neutro".** Este experimento, financiado por el FoNC, tiene como objetivo contribuir a la mitigación del cambio climático global y al desarrollo sostenible de la zona cafetera colombiana, por medio de tecnologías y actividades en el campo medioambiental, específicamente en la construcción de estándares, normas y reglamentos técnicos para el café de Colombia "Carbono neutro".

En conjunto con el ICONTEC se está construyendo la END, paso previo para la elaboración de la NTC-Colombiana para productos con huella de carbono y Carbono neutro. La metodología se ha aplicado principalmente para el componente producción de café pergamino seco – Finca y la totalidad de la cadena.

En la Sierra Nevada (Cesar), finca La Esperanza, vereda Las Estrellas en Valledupar, en un área en café de 20,8 ha, se realizó el ejercicio de trazabilidad para el sistema finca, el cual arrojó un resultado de 15,69 kg de CO<sub>2</sub>e de excedentes por kilogramo de café pergamino seco. En la Cooperativa Caficosta (punto de recibo del café proveniente de la Sierra Nevada) arrojó un valor de  $2,77 \times 10^{-3}$  kg de CO<sub>2</sub>e por kilogramo de c.p.s.; en Almacafé Valledupar (sitio de almacenamiento) el valor fue de 0,095 kg de CO<sub>2</sub>e por kg de c.p.s.; en Almacafé Bogotá (almacenamiento) arrojó un valor de 0,00043 kg de CO<sub>2</sub>e por Kg de c.p.s.; en la trilla el factor encontrado fue de 0,0323 kg por kg de c.p.s.; en la torrefacción fue de 0.106 kg por kg. de c.p.s y en la tienda Juan Valdez el valor encontrado fue de 7,3573 kg, el resultado final del balance de carbono y trazabilidad de un café pergamino seco, desde una finca cafetera ubicada en la Sierra Nevada del departamento de Cesar hasta la tienda Juan Valdez, es de 8,17 kg de CO<sub>2</sub>e emitidos por kilogramo de c.p.s. Se debe anotar que estos valores varían en la medida que se han ido ajustando las metodologías, y se han obtenido nuevos resultados de los ejercicios adelantados.

Adicionalmente se realizó el primer ejercicio de balance de carbono a nivel de fincas cafeteras en Caldas, con la participación del Comité de Cafeteros y la evaluación de 15 predios cafeteros. Se observó como los balances de la mayoría de las fincas son positivos (excedentes

de carbono) y que estos valores son el soporte para la compensación de las emisiones de carbono a través de la cadena productiva del café hasta su punto final (consumo, exportación o transformación).

Se realizó el balance de carbono en cinco fincas cafeteras en la Sierra Nevada de Santa Marta, con el fin de dar soporte a la edición del café especial "Azúcar Buena", además de probar la metodología diseñada para tal fin.

En el Quindío (finca UCAE) se realizó el mismo ejercicio en fincas del municipio de Génova, con el fin de presentar los primeros resultados al Instituto Colombianos de Normas Técnicas (ICONTEC) y dar a conocer la metodología de evaluación de la huella de carbono a través de toda la cadena de producción, transformación, comercialización y consumo del cultivo del café; los resultados obtenidos siguen la misma tendencia que para el departamento de Caldas.

Finalmente, a partir de junio se comenzó la fase de campo para la evaluación de seis variedades de café con una edad de 4,8 años (Castillo, Caturra, Tabi, Colombia, Borbón, Maragogipe), con el fin de evaluar la cantidad de carbono presente en cada uno de sus órganos; hasta el momento se han procesado el 70% de las muestras y se está realizando el análisis estadístico para conocer el número mínimo de muestras a llevar al equipo de determinación de carbono (CHN).

La END se encuentra en discusión interna en la FNC, y se ha considerado pertinente con el ICONTEC, ponerla a discusión pública a comienzos de mes de febrero de 2011. Se dará inicio al estudio de obtención de un sello que respalde dicha huella de carbono.

**Caracterización de los cacaos de Colombia Fase II.** *Cambios físicos y químicos durante el proceso de fermentación y secado para mezcla de clones y clon CCN 51:* Este estudio se realizó con el fin de conocer los cambios físicos y químicos que ocurren en el grano de cacao durante el proceso de fermentación, afectado por procesos de secado natural al sol y artificial, con tostión y sin ella, que permitan



generar conocimiento como herramienta para la determinación del punto óptimo de fermentación en el grano de cacao que garanticen una calidad homogénea.

Los análisis físico-químicos realizados a las muestras fueron: Temperatura, pH, acidez titulable, índice de fermentación (espectrofotometría, 460/530 nm), índice de fermentación (corte), porcentaje de merma, grasa, carbohidratos totales, polifenoles totales, flavonoides totales, capacidad antioxidante (método ORAC).

Los resultados se encuentran en el informe "Cambios físicos y químicos durante el proceso

de fermentación y secado para mezcla clones y clon ccn 51" para Casa Luker, presentado en septiembre de 2010.

*Análisis cacaos internacionales:* El estudio permitió evaluar características físico-químicas en muestras procedentes de diferentes lugares del mundo. Esta información permitirá establecer una referenciación de los cacaos colombianos estudiados en las fases I y II del proyecto de "Caracterización de los cacaos de Colombia" con los cacaos mundialmente reconocidos como finos de aroma (informe Casa Luker. Septiembre de 2010). En la Tabla 20, se muestran las procedencias de los cacaos internacionales estudiados.

**Tabla 20.** Muestras internacionales evaluadas en los diferentes análisis físico-químicos.

Código	Procedencia	Descripción
ECU 1	Ecuador	Manabí
ECU 2	Ecuador	El oro
ECU 3	Ecuador	Los ríos
CCN EC	Ecuador	CCN 51 tostado: 11 de marzo
DOM 1	República Dominicana	República Dominicana 1210(Hispaniola)
DOM 2	República Dominicana	República Dominicana 1173 (Tipo Sánchez)
INDO 81	Indonesia	Plancha 81 tostado 11 de marzo
INDO 86	Indonesia	Plancha 86 tostado el 11 de marzo
VEN 1	Venezuela	Mitsubishi sur del lago
VEN 2	Venezuela	Mitsubishi sur del lago
VEN 3	Venezuela	Masa de cacao Carenero (Agrícola la Concepción) Barlovento
VEN 4	Venezuela	Masa de cacao Guarime
VEN 5	Venezuela	Masa de cacao Cuyagua (Silvia Reyes)
VEN 6	Venezuela	Masa de cacao Asociación Carioca Fermentado
VEN 7	Venezuela	Masa de cacao Río Caribe Sin fermentar
VEN 8	Venezuela	Masa de cacao Río Caribe Hacienda San José
VEN 9	Venezuela	Masa de cacao Río Caribe Hacienda San José Sin Fermentar
OCU 61	Venezuela	Masa de cacao ocumare 61
OCU 67	Venezuela	Masa de cacao ocumare 67
GHANA	Ghana	Sample number 1 Ghana
COAST	Côte d'Ivoire	Sample number 2 Côte d'Ivoire
JAVA	Indonesia	Sample number 4 Indonesia Java A
TRIN	Trinidad y Tobago	Sample number 5 Trinidad y Tobago
MADG	Madagascar	Sample number 7 Madagascar
JAVA 1	sin procedencia	C-76115
JAVA 2	sin procedencia	C-76116



Las variables evaluadas fueron: Contenido de grasa total (método AOAC 963.15), ácidos grasos libres (método 969.33), triglicéridos y punto de fusión (método EUR 20742 AOAC Cc 1-25), proteína total (método CHN), carbohidratos (método: SPE- HPLC/IR), fibra dietaria (método Enzimático – Gravimétrico: - AOAC 991.42 y AOAC 993.19), minerales (método de absorción atómica), capacidad antioxidante como equivalente de vitamina

C (VCEAC), capacidad antioxidante (método ORAC), polifenoles y flavonoides totales (método Polifenoles: Folin-Ciocalteu; método Flavonoides:  $AlCl_3$ -Visible), neurotransmisores: cafeína y teobromina (método: SPE-HPLC/PDA), determinación de perfiles cromatográficos del aroma (método microextracción fase sólida-SPME y detección por GC/MS) y evaluación sensorial.



## Disciplina de Entomología



La disciplina de Entomología viene adelantando investigaciones en las plagas de importancia económica que afectan el cultivo del café. Se ha puesto mayor atención a la broca del café, *Hypothenemus hampei*, por ser una de las mayores limitantes fitosanitarias que afectan la producción de café. En esta plaga se avanza con investigaciones en genómica, biología y ecología, manejo integrado en zoqueo, control biológico con el parasitoide *Prorops nasuta*, para lo cual se estudian métodos de cría de la broca en dietas artificiales, así como búsqueda de productos químicos y naturales, además de dispositivos de captura de adultos que puedan ser usados en una estrategia de manejo integrado.

Dada la actual política de la Federación en renovaciones de los cafetales en Colombia, la Disciplina de Entomología consideró de gran importancia conocer y atacar un problema que viene en aumento, y que se dispersa a partir de almácigos durante las siembras nuevas de cafetales: las cochinillas harinosas de las raíces del café. Estas investigaciones están enfocadas

en identificar las especies que causan daños económicos en el país y buscar productos que permitan su control durante la etapa de almácigo.

Posterior a la identificación del agente causal de la chamusquina del café, la chinche *Monalonion velezangeli*, en el año 2007 en los municipios de La Plata, Argentina y Paicol en el Huila, se continúan reportando ataques en regiones distantes del Valle del Cauca y Nariño. El ataque de esta plaga aumentó de 1.200 a 1.800 ha en el Huila, y se mantiene muy aislada en las regiones cafeteras de los otros dos departamentos. Por esto, la Disciplina de Entomología avanza en investigaciones tendientes a buscar hongos entomopatógenos para el control biológico de la plaga, así como en el conocimiento de la biología y hábitos del insecto, con el fin de determinar el impacto que tendrá este insecto en la caficultura del futuro. Se obtuvieron resultados sobre el efecto de algunas prácticas de manejo en la disminución de las poblaciones en el campo.

La biodiversidad de las especies en la zona cafetera colombiana ha sido de permanente interés en Cenicafé. Se viene avanzando de manera continuada durante más de 60 años en este tema, y actualmente mantiene una colección de insectos de la zona cafetera depositada en el Museo Entomológico Marcial Benavides. Este interés ha permitido establecer de alguna manera el menor impacto ambiental que ocasionan las plantaciones de café en Colombia y se convierte en la base a partir de la cual se podrá definir el efecto de los diferentes sistemas de producción de café en la biodiversidad de insectos y otros artrópodos. En el período 2009-2010 se obtuvieron resultados en la búsqueda de enemigos naturales de las moscas de las frutas atacando frutos de café y en la evaluación de la artropofauna del suelo y de los macroinvertebrados acuáticos en fincas cafeteras, particularmente en municipios con cafetales con certificaciones ambientales en los departamentos de Cundinamarca y Santander. Igualmente, se visitaron cafetales en el territorio nacional donde se reportaron plagas potenciales del café como termitas del género *Comatermes*, pasadores de las ramas del café



*Xylosandrus morigerus* y ataques esporádicos de minador de las hojas del café *Leucoptera coffeellum*.

## Investigaciones sobre la broca del café

### Genómica y transformaciones genéticas en el control de la broca del café

**Evaluación de la actividad inhibitoria de plantas de café expresando genes de quitinasas contra patógenos e insectos plagas. ENT1202.** Se continúa con la evaluación de plantas propagadas de 15 líneas alfa tubulina/quitobiosidasa y ocho líneas alfa tubulina/endoquitinasa, para lo cual se requieren 15 plantas hijas por cada línea. El objetivo es identificar la presencia de los genes de interés de quitinasas en al menos diez líneas con diez plantas, para transferirlas de condiciones *in vitro* de laboratorio al invernadero. Por PCR se evaluaron 225 plantas alfa tubulina/quitobiosidasa, donde el 84% de éstas amplificaron el promotor y gen de interés, y 120 plantas alfa tubulina/endoquitinasa, para el cual amplificaron el 72% los dos genes. Se transfirieron al invernadero las 15 líneas con diez plantas alfa tubulina/quitobiosidasa y siete líneas con diez plantas alfa tubulina/endoquitinasa, y un grupo de 37 plantas control. Estas plantas han mostrado un buen comportamiento luego de seis meses de subcultivo. Se están estandarizando metodologías para determinar el número de copias de los genes y la actividad enzimática en ellas. Se inició el pie de cría y mantenimiento de insectos de minador de la hoja del café en el laboratorio, con el propósito de determinar la actividad biológica del insecto cuando se alimentan sobre las hojas transformadas de estas plantas.

**Mejoramiento por transgénesis, empleando genes de quitinasas para la obtención de variedades de café resistentes a broca, *Hypothenemus hampei*. MEG2205.** Este proyecto tiene como objetivo la transformación y regeneración de nuevas líneas élite de la Variedad Castillo® (CU 1812, CU 1991, CU 1953, CU 1827, CX 2848, CX 2178, CX2710,

CX2720, CU1815, CU1997) con los vectores de quitinasas, para generar variedades resistentes a la broca del café. Se obtuvieron 40 plantas regeneradas luego de la transformación de la línea CX2720 con el gen endoquitinasa y 70 plantas de la transformación de la línea CX2178 con el gen quitobiosidasa; de cada línea se tienen 20 controles de regeneración positivos. Además, se generaron 60 plantas transformadas con la proteína GFP (proteína verde fluorescente) de la línea CU1997. Se realizaron nuevas siembras de explantes de las líneas élites para obtener nuevo tejido embriogénico (TE), en total se sembraron 1.784 explantes, donde se obtuvo entre 10% y 55% de regeneración de TE. Aunque se cuenta con tejido embriogénico de todas las líneas para continuar las transformaciones, las líneas CX2848, CU1991 y CX1827 son las que presentaron menor regeneración (<20%), las más regenerativas son CU1812, CX1953 y CX2720. Se continuó con la proliferación y el mantenimiento del TE producido y se realizaron nueve eventos nuevos de transformación, cinco con endoquitinasa y cuatro con quitobiosidasa. Siete líneas han sido transformadas al menos una vez con endoquitinasa y nueve con quitobiosidasa, y de las tres transformaciones que se tienen planeadas para cada genotipo con cada gen, ya se realizaron dos para la gran mayoría de las líneas. Se realizó una nueva transformación con el gen GFP con la línea CU1812.

### Aspectos de la biología y ecología de la broca del café como conocimiento estratégico para mejorar las estrategias de manejo integrado

**Impacto de los frutos de café caídos al suelo e infestados por la broca, sobre la infestación en el árbol. ENT1409.** Los frutos infestados por la broca del café que caen al suelo, desempeñan un papel importante en la dinámica poblacional de la plaga, siendo éstos los que permiten albergar al insecto durante la época de escasez de frutos y facilitan la continuidad en el desarrollo y reproducción del insecto, lo cual asegura las infestaciones de las cosechas siguientes. Para confirmar esto, se realizó el presente estudio con el fin



de determinar el impacto de los frutos caídos brocados en el suelo sobre la dinámica de infestación de la broca en el árbol después de la cosecha del café. Para esto se seleccionaron cuatro parcelas de *Coffea arabica* de tercera cosecha, de una hectárea de extensión con 5.000 árboles cada una, durante cuatro ciclos productivos que abarcaron tres periodos climáticos: Neutro 2007-2008, La Niña 2008 y El Niño 2009-2010, en cuatro localidades ubicadas en un gradiente altitudinal entre 1.200 y 1.700 m, en la vertiente occidental de la cordillera Central (Paraguaicito en Quindío a 1.218 m, Fundación Manuel Mejía en Naranjal, Caldas, a 1.381 m, la finca La Bella en Calarcá, Quindío, a 1.470 m y la finca Santa Cruz en Santa Rosa de Cabal, Risaralda, a 1.700 m). Para cada localidad se evaluaron cinco tratamientos: 1, 5, 10, 15 y 20 frutos brocados dejados en el plato del árbol, y un testigo sin frutos brocados. Se tuvieron 15 repeticiones por tratamiento en un diseño experimental completamente aleatorio. Los árboles seleccionados fueron cubiertos con una jaula entomológica y en el árbol adyacente se ubicó una trampa engrasada para evaluar la emergencia de adultos de broca de los frutos brocados del suelo. Las evaluaciones se realizaron cada 30 días para la infestación en el árbol y cada 10 días para la emergencia, durante seis meses, para cada ciclo productivo. Igualmente, por cada tratamiento, en el plato de cada árbol se colocaron 50 frutos verdes sanos y pintados, para cuantificar aquellos que eran infestados por la broca.

El número de frutos brocados por árbol mostró una relación lineal directa con la temperatura e inversa con la altitud, en los tres periodos climáticos abarcados, siendo mayor durante El Niño. La evaluación del total acumulado de frutos brocados por árbol mostró que un solo fruto brocado caído en el suelo infestó 150 frutos en el árbol durante La Niña, 590 en un periodo Neutro y 959 en El Niño, en la localidad a 1.218 m; mientras que en la localidad a 1.700 m fue de 16, 23 y 29,3 frutos, respectivamente. En cuanto al porcentaje de infestación en el árbol a partir de los frutos brocados colocados en el suelo, un solo fruto brocado en el suelo incrementó el porcentaje de infestación en el árbol hasta 41%, 37%, 16,2% y 4,6% a 1.218

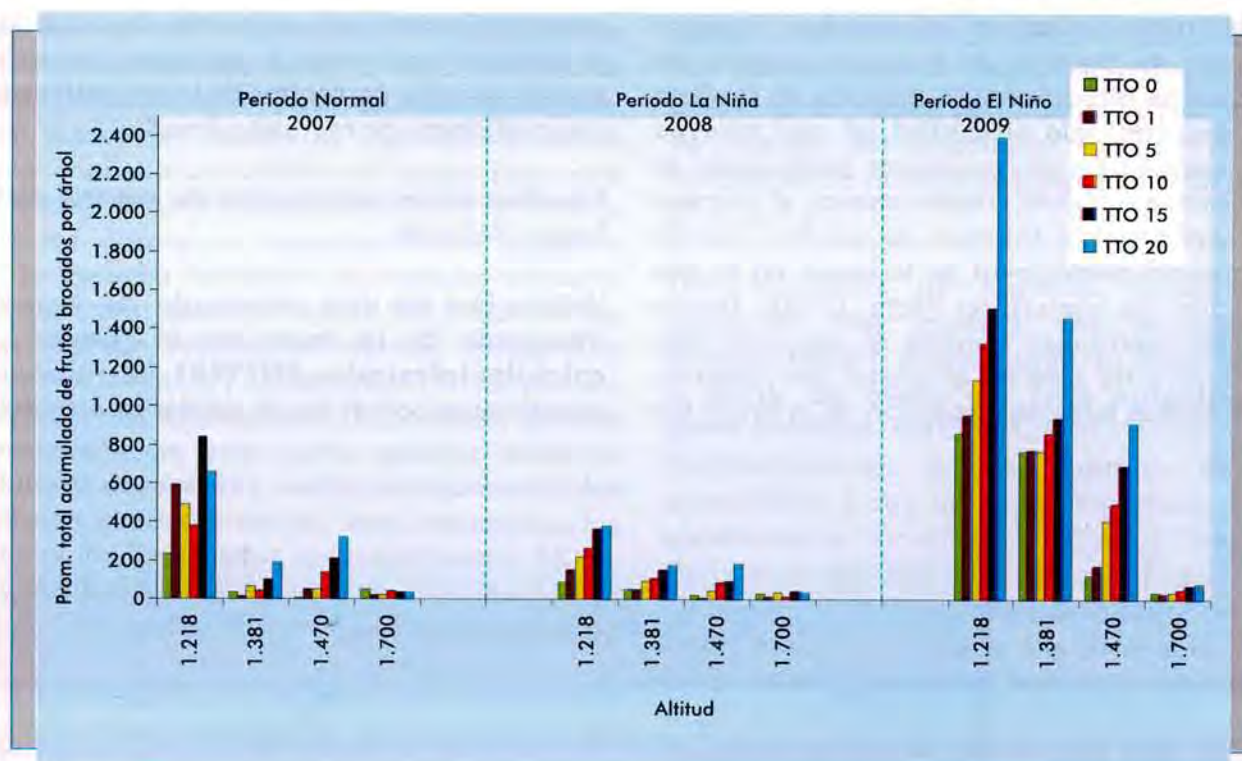
m, 1.381 m, 1.470 m, y 1.700 m durante un periodo Neutro, y hasta 60,6%, 46,9%, 41,3% y 8,3% durante un periodo El Niño. De los frutos sanos colocados en el suelo, se infestaron hasta un 82%, 42%, 24% y 5,6% a 1.218 m, 1.381 m, 1.470 m y 1.700 m durante un periodo El Niño y hasta un 27%, 29%, 27% y 5,2% durante un periodo La Niña, permaneciendo la broca viva durante 130 días, es decir, que durante periodos secos la actividad de los adultos de la broca fue mayor, en comparación con un periodo lluvioso.

El promedio total de estados biológicos contabilizados en estos frutos sanos pintados colocados en el suelo para la localidad de Paraguaicito fue de 36,3 estados biológicos en un fruto en el tratamiento 20, en contraste con la localidad de Santa Cruz, donde el promedio de estados biológicos fue de 4,3. Estos resultados demuestran que los frutos sanos caídos en el suelo también pueden ser colonizados por la broca y sirven de reservorio para el desarrollo de estados biológicos del insecto. Se evaluó el porcentaje de adultos de broca que volaron de los frutos del suelo y que fueron atrapadas en las trampas pegajosas, donde se registraron 99,4%, 48,6%, 40,8%, y 13,1% de emergencia de adultos a 1.218 m, 1.381 m, 1.470 m y 1.700 m en tiempos secos y solo 22,3%, 5,7%, 19,5% y 2% en tiempos lluviosos, lo que sugiere que puede ocurrir mayor descomposición de frutos cuando hay mayor humedad en el suelo, lo cual ocasiona mayor mortalidad de broca, se produce menor cantidad de adultos y, por ende, menor infestación en el árbol. Los resultados de este experimento muestran que durante periodos secos y con temperaturas medias superiores a 21°C, el desarrollo de la broca fue mayor y más rápido, en comparación con temperaturas más bajas, donde el desarrollo del insecto fue menor y más lento (Figura 48).

#### **Evaluación de la dinámica poblacional de la broca del café en el campo. ENT1417.**

Para entender la dispersión natural de la broca del café y conocer la dinámica de la población a través del tiempo y en el espacio, se evaluaron tres factores: la dinámica de dispersión, la dinámica de densidad entendido como la concentración de los individuos de una población en el área





■ **Figura 48.** Promedio total acumulado de frutos brocados por árbol durante tres ciclos productivos en cuatro localidades con relación al número de frutos brocados colocados en el plato del árbol. El testigo fue un árbol a libre exposición sin frutos brocados.

y la dinámica de crecimiento poblacional en el tiempo. Para esto se seleccionaron dos lotes de café var. Castillo con 7.000 árboles cada uno en dos sistemas de producción: a libre exposición solar y bajo sombra en producción orgánica, en la Estación Central Naranjal de Cenicafé. La dinámica poblacional de la broca se ha evaluado durante dos ciclos productivos a partir de la aparición de los primeros frutos en la primera cosecha de 2009. Mensualmente se elaboraron mapas a partir de censos de incidencia (presencia/ausencia) en los árboles de café. Los resultados mostraron que el insecto colonizó primero los bordes de los lotes y luego se dispersó de manera agregada formando focos durante los primeros seis meses, tiempo después del cual invadió más del 75% de los árboles en una distribución aleatoria. Con relación a la dinámica de densidad de broca en frutos de ramas productivas y en frutos caídos al suelo, se contabilizaron los estados biológicos vivos de broca mensualmente en los frutos de los árboles y en aquellos caídos al suelo. En

el lote a libre exposición solar, se registró un promedio de 15 brocas por árbol en el primer mes cuando los primeros frutos de café fueron aptos para ser atacados por la broca; el mayor incremento de broca en los frutos del árbol se presentó durante la época de cosecha principal en el mes de noviembre cuando aumentó hasta 464 individuos en promedio por árbol durante el primer ciclo productivo y con 1.326 individuos en el mes de marzo durante la cosecha de travesía del segundo ciclo productivo. En el lote con sombrío se obtuvo un incremento de 17 brocas a 405 en promedio por árbol entre el mes de febrero y noviembre del primer ciclo productivo, y 2.674 individuos en el mes de marzo del segundo ciclo productivo (Figura 49). El número de estados de broca vivos del suelo estuvo relacionado con el porcentaje de infestación en el árbol y las épocas de cosecha, siendo mayor en el mes de febrero con 96 individuos por árbol en el lote con sombrío y de 47 en el lote a libre exposición (Figura 50). Los resultados muestran una dinámica mayor



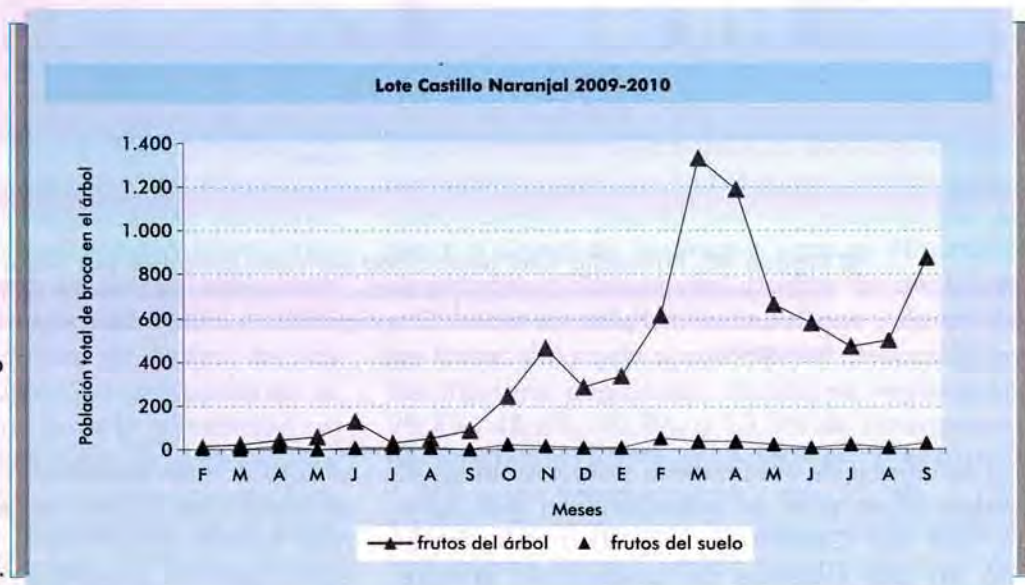
de la broca en el cafetal bajo sombra. El mayor número de capturas de broca en trampas de alcohol se dio durante la cosecha de travesa del segundo ciclo productivo, el cual muestra una relación con el crecimiento poblacional de la broca en el lote, siendo mayor el número de capturas con trampas de alcohol cuando el número poblacional de la broca en el lote fue alto. Se capturaron hasta 25.000 brocas adultas mensuales durante el segundo ciclo productivo de café en el cafetal con sombrío. Para ambos lotes, la dispersión de la broca fue

agregada a partir del sexto mes, de acuerdo a la relación lineal entre la varianza y la media, para la variable porcentaje de frutos perforados y el coeficiente de regresión lineal.

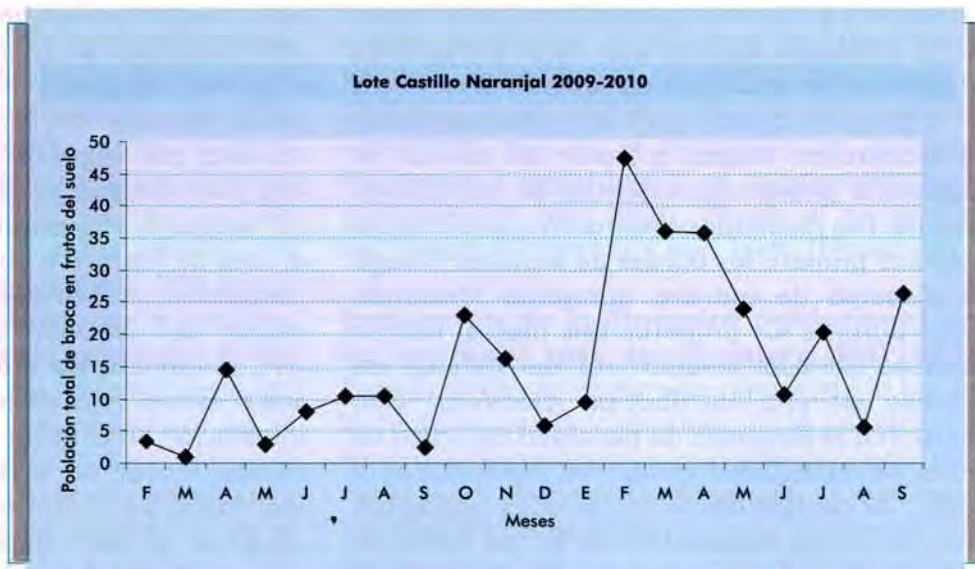
### Estudios sobre estrategias de control de la broca del café

**Validación de una estrategia de manejo integrado de la broca en el zoqueo de cafetales infestados. ENT2201.** Se realizó este experimento con el fin de validar la estrategia

■ **Figura 49.** Promedio de la población total de broca en frutos del árbol, en el lote a libre exposición, durante dos ciclos productivos (hasta septiembre de 2010).



■ **Figura 50.** Población total de broca en frutos del suelo en el lote a libre exposición, durante dos ciclos productivos (hasta septiembre de 2010).





de manejo de broca durante el zoqueo de cafetales infestados en el campo. Para esto se seleccionaron ocho parcelas experimentales; en cuatro se realizó el manejo de broca que consistió en aplicar el hongo *Beauveria bassiana* al suelo antes de eliminar las ramas de los árboles e inmediatamente posterior a la cosecha sanitaria. La cosecha sanitaria consistió en cosechar todos los frutos de los árboles con recolección manual asistida con guantes de cuero y se capturaron en recipientes recolectores tradicionales. El producto de esta recolección se trató como cosecha sanitaria. Durante dos meses y medio, se dejaron árboles trampa alrededor de los lotes zoqueados, los cuales se cosecharon quincenalmente. En las cuatro parcelas restantes no se hizo manejo de broca. Se evaluó la cantidad de broca dejada en el suelo posterior al establecimiento de los tratamientos, y se logró una disminución de alrededor de 80% de la broca dejada en el suelo cuando se realizó cosecha sanitaria (Tabla 21), este porcentaje representó más de 7 millones de brocas. Retirar el 80% de la broca no fue suficiente para disminuir la cantidad de adultos de broca que volaron en las parcelas correspondientes al tratamiento con control, la disminución de brocas capturadas en dispositivos pegajosos no superó el 40% con respecto al testigo y las capturas en trampas atrayentes con alcoholes fue superior en el tratamiento con control. Se evidencia que la cantidad de broca que circula por los cafetales podría representar alrededor de 20 millones, para un período de 27 semanas, y que se subvalora el efecto que tiene esta dispersión de broca en las infestaciones futuras en la zona

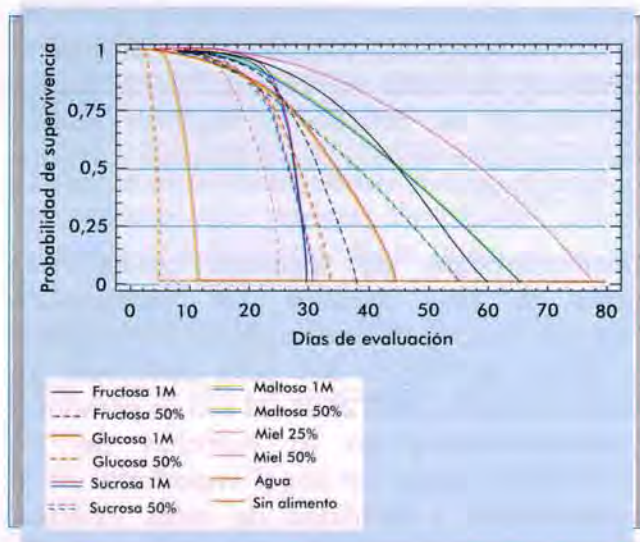
cafetera colombiana. Se recomienda continuar con investigaciones tendientes a conocer la dinámica de vuelo de la broca en la época de zoqueo de cafetales y explorar nuevas estrategias de manejo de poblaciones de broca en el campo.

**Determinación de algunas condiciones para la cría masiva del parasitoide *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyliidae) a partir de broca del café obtenida en dieta artificial. ENT2501.** El uso de alimentos complementarios en la nutrición de los parasitoides juega un papel importante en la supervivencia y fertilidad de estos insectos. Por esta razón fue evaluado el efecto de la alimentación del parasitoide de la broca del café *Prorops nasuta*, utilizando diferentes soluciones de azúcares y proteínas. Se evaluó el efecto de la alimentación diaria de cinco azúcares en dos concentraciones: Fructuosa 1M y 50%, glucosa 1M y 50%, sucrosa 1M y 50%, maltosa 1M y 50%, y miel de abejas 25% y 50%, más un testigo con agua. Las mayores supervivencias se obtuvieron cuando el parasitoide fue alimentado con miel de abejas al 25%, fructosa 1M y maltosa 1M, logrando una supervivencia entre 34 y 60 días, en el 75% de la población de avispas (Figura 51). Con la fructosa 1M y la maltosa 1M fue posible obtener 3,15 y 3,04 estados del parasitoide, respectivamente, que fueron estadísticamente diferentes al testigo con agua (1,67 estados). También fue evaluado el efecto de la alimentación de *P. nasuta* utilizando diez soluciones de proteínas, así: Levadura torula 25% y 12,2%, caseína 25% y 12,2%, harina

■ **Tabla 21.** Total de frutos (TF) y frutos brocados (FB) por tratamiento antes y después de establecido el manejo integrado de la broca.

Momento	Tratamiento	Frecuencia	Total de frutos	E.E.	Frutos brocados	E.E.
Antes	Control	4	24.523	4.4547	15.1075	2.11874
Antes	Testigo	4	22.092	3.1031	13.9971	0.82325
Después	Control	4	24.465	3.0240	12.9350	1.55296
Después	Testigo	4	214.653	21.1858	85.8225	7.31269





■ **Figura 51.** Curvas de supervivencia de *Prorops nasuta* alimentadas con soluciones azucaradas.

de soya 25% y 12,2%, germen de trigo 25% y 12,25% y polen de abejas 25% y 12,25%. El mayor tiempo de vida de *P. nasuta* se obtuvo al alimentarlas con harina de soya 12,2% y germen de trigo 25%, donde se alcanzaron entre 12 y 17 días de supervivencia correspondientes al 75% y 50% de la población, respectivamente. La fertilidad del *P. nasuta* no fue influenciada con la alimentación con las soluciones con proteínas, debido a que el número de estados biológicos del parasitoide fue igual al obtenido cuando fue alimentado únicamente con agua o sin alimento. Las soluciones azucaradas pueden utilizarse para aumentar la supervivencia y fertilidad de la avispa en las crías masivas de *P. nasuta*, cuando exista carencia de estados biológicos de la broca del café o para potenciar la reproducción del parasitoide. La maltosa y fructosa deben tenerse en cuenta en la selección de arvenses que ofrezcan nectarios con presencia de estos azúcares en programas de conservación del parasitoide *P. nasuta*.

También se evaluó el efecto de diferentes anticontaminantes en la dieta Cenibroca de Portilla y Street (2006), se comprobó que adicionando aproximadamente cuatro veces la cantidad de formol indicada en la receta original, es posible obtener un 3,33% de contaminación por *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.* y un número

promedio de 57,77 estados biológicos de broca por 3 cc de dieta, parámetros que son suficientes para establecer una cría masiva de broca.

**Evaluación de CapsiAlil® y EcoFit B® en el control de la broca del café. ENT2402.** En la búsqueda de alternativas ambientalmente viables para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei*, se evaluó el efecto antibiosis de dos productos botánicos comerciales, CapsiAlil® y EcoFit B®, a seis concentraciones, las cuales se compararon con un testigo absoluto (agua). El producto CapsiAlil® en todas las concentraciones evaluadas (1%, 30%, 50%, 80% y 100%) causó una disminución significativa en el número de posturas hasta del 60,2%, cuando se evaluó bajo un diseño experimental completamente aleatorio. Los resultados obtenidos para el producto EcoFit B® no fueron tan promisorios a pesar de que se evidenció actividad a partir de una concentración del 50%, causando disminuciones hasta del 37,3% en la oviposición de la broca.

**Evaluación de un insecticida de origen botánico para el control de la broca del café. ENT1619.** Con el fin de evaluar nuevos productos botánicos de bajo impacto ambiental que se puedan incluir en un programa de manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei*, se evaluaron los efectos de repelencia, antibiosis y antixenosis de los extractos de tres plantas (P1, P2, P3), a tres concentraciones (100%, 50%, 1%), y una solución botánica, conformada por la mezcla de los tres extractos; por cada evaluación, se tuvo un testigo absoluto (agua destilada). En el laboratorio no hubo efecto de antibiosis de los extractos ni de las concentraciones evaluadas, lo cual se demostró al no causar disminuciones en el número de posturas y de perforaciones. Los resultados en la evaluación del efecto de antixenosis por protección mostraron efecto de tratamiento para el extracto P3, debido a que causó una disminución en el número de posturas hasta del 28,2%. La mezcla de los tres extractos, la cual conforma el producto botánico, presentó efecto de antixenosis, al causar una disminución en la oviposición del 31,24%, cuando se evaluó



a una concentración del 100% bajo un diseño experimental conmutativo. La evaluación del efecto de repelencia de la solución botánica al 100% mostró efecto de tratamiento y ocasionó una emergencia del 70,82%, cuando se evaluó bajo un diseño experimental conmutativo en el campo. El extracto P2 al 50% y 100% y la solución botánica al 40%, también mostraron efecto de repelencia, ya que provocaron una emergencia del 49,86%, 56,26% y 21,73%, respectivamente, cuando se evaluaron bajo un diseño completamente aleatorio. Los resultados sugieren que la solución botánica pura y el extracto P2 tuvieron un efecto de repelencia hacia la broca del café.

**Evaluación de los Tubos Mata Broca (TMB®) para el manejo de poblaciones de broca del café en Colombia. ENT2301.** Industrias PLATO ha desarrollado unos dispositivos para atraer y matar adultos de broca que vuelan en los cafetales, para esto Cenicafé está determinando la duración de la acción insecticida de los Tubos Mata Broca (TMB®) mediante contacto forzado en el campo y realizando evaluaciones para establecer la disminución de los estados biológicos de broca del café en el campo ocasionados por el uso de los TMB®. De acuerdo con esto, en la primera parte se encontró que el efecto insecticida de los tubos matabroca (TMB®) expuestos en el campo, causaron una mortalidad de adultos de broca entre el 95% a los 15 días de evaluación, hasta el 21% a los 120 días. Estos resultados pueden estar influenciados por el incremento en las precipitaciones para el período de esta evaluación. Por otra parte, los promedios de estados biológicos de broca y sus respectivos intervalos de confianza reflejan la protección ejercida por los TMB® sobre los frutos en formación, ya que se observan diferencias significativas a favor del tratamiento con TMB® para dos de los sitios de muestreo. Esta información es preliminar ya que el proyecto está en 40% de su ejecución planificada.

**Estudios preliminares sobre insecticidas químicos en el control de la broca del café**

**Evaluación del efecto del insecticida clorpirifos sobre el hongo *Beauveria bassiana*.** Los

caficultores frecuentemente preguntan si es posible aplicar control químico junto con el control biológico, con el propósito de determinar si el insecticida Clorpirifos en mezcla con el hongo *Beauveria bassiana* afecta la germinación de las esporas del hongo o el proceso de infección de la broca del café, por tal razón se evaluó el efecto de los siguientes tratamientos sobre la broca: mezcla de clorpirifos 6 cc/L y cepa Bb9205  $2 \times 10^{10}$  esporas/L, mezcla de clorpirifos 6 cc/L y Brocaril  $2 \times 10^{10}$  esporas/L, *Beauveria bassiana* cepa Bb9205, formulación comercial Brocaril a una concentración de  $2 \times 10^{10}$  esporas/L y clorpirifos a una concentración de 6 cc/L, se usó agua como testigo. Todas las soluciones se dejaron en reposo por 1 hora, con el fin de que las esporas estuvieran en contacto con la solución de insecticida de la misma forma que ocurriría en el campo, dentro del tanque de una aspersora; posteriormente, la solución se asperjó sobre brocas adultas recién emergidas empleando una Torre de Potter. Otra parte de esta solución se empleó para hacer una prueba de virulencia por inmersión sobre la broca. En la solución de la mezcla del insecticida con los hongos no se observó disminución de la germinación de las esporas del hongo al ser comparada con la solución sin insecticida. Todos los tratamientos que contenían el insecticida causaron 100% de mortalidad sobre las brocas, en un tiempo máximo de 20 min. luego de haber realizado la aplicación en Torre Potter o la inmersión en la solución. El hongo *B. bassiana*, tanto en la cepa Bb9205 como en la formulación comercial Brocaril®, causó un 100% de mortalidad sobre la broca del café al quinto día de evaluación en los dos métodos de aspersión evaluados. El insecticida en mezcla fue compatible con el hongo *B. bassiana* ya que no afectó la viabilidad del hongo. Sin embargo, esta mezcla no está recomendada, dado que los tratamientos aplicados de manera independiente muestran los mismos resultados que cuando son utilizados en mezcla.

**Evaluación del efecto del pH sobre la acción insecticida del Lorsban 4EC en el control de la broca del café.** Con el objeto de esclarecer aspectos relacionados con el efecto del pH del agua usada en la preparación del Lorsban 4 EC en el control de la broca del café, se evaluaron



mezclas conteniendo agua con tres valores de pH: 4,5; 7,0 y 8,5; y se evaluó la mortalidad de la broca en dos tiempos de aplicación después de preparada la mezcla (6 y 24 horas) con un testigo (agua) para cada tiempo. La unidad de trabajo fue una caja de Petri plástica de 94 x 16 mm con diez brocas adultas, se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio, con siete tratamientos y diez repeticiones, para un total de 70 unidades experimentales. El experimento se realizó en el laboratorio, el pH del agua se ajustó partiendo de agua destilada (pH= 7,0), se acidificó con ácido cítrico hasta llegar a 4,5, así mismo, con carbonato de calcio se ajustó a un pH de 8,5; una vez se obtuvieron los pH deseados, se preparó la mezcla insecticida con Lorsban 4 EC a una concentración de 4 cc/L. Los tratamientos se aplicaron a las brocas utilizando una Torre de Potter, la cual se trabajó con una presión de salida de 15 P.S.I. La aspersión se efectuó colocando los diez individuos en la base de una caja de Petri y se les aplicaron 2 ml de la mezcla insecticida, posteriormente, las brocas se depositaron en cajas de Petri limpias. Las evaluaciones de la mortalidad se realizaron a las 24 horas de la aplicación, se registró el número de brocas de la unidad de trabajo y el número de brocas muertas. Los resultados mostraron diferencias estadísticas entre los diferentes pH con respecto al testigo, pero no entre los pH, en cada tiempo de evaluación. Estos resultados permiten concluir que para trabajos en el laboratorio, el uso de agua con un pH de hasta 8,5 no afecta el control del Lorsban 4 EC sobre la broca del café, del mismo modo, para este tipo de estudios es viable el uso de la concentración de 4 cc/L.

**Evaluación del efecto insecticida sobre la broca del café, de diferentes clorpirifos formulados como concentrados emulsionables.** Con el fin de confirmar la eficacia de diferentes formulaciones de insecticidas cuyo ingrediente activo es el clorpirifos en concentración emulsionable, se evaluaron dos productos comerciales, Pyrinex y Helmosfos, y dos concentraciones (6 y 4 cc/L), los cuales fueron comparados con un testigo absoluto (agua) y un testigo relativo, Lorsban 4 EC. Se definió como unidad de trabajo una caja de Petri plástica de 94 x 16 mm,

con diez brocas adultas, se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio, con un total de ocho tratamientos y diez repeticiones. El experimento se realizó en el laboratorio usando agua destilada con pH de 4,5. La mezcla insecticida se aplicó a las 24 horas de preparada. Los tratamientos se aplicaron a las brocas utilizando una Torre de Potter a una presión de salida de 15 P.S.I. La aspersión se efectuó colocando los diez individuos en la base de una caja de Petri y se les asperjaron 2 ml de la mezcla insecticida, posteriormente las brocas se depositaron en cajas de Petri limpias. Las evaluaciones de la mortalidad se realizaron a las 24 horas de la aplicación, registrando el número de brocas de la unidad experimental y el número de brocas muertas. Los resultados mostraron una mortalidad del 100% para los tres productos de clorpirifos evaluados, en las dos concentraciones. Se observaron diferencias estadísticas de todos los tratamientos con respecto al testigo absoluto.

#### **Evaluación del efecto de insecticidas piretroides y su uso en mezcla con clorpirifos, sobre la mortalidad de la broca del café.**

Dado que ha sido común encontrar caficultores asperjando en el campo insecticidas piretroides, no recomendados para el control de la broca, mezclados con organofosforados usados en el manejo integrado del insecto, en el laboratorio se estableció la eficacia de insecticidas piretroides en mezcla con clorpirifos para el control de la broca. Se evaluaron, solos y en mezcla, tres piretroides: cypermctrina (Nurelle 250 EC), alfa-cypermctrina (Mageos 150 WG), zeta-cypermctrina (Fury) y un clorpirifos (Lorsban 4 EC) a una concentración de 2 cc/L, 0,25 g/L, 0,3 cc/L y 4 cc/L, respectivamente, se utilizó un testigo absoluto (solo agua), y un testigo relativo, Lorsban 4 EC, a una concentración de 6 cc/L. Se definió como unidad experimental una caja de Petri plástica de 94 x 16 mm con diez brocas adultas, se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio, con un total de nueve tratamientos y ocho repeticiones. El estudio se realizó en el laboratorio y se utilizó agua de acueducto con un pH de 7,0. Los tratamientos se aplicaron a las brocas utilizando una Torre de Potter, la cual se trabajó con una presión de salida de 15 P.S.I. La aspersión se



efectuó colocando los diez individuos en la base de una caja de Petri y se les aplicaron 2 ml de la mezcla insecticida, después las brocas se dispusieron en cajas de Petri limpias. Las evaluaciones de la mortalidad se realizaron a las 24 horas de la aplicación y se registró el número de brocas de la unidad experimental y el número de brocas muertas. Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos que incluían clorpirifos, con mortalidades superiores al 97%, mientras que al usar solo piretroides se obtuvieron controles estadísticamente inferiores a los registrados con el clorpirifos; de igual modo, se presentaron diferencias significativas entre los tres piretroides, la mortalidad obtenida con la alfa-cypermctrina (76,1%) fue estadísticamente superior a las encontradas con la cypermctrina (50,1%) y la zeta-cypermctrina (61,4%). La mortalidad hallada en el testigo absoluto fue estadísticamente inferior a la que se obtuvo con los diferentes insecticidas, por lo tanto, se puede concluir que, bajo las condiciones de este ensayo, el uso de piretroides no mejoró la eficacia del control de la broca del café. No se recomiendan, bajo ninguna circunstancia, el uso de insecticidas piretroides en el control de plagas en café, dado que su impacto en los enemigos naturales y la fauna benéfica repercute en la aparición de plagas secundarias.

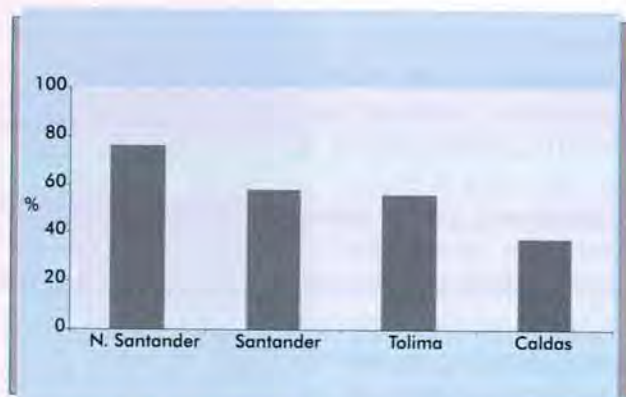
## Otras plagas del café

**Identificación de especies de cochinillas harinosas de la raíz en árboles de café en los departamentos cafeteros de Colombia. ENT1916.** En el diagnóstico nacional de cochinillas harinosas de la raíz en árboles de café, los resultados obtenidos del muestreo realizado en cuatro departamentos en plantaciones con presencia de la plaga, indican que los porcentajes de árboles con cochinillas harinosas se encuentran en el 76% en Norte de Santander, 58% en Santander, 56% en Tolima y 38% en Caldas (Figura 52). Predomina el género *Puto* en el 69% de los casos, seguido de *Geococcus* con 9%, *Neochavesia* 8%, *Dysmicoccus* y *Rhizoecus* con el 5% respectivamente, y *Pseudococcus* 4%.

Se identificaron las siguientes especies: *P. barberi* (Cockerell); *G. coffeae* Green; *N. Caldasiae* (Balachowsky), *N. eversi* (Beardsley), *D. brevipes* (Cockerell), *D. neobrevipes* (Beardsley), *D. texensis* (Tinsley), *R. americanus* (Hambleton), *R. andensis* (Hambleton) y *P. jackbeardsley* Gimpel & Millar.

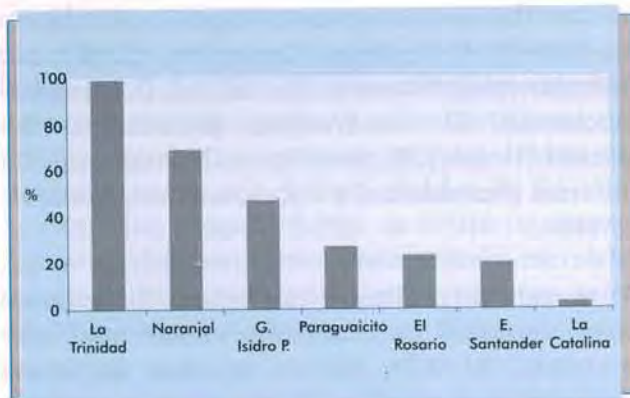
El muestreo realizado en siete Estaciones Experimentales de Cenicafé indica que, en promedio, el 42% de las plantas en lotes afectados presentaban la plaga al momento del muestreo (Figura 53). Igualmente y en el muestreo realizado en fincas de los jóvenes caficultores, correspondientes a siete UCAEs (Unidades cafeteras empresariales), se registró la presencia de la plaga en el 54% de las plantas en los cafetales afectados muestreados (Figura 54). Se presentó con mayor prevalencia la especie *Puto barberi*, lo que sugiere que esta especie es la que posiblemente ocasione los mayores daños en el sistema de raíces de los cafetos.

En varias partes del país, se evidenció la asociación de cochinillas harinosas de la raíz con el hongo *Ceratocystis fimbriata*, agente causal de la llaga macana. Al tener este insecto un aparato bucal picador chupador, puede ocasionar heridas en las raíces y permitir la entrada de patógenos del suelo, como *C. fimbriata*. Este hallazgo dificulta el diagnóstico y manejo acertado del problema fitosanitario (Figura 55).

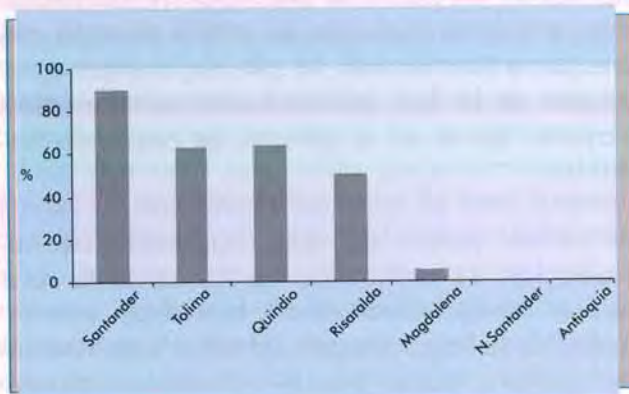


■ **Figura 52.** Porcentaje de árboles con presencia de cochinillas harinosas de la raíz en cuatro departamentos cafeteros de Colombia.





■ **Figura 53.** Porcentaje de árboles con presencia de cochinillas harinosas de la raíz en siete Estaciones Experimentales de Cenicafé.



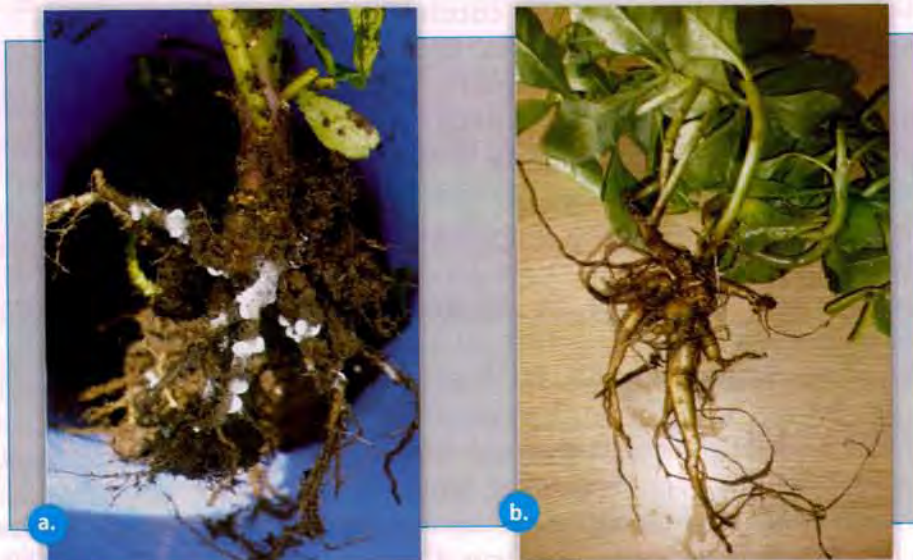
■ **Figura 54.** Porcentaje de árboles con presencia de cochinillas harinosas de la raíz en siete UCAEs.

**Evaluación de insecticidas para el manejo de la cochinilla harinosa de la raíz *Puto* sp. (Hemiptera: Putoidae) y *Neochavesia* sp. (Hemiptera: Pseudococcidae) en almácigos de café. ENT2701.** Se cuenta con el pie de cría de *Puto barberi* y se advierten limitaciones para el establecimiento de una cría de *Neochavesia* sp. Igualmente, se determinó una dieta que garantiza la supervivencia de *P. barberi* en el laboratorio, la cual consiste en raíces de la arvense *Talinum paniculatum* (L.) Gaerth (Figura 56), llamada cuero de sapo. Es de anotar que esta arvense predomina en la zona cafetera y es hospedante de varios géneros de cochinillas harinosas y garantiza la supervivencia de



■ **Figura 55.** Árbol de café de 1,5 años con presencia de cochinillas harinosas del género *Puto* sp. y el hongo *Ceratocystis fimbriata*.

■ **Figura 56.** a. Planta de *T. paniculatum*. b. Presencia de *P. barberi* en la planta en el campo.

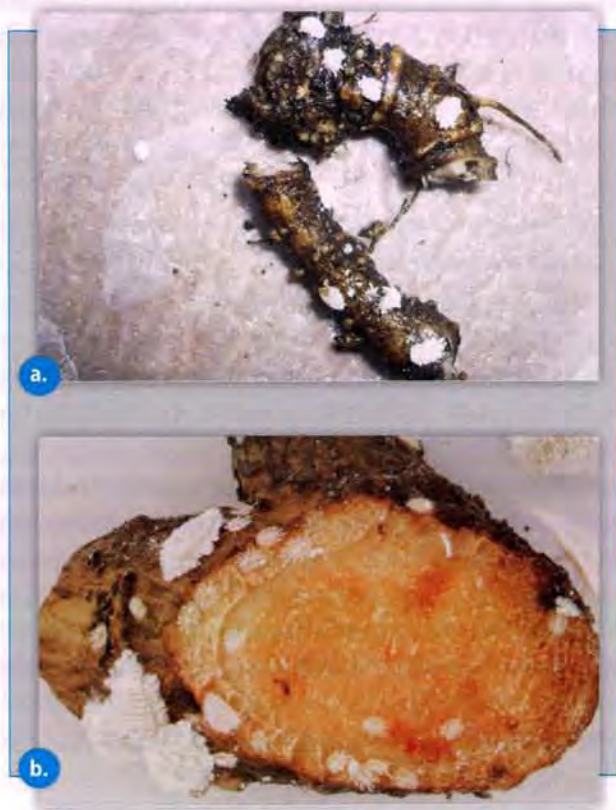




*P. barberi* por más de 12 días en el laboratorio, con la ventaja, que no se deshidrata, no se oxida y no le dan hongos (Figura 57).

Teniendo en cuenta que el establecimiento del pie de cría y las dietas utilizadas para *Neochavesia* sp. no lograron la supervivencia de la cochinilla y que en el campo no se ha observado ninguna planta de café con una población tan alta de la cochinilla que logre matar el árbol, ni se han logrado observar los daños que ocasiona, se plantea el interrogante de si esta cochinilla realmente se puede considerar como una plaga de importancia económica en el cultivo del café. Por lo tanto, se hace necesario establecer el potencial de este insecto como plaga del café.

**Evaluación de prácticas de manejo de la chinche de la chamusquina del café, *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa,**



■ **Figura 57.** Cría artificial de *P. barberi* en raíces de *T. paniculatum*. **a.** A los 0 días. **b.** A los 10 días.

**1988 (Hemiptera: Miridae). ENT2707.** La Chinche de la chamusquina del café *M. velezangeli* ha sido reportada hasta la fecha, atacando cultivos de café en los departamentos de Huila, Valle del Cauca y Nariño. En el Avance Técnico No. 367 de 2007, se propusieron varias alternativas de control de este insecto, las cuales están siendo evaluadas en parcelas demostrativas. Se está evaluando el efecto del control cultural, control químico y control con *B. bassiana*, para lo cual se tiene un testigo sin control. Los resultados obtenidos después de 600 días de evaluaciones, permitieron mostrar una disminución de la presencia del insecto en el campo a partir del día 150 en todas las parcelas, excepto con el uso de *B. bassiana*. Esta situación se ha sostenido a través del tiempo; sin embargo, el uso de *B. bassiana*, a partir del día 360, presenta un comportamiento igual a las demás parcelas. Solo en el día 600, los lotes de control cultural y el testigo presentan disminución al 88% con relación al comportamiento exhibido en los días anteriores. Los resultados permiten concluir que este insecto ocasiona daños severos aun cuando se presentan en bajas cantidades, el manejo es posible si se aplica cualquiera de las estrategias recomendadas, y el impacto del manejo se puede observar en los cafetales adyacentes, ya que se frena la dispersión de los adultos de la plaga.

**Estudio morfométrico de la chinche de la chamusquina del café. ENT2708.** El agente causal de la chamusquina del café, la chinche *Monalonion velezangeli*, ha sido reportada atacando plantas de café, guayaba, cacao, té y aguacate. Para determinar diferencias morfológicas y genéticas entre insectos de *M. velezangeli*, se recolectaron muestras en cinco departamentos: Caldas, Huila, Risaralda, Antioquia y Valle del Cauca, a partir de todas sus plantas hospedantes antes mencionadas. Se realizaron análisis moleculares mediante la extracción de ADN genómico y la obtención de perfiles genéticos mediante la técnica AFLP. Como población fuera de grupo se usaron insectos de *M. dissimulatum* recolectados en cacao. Los perfiles de AFLP permitieron identificar, de forma preliminar, similitudes entre las muestras de café, guayaba y aguacate en el Valle del Cauca,



así como en las muestras de café y guayaba en el Huila. Las evaluaciones morfológicas muestran preliminarmente mayor tamaño de las hembras con respecto a los machos en el largo y ancho del cuerpo y los antenómeros I y III, para poblaciones recolectadas en aguacate; el resto de las mediciones están en proceso.

**Evaluación de hongos entomopatógenos para el control de la chinche de la chamusquina del café. ENT2709.** Hasta la fecha, se desconoce el ciclo de vida de *Monalonion velezangeli*, con el fin de mantener una colonia de insectos en confinamiento, lo cual es indispensable para adelantar bioensayos en el laboratorio. Los caficultores afectados por este problema han expresado su preocupación para el manejo de esta plaga y su necesidad de contar con una alternativa de control biológico. Inicialmente, se está buscando establecer una cría en el laboratorio, sin embargo, los niveles de mortalidad de los diferentes estados provenientes de campo, la dificultad de mantener hospedantes de la plaga a través del tiempo de duración del insecto y el desconocimiento del comportamiento de alimentación y apareamientos de esta especie, han dificultado el establecimiento de esta cría. Por esta razón, se procedió a realizar un estudio etológico mediante observaciones directas en el campo, cada dos horas y durante dos días, del insecto alimentándose de cultivos de café y té. Estas observaciones han mostrado que el cultivo de té ha permitido el desarrollo del insecto, que las ninfas se alimentan durante el 80% del día y los adultos en el 40%. Durante las 10 y 14 horas, los adultos permanecen en posición de descanso, y la cópula se observó durante las 16 y 24 horas. El desarrollo del insecto en café fue escaso, a pesar que hubo cópulas, la mayor parte del tiempo los insectos no se alimentaron, y permanecieron en descanso. Se continúan las evaluaciones sobre aguacate y cacao con el fin de determinar el hospedante adecuado y las condiciones que garanticen la cría en el laboratorio. Se realizó un ensayo preliminar con el fin de determinar la duración de las ninfas de este insecto, para establecer el tiempo de evaluación durante el bioensayo con los hongos entomopatógenos. Se evaluó la

supervivencia a través del tiempo de las ninfas de *M. velezangeli* sometidas a inmersiones de agua+tween, para lo cual se tuvo un testigo absoluto. La duración de los estados fue superior a 20 días y hubo una mortalidad entre 20%-25%. Se advierte que la manipulación de los estados es la causa de las mortalidades de éstos.

**Ciclo de vida de la chinche de la chamusquina del café. ENT1917.** Con el objetivo de avanzar en el conocimiento de la biología y hábitos de *Monalonion velezangeli*, se realizó la descripción de sus estados de desarrollo, determinando la duración de éstos en plantas de cacao y café. Este estudio se estableció en un cuarto climatizado (HR: 70 +/- 10%, T: 19°C +/- 2, Fotoperíodo: 12:12). Este bioensayo se realizó a partir de 25 unidades experimentales; conformadas cada una, por tres mazorcas de cacao y una pareja de adultos de la chinche, recién emergidos en una jaula entomológica. La duración de los huevos, ninfas y adultos fue de 15,23±0,20, 23,26±0,36 y 22,91±1,96 días, respectivamente, con una viabilidad de huevo-ninfa del 68%. Se observaron cinco instares ninfales, con una duración de 4,5±0,13, 4,5±0,15, 4,6±0,15, 4,26±0,1 y 5,4±0,11 días, respectivamente. Los huevos fueron insertados individualmente en las mazorcas de cacao, y solo en dos ocasiones se observaron grupos de dos a cuatro huevos; las ninfas se alimentaron de las mazorcas ocasionando lesiones. Los adultos mostraron el mismo comportamiento de alimentación que las ninfas. Para el caso de café no fue posible obtener datos de biología, debido a que no hubo oviposición en ninguna de las 25 unidades experimentales establecidas, la longevidad obtenida fue 5,75±0,74 días para hembras y 4,5±0,60 días para machos. Estos resultados muestran que el insecto posiblemente se encuentra en una etapa de adaptación a café, pero por los antecedentes de ataques en café, así como de los hospedantes tan diversos que posee, se cree que podría desarrollar su potencial biótico y ocasionar mayores problemas en café.



## Estudios de biodiversidad de la zona cafetera colombiana

**Mantenimiento, recolección e identificación de artrópodos plagas y benéficos de la zona cafetera. ENT1501.** Se introdujeron 556 nuevos registros en la base de datos SPECIFY del Museo Entomológico Marcial Benavides MEMB de Cenicafé representado por muestras de artropofauna del suelo de fincas cafeteras de Cundinamarca y Santander, y a especies de Coleoptera (*Scarabaeidae* y *Cerambycidae*) e Isoptera (*Comatermes perfectus*), reportadas atacando café en diferentes regiones cafeteras del país. Se están procesando las muestras de los morfotipos de Hemiptera, Diptera, Hymenoptera y Orthopteroides, de la artropofauna del suelo de fincas de Cundinamarca y Santander. Los representantes de Chelicerata y Atelocerata, así como Collembola, Diplura e Isopoda, se preservaron en etanol al 70%. Se atendieron consultas de los caficultores, de los Comités Departamentales y del Servicio de Extensión, relacionadas con diagnósticos e identificación de plagas del cultivo del café, entre las que se destacan el nuevo registro para Colombia de la babosa *Colosius pulcher* causante del raspado y caída de los frutos de café en Neira, Caldas, un nuevo registro del taladrador de tallos de café *Poeciloxestia* sp. (Coleoptera: *Cerambycidae*) en el departamento del Tolima, termitas *Comatermes perfectus* en tallos de café en el Tolima, la presencia del perforador de las ramas del cafeto *Xylosandrus morigerus* (Coleoptera: *Scolytinae*) en Quinchía (Risaralda), en café San Bernardo, el diagnóstico del escarabajo defoliador del café *Ancistrosoma rufipes* (Coleoptera: *Melolonthidae*) en Tolima y de minador de la hoja del cafeto *Leucoptera coffeellum* (Lepidoptera: *Lyonetidae*) afectando una hectárea de café Variedad Castillo® en Roldanillo, Valle. Se adelanta un convenio con el Instituto von Humboldt, Wildlife Conservation Society y Cenicafé para la identificación de los escarabajos coprófagos del eje cafetero, que conduzca a la elaboración de una guía de campo de este grupo de insectos de gran interés científico por su gran diversidad y por la gran importancia ecológica en el reciclaje de nutrientes y su carácter bioindicador. Se actualizó el registro de la colección entomológica

ante el Instituto von Humboldt cuyo código de registro es el No. 058 y el acrónimo MEMB. Esta actualización tiene una vigencia para dos años.

**Diversidad de artropofauna, actividad microbiana y propiedades físico-químicas del suelo en fincas certificadas por el sello Rainforest Alliance y fincas no certificadas en agroecosistemas cafeteros. ENT1509.** Se estableció la abundancia, riqueza y diversidad de la artropofauna del suelo a partir de 26 fincas certificadas por el sello *Rainforest Alliance* en los departamentos de Cundinamarca y Santander, a las cuales se le asignó un par experimental como comparación, conformado por una finca no certificada y cercana, con características ecológicas similares. Se evaluaron los artrópodos presentes en muestras conformadas por 20 submuestras de hojarasca y subsuelo por hectárea de café y recuperados en sacos Winkler y se estimó la riqueza, la abundancia y el índice de diversidad de Shannon-Wiener. Se recolectaron 36.288 individuos en el estudio, pertenecientes a 1.147 morfoespecies y 28 órdenes, que representaron entre el 78% y el 92% de las especies estimadas por índices no paramétricos de riqueza (Jackknife, Media de Michaelis Menten y Chao). En cuanto a riqueza general, descriptivamente, se encontraron mayores valores en el departamento de Cundinamarca (830) con respecto a Santander (772). Estos valores fueron superiores a los reportados en otros estudios de artropofauna en café. Para los departamentos de Cundinamarca y Santander, el 69% y 73% de las fincas certificadas, respectivamente, presentaron mayores valores de riqueza que su par no certificado. El análisis descriptivo de los valores de riqueza en Cundinamarca, muestran un promedio de  $104,96 \pm 4,96$  en las fincas certificadas y  $92,58 \pm 4,29$  en las fincas no certificadas. En Santander, los resultados mostraron una tendencia similar. Las fincas certificadas presentaron un promedio de  $78,35 \pm 3,70$  y sus pares sin certificación  $70,27 \pm 3,9$ . Para ambos departamentos, no se encontraron diferencias significativas entre los tipos de fincas evaluados. En la variable abundancia, el número de individuos recolectados fue mayor en el departamento de Cundinamarca



con 20.014, frente a 16.274 en Santander. Los resultados en esta variable no permiten establecer diferencias entre los tipos de fincas. La diversidad de artrópodos expresada en el índice de Shannon-Wiener estuvo dentro de los valores de equilibrio ( $1 < H' < 5$ ), siendo ésta mayor en las fincas certificadas. No se encontraron variables fisicoquímicas del suelo que permitieran establecer diferencias entre los tipos de finca. Los resultados de este estudio indican que el tiempo de adopción de la Norma de Agricultura Sostenible (NAS) que se viene adoptando en las fincas certificadas, a pesar de mostrar tendencias descriptivas, aún no reflejan experimentalmente los beneficios biológicos esperados. El presente trabajo es pionero en el estudio de la totalidad de la artropofauna del suelo para establecer el impacto de alguna certificación y ofrece una línea base para evaluaciones futuras. Se recomienda realizar monitoreos a través de tiempo con el empleo de grupos bioindicadores de la calidad del suelo, como hormigas (Hymenoptera: Formicidae) y estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae), que permitan mediante sus variaciones en riqueza y abundancia establecer diferencias en el manejo y conservación del suelo de estos agroecosistemas.

#### **Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en fincas certificadas y no certificadas por el sello *Rainforest alliance* en regiones cafeteras de Colombia. ENT1510.**

Se evaluaron diferencias en la calidad de ecosistemas acuáticos y del agua en fincas certificadas y no certificadas por el sello *Rainforest Alliance* en municipios de los departamentos de Cundinamarca y Santander. Se seleccionaron de manera aleatoria 12 y 14 fincas cafeteras en Cundinamarca y Santander, respectivamente, con menos de tres años de certificación por *Rainforest Alliance* y se le asignó un par, que correspondió a una finca cercana en las mismas condiciones ecológicas y sin certificación, que cumplieran los siguientes criterios: presencia de un cuerpo de agua que nazca al interior de la finca y transformaciones del ecosistema que permitían fluir el agua. Se evaluaron los criterios SVAP y CIPAV, se registraron variables fisicoquímicas *in situ* en dos tiempos (cosecha y no cosecha) y en dos puntos

del cuerpo de agua (origen y final) y se realizaron recolecciones de macroinvertebrados. Se determinaron índices de calidad de agua como BMWP/Univalle y Riqueza de Ephemeroptera/Elmididae, Plecoptera y Trichoptera (EPT y ELPT) y se estimaron los intervalos de confianza, con un coeficiente de confianza del 95% y a través del estadístico de prueba *t*, con las variables cuantitativas. En total, se recolectaron 11.275 ejemplares para los dos departamentos, distribuidos en 35 órdenes, 114 familias y 362 morfoespecies. Todos los cuerpos de agua en las fincas de Cundinamarca permitieron la escorrentía o cauce, por el contrario en Santander, el 35% de las fincas certificadas y el 42% de las no certificadas presentaron cuerpos de agua con transformaciones severas. Se encontraron diferencias significativas ( $t < 0,05$ ) a favor de las fincas certificadas en cuanto a la calidad del entorno físico de los ecosistemas, evaluada con los protocolos SVAP y CIPAV, en los dos departamentos con valores SVAP de  $16,2 \pm 0,9$  y  $13,4 \pm 1,0$  para fincas CE y NC de Cundinamarca y de  $17,1 \pm 1,5$  y  $11,9 \pm 2,0$  para fincas CE y NC de Santander. Los valores CIPAV para fincas CE y NC de Cundinamarca fueron de  $8,1 \pm 0,4$  y  $6,7 \pm 0,5$  respectivamente y de  $8,5 \pm 0,7$  y de  $5,9 \pm 1,0$  para Santander. Las variables de calidad de agua con base en la comunidad de macroinvertebrados, mostraron diferencias significativas a favor de las fincas certificadas para los dos departamentos con valores de BMWP de  $106,7 \pm 9,4$  en el origen y  $67 \pm 6,4$  al final en fincas CE y de  $68,4 \pm 9,6$  en el origen y  $45,1 \pm 7,3$  en el final en fincas NC de Cundinamarca. Para Santander los valores BMWP fueron de  $53,8 \pm 6,7$  en el origen y  $65,4 \pm 10,1$  al final en fincas CE, y de  $40,2 \pm 6,9$  en el origen y  $47,6 \pm 10,7$  al final en fincas NC. Los valores del índice EPT para Cundinamarca fueron de  $6,1 \pm 0,9$  en fincas CE y de  $3,6 \pm 0,8$  en fincas NC. Igualmente para Santander el índice EPT fue de  $7,6 \pm 1,5$  en fincas CE y de  $4,9 \pm 1,1$  en las fincas NC. En cuanto a las variables fisicoquímicas estudiadas, tanto la concentración de oxígeno disuelto como la carga de contaminación orgánica DBO, mostraron diferencias significativas entre fincas certificadas y no certificadas en el departamento de Cundinamarca, con valores de  $74 \pm 3,3$  en el origen y  $80,5 \pm 3,5$  al final



en fincas CE y  $57 \pm 8,3$  en el origen y  $49,6 \pm 9,2$  al final en fincas NC, de tal manera que el promedio de contaminación orgánica fue más alto en las fincas no certificadas. En cuanto al promedio de oxígeno disuelto fue  $7,1 \pm 0,6$  en las fincas CE y de  $5,8 \pm 0,6$  en fincas NC de Cundinamarca, con valores más altos en las fincas certificadas. Así mismo, Santander arrojó valores de DBO más altos para las fincas no certificadas demostrando diferencias significativas a favor de las fincas certificadas, con valores de  $18,7 \pm 3,9$  en el origen y  $17,7 \pm 5,7$  en el final en fincas CE y  $39,9 \pm 11,3$  en el origen y  $33,3 \pm 7,8$  al final en fincas NC. Este estudio exploratorio es pionero en la generación de información que contribuye como línea base para posteriores monitoreos de calidad de ecosistemas acuáticos. Con la información obtenida se puede concluir que la Norma de Agricultura Sostenible tuvo un efecto tangible, cuantificable y positivo sobre la calidad del agua y del hábitat en los cuerpos de agua, de tal manera que su cumplimiento contribuyó con el sostenimiento de comunidades de macroinvertebrados bioindicadores.

**Recolección, identificación y preservación de cepas de microorganismos de interés en control biológico de insectos plagas y enfermedades de los cultivos en la zona cafetera colombiana. ENT1803.** Se continuó la actualización y sistematización de bases de datos de los hongos del cepario de Cenicafé, preservados en glicerol y nitrógeno líquido. Todos los aislamientos de una misma cepa fueron almacenados tanto en glicerol al 20% a  $-20^{\circ}\text{C}$  como en nitrógeno líquido y fueron puestos juntos en cajas codificadas. Con el fin de conocer la viabilidad de estas cepas preservadas y determinar los métodos adecuados de preservación más conveniente, se realizaron nuevas siembras de estos aislamientos a partir de la última fecha de preservaciones de cada aislamiento en cada método, estas fechas variaban desde el 2007

hasta 2009. Los hongos que fueron viables y mostraban un porcentaje de germinación superior al 70% fueron preservados nuevamente en glicerol y nitrógeno líquido y en un nuevo método de preservación que se empezó a evaluar, el almacenamiento en aceite mineral. Hasta el momento, de las cepas evaluadas y preservadas nuevamente, se cuenta con 14 cepas de *Metarhizium anisopliae*, 61 cepas de *Beauveria bassiana* y quedan pendientes por almacenar 38 cepas, para un total de 99 cepas. Siete de *Verticillium* sp, ocho de *Lecanicillium* sp. cuatro de *Trichoderma* sp. y 12 de *Paecilomyces* y se cuenta con algunas cepas del cepario de Fitopatología. Es necesario continuar con las pruebas de viabilidad de las cepas.

**Determinación de las especies de moscas de las frutas y sus parasitoides en el cultivo del café. ENT2801.** Se están identificando las especies de moscas de las frutas y sus parasitoides asociados en tres sistemas de producción de café. Se han recolectado 20.643 especímenes del género *Anastrepha* en nueve meses de evaluación, dentro de los cuales no se ha reportado la mosca del Mediterráneo *Ceratitis capitata*. *Anastrepha fraterculus* fue la especie más frecuente con el 84% del total de las capturas, seguida de *A. obliqua* (6%), *A. striata* (4,7%) y *A. distincta* (4,3%), las otras especies capturadas son *A. grandis*, *A. mucronota*, *A. manihoti*, y *A. pallidipennis* representando el 1%. Se encontraron de 10 a 60 larvas de moscas por kilogramo de frutos de café evaluados, y la especie más encontrada fue *A. fraterculus* con un 99%. El parasitismo sobre pupas de moscas encontrado (en 41 kilogramos de café cereza) estuvo entre 10% y 38%. Los mayores parasitismos se registraron en muestras provenientes de cafetales con sombrío y fueron ocasionados por tres géneros de parasitoides de moscas de las frutas: *Doryctobracon* sp. , *Microcasis* sp. y *Utetes* sp. (Hymenoptera: Braconidae), donde el género *Doryctobracon* sp. fue el más frecuente.



# Disciplina de Fitotecnia



La Disciplina de Fitotecnia de Cenicafé centra sus investigaciones en la generación de información sobre las prácticas de cultivo más eficientes para cada una de las etapas de desarrollo del cultivo, desde el germinador hasta la renovación, que permita:

- Contribuir al conocimiento de las variables agronómicas y sus interacciones, que limitan la productividad de los sistemas de producción de café en Colombia.
- Desarrollar prácticas efectivas para la producción de los materiales de siembra más adecuados, que permitan el desarrollo óptimo del cultivo en el campo.
- Generar tecnologías que mejoren la efectividad de las prácticas de cultivo y la productividad de los sistemas de producción de café.
- Generar opciones tecnológicas para mejorar la productividad de los sistemas

de producción de cafés especiales colombianos.

- Contribuir a la caracterización y mejoramiento de los sistemas de producción de café con sombrero.
- Establecer las ventajas agroeconómicas de los sistemas de producción de café intercalado con otros cultivos.

## Proyección

Se continuarán las investigaciones vigentes sobre los diferentes aspectos del manejo de cafetales en sus diferentes etapas de desarrollo, tanto al sol como a la sombra; se avanzará con la implementación del piloto de caficultura de precisión y buenas prácticas agrícolas en agroecosistemas cafeteros del departamento del Quindío; se continuará con el análisis del efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la producción; se continuará con el análisis de la relación entre los índices hídricos y térmicos, floración del café y el llenado del fruto; igualmente, se continuará con el apoyo al proyecto de pronóstico de la cosecha mediante desarrollo de un sistema de alertas tempranas, que involucre el posible efecto en el desarrollo de la cosecha de los factores de clima, plagas y enfermedades y la fertilización.

## Resultados

Durante el periodo de este informe se realizaron actividades relacionadas con diferentes aspectos del crecimiento de la planta y manejo de cafetales, destacándose los siguientes resultados: El disturbio de la raíz bifurcada en las plántulas, como consecuencia de daño mecánico a la semilla, no afecta el desarrollo de la planta ni la producción; evaluación del comportamiento de la variedad Tabi en diferentes densidades de siembra y bajo sombra; respuesta en producción del café a plena exposición solar a la fertilización con 2,5 a 3,0 kg, de lombricompost por planta por año, fraccionando esta dosis en dos aplicaciones. Como contribución al mejoramiento y



mantenimiento de la sostenibilidad ambiental de sistemas de producción de café, se elaboró una aproximación metodológica mediante índices integrados de calidad del suelo; los resultados permitieron establecer que los 13 sistemas de producción estudiados se ubican en la categoría de sostenibles, con índices de sostenibilidad que oscilan entre 0,52 y 0,65. Se ha avanzado investigaciones sobre el efecto de los fenómenos de El Niño y La Niña en la producción específicamente, en el desarrollo de herramientas como los índices hídricos que permiten identificar zonas con mayor o menor grado de susceptibilidad al exceso hídrico ocasionado por la ocurrencia del fenómeno de La Niña, herramienta que servirá para adelantar trabajos de regionalización del impacto del fenómeno de El Niño y La Niña sobre la producción de café en Colombia.

Actualmente se avanza en entender el efecto de los excesos hídricos producto del fenómeno de La Niña sobre la floración del café, al igual que en cuantificar el efecto de los déficit hídricos ocasionados por el fenómeno de El Niño sobre el llenado del grano. Por otra parte, se entregó a los caficultores un aplicativo que le ayudará a identificar los meses críticos por exceso o por déficit de agua a partir de sus registros de precipitación, y de la información de los sistemas de producción como la edad del cafetal y el tipo de suelo.

Como soporte al modelo para la previsión semestral de la cosecha cafetera se ha considerado importante desarrollar un sistema de alertas tempranas que involucre el posible efecto en el desarrollo de la cosecha de los factores de clima, plagas y enfermedades y la fertilización. Para esta primera alerta se dividió el país en 4 grandes zonas según la latitud: 1- Zona Norte con cosecha principal en el segundo semestre (Cesar, La Guajira, Norte de Santander, Santander); 2- Zona Centro con cosecha principal en el segundo semestre (Antioquia, Caldas, Risaralda); 3- Zona Centro, con cosecha similar en ambos semestres (Norte de Valle, Quindío, Norte del Tolima, Cundinamarca) y 4- Zona Sur, con cosecha principal en el primer semestre (Cauca, Huila, Nariño). Además, se tomó como base

la disponibilidad de información cuantitativa de clima y floración en las ocho Estaciones Experimentales de Cenicafé y los resultados del muestreo nacional de roya y broca del mes de julio de 2010. Esta alerta incluye un análisis de los posibles efectos de los factores climáticos, la roya y la broca sobre el desarrollo de la cosecha del segundo semestre de este año y de otra parte se registra el avance en el desarrollo de las floraciones para la cosecha del primer semestre del 2011.

## Variabilidad climática y producción de café

**Desarrollo de un modelo para estimar la humedad del suelo en cafetales.** Con el objetivo de conocer el efecto de la variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño y La Niña sobre la caficultura colombiana, en lo relacionado con la humedad del suelo y dado la dificultad de contar con medidas directas en el campo de ésta en diferentes localidades y en el tiempo, se desarrolló un modelo agrometeorológico que permite calcular la humedad del suelo a nivel diario, a partir de la integración de las variables hidro-físicas del suelo, de la dinámica del agua dentro de los cafetales y de variables atmosféricas, producto de la integración de resultados de investigación en café desarrollados desde finales de la década de los 90.

El modelo que se propone para estimar los cambios de humedad del suelo en cafetales a libre exposición solar se basa en el modelo de balance de masas, el cual considera entradas al sistema como lluvia o riego, y salidas como la evapotranspiración, escorrentía, percolación y cambio de humedad, con modificaciones como la de considerar la lluvia interceptada por la parte aérea del cultivo. El modelo se basa en los trabajos de campo desarrollados desde finales de la década de los 90 por Jaramillo y Chaves, y en lo corrido de la década del 2000 por Giraldo y Jaramillo, Ramírez y Jaramillo, y Velásquez y Jaramillo, en donde se hacen los estudios de distribución de la lluvia dentro del cultivo de café a libre exposición solar y bajo diferentes coberturas de sombra. Además de considerar



la dinámica hídrica dentro de los cafetales, el modelo propone un ajuste a la humedad a la evapotranspiración del cultivo en función de la evolución de la humedad del suelo, a partir del desarrollo de índices de estrés hídrico.

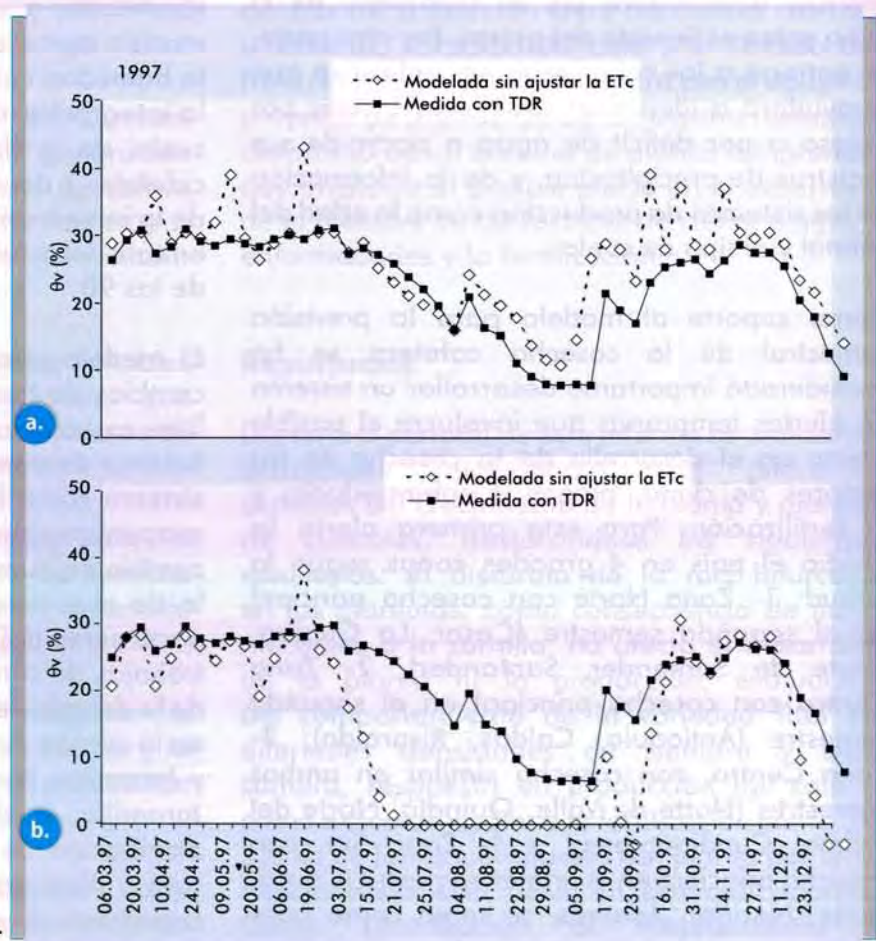
**Evaluación del modelo con medidas de campo.** Para la validación del modelo se tomaron datos de dos experimentos de campo en dos localidades, en donde se midió la humedad del suelo en cafetales adultos y a libre exposición solar. Al comparar la humedad de suelo estimada con el modelo, con la humedad de suelo medida en el campo en ambas localidades, se observa un buen ajuste, Figuras 58 y 59.

Una de las aplicaciones prácticas del modelo es el de la derivación de índices hídricos para monitorear el estado hídrico del cultivo en

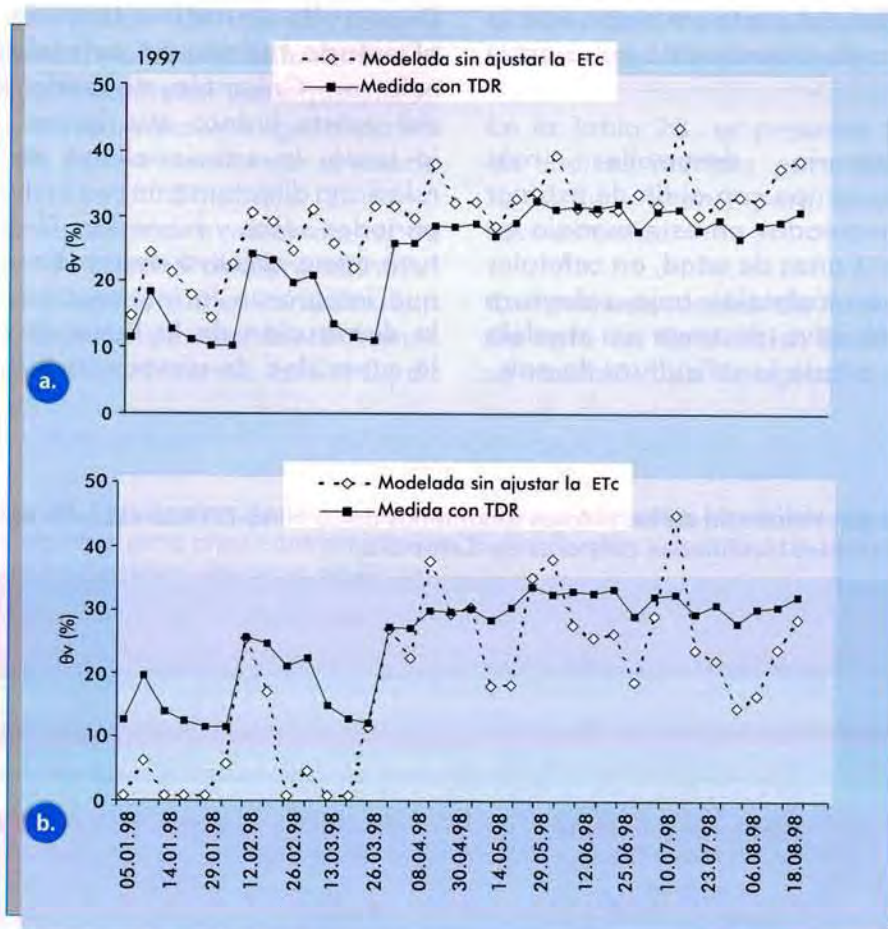
función de la localidad, el tipo de suelo y la edad del cultivo. También es útil en el análisis del impacto del fenómeno de El Niño y La Niña en la zona cafetera, es así como con la aplicación de dicho modelo, se hace un análisis de lo que ha sido el efecto del fenómeno de El Niño y La Niña en la zona cafetera colombiana durante el período enero de 2007- agosto de 2010. En ese período se ha presentado un evento de El Niño, que inició en el mes de junio de 2009 y terminó en el mes de abril de 2010, y dos eventos La Niña, el primero que inició en septiembre de 2007 y se extendió hasta mayo de 2008 y, el segundo, que inició en julio de 2010, y del cual se analiza el período julio-agosto de 2010 (Tabla 22).

Del evento La Niña, de septiembre de 2007 a mayo de 2008, se observa que la zona norte del país (Pueblo Bello-Cesar) fue la menos

■ **Figura 58.** Comparación entre la humedad volumétrica medida y modelada en un cafetal adulto para el año 1997 en Cenicafé. **a.** Restringiendo la evapotranspiración del cultivo en función de la humedad; **b.** Sin restringir la evapotranspiración del cultivo.







■ **Figura 59.** Comparación entre la humedad volumétrica medida y modelada en un cafetal adulto en Cenicafé para el año 1998. **a.** Restringiendo la evapotranspiración del cultivo en función de la humedad; **b.** Sin restringir la evapotranspiración del cultivo.

afectada por excesos hídricos, con solo 16% de los días con valores de humedad por encima de los rangos críticos de retención del suelo, caso contrario a lo que sucedió en la zona centro (El Rosario en Venecia, Antioquia, y Naranjal en Chinchiná, Caldas), en donde el 40% y el 33% de los días que comprendía el período, respectivamente, presentaron valores de humedad de suelo por encima de la capacidad máxima de retención del suelo. La zona sur (Estación Manuel Mejía en El Tambo, Cauca), presentó un 33% de los días con valores de humedad del suelo por encima de los valores de capacidad de almacenamiento máxima del suelo.

En el caso de La Niña, que inició en julio del año 2010, en la zona sur (Cauca), solo se

ha registrado 6,5% de los días con valores de humedad por encima de valores críticos, mientras que el norte (Pueblo Bello) ha tenido un 38% de los días por encima de los valores de capacidad máxima de retención de agua.

La zona centro presentó un comportamiento similar al del evento La Niña 2007-2008, con altos porcentajes de días en donde la humedad del suelo superaba la capacidad máxima de retención del suelo, con valores de 56% para El Rosario en Antioquia y 44% para Naranjal en Caldas.

Para el evento de El Niño ocurrido en el período de junio a abril de 2007-2008, fue la zona sur (Manuel Mejía en El Tambo, Cauca), la que presentó el mayor porcentaje de días con



valores de humedad del suelo por debajo de la capacidad mínima de retención de agua en el suelo.

Se hace necesario desarrollar más investigaciones de campo con el fin de estimar los parámetros empleados en este modelo en cafetales entre 0 y 4 años de edad, en cafetales de porte alto y en cafetales bajo cobertura arbórea, con el objetivo de tener un modelo que sea aplicable a toda la caficultura de país.

**Desarrollo de índices hídricos para evaluar el estado hídrico en cafetales.** El cultivo de café en Colombia depende exclusivamente del aporte hídrico que hacen las lluvias, por lo tanto, la estacionalidad de la cosecha se relaciona directamente con la distribución de los periodos secos y húmedos. El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar índices hídricos que integraran la información meteorológica, la distribución de la lluvia dentro del cultivo, la capacidad de almacenamiento de agua del

■ **Tabla 22.** Influencia de los últimos fenómenos de La Niña-El Niño sobre la humedad del suelo en diferentes localidades cafeteras de Colombia.

Estación	Año	Porcentaje de días en donde la humedad del suelo superó la capacidad máxima de retención de agua a 30 cm de profundidad	Porcentaje de días en donde la humedad del suelo superó la capacidad mínima de retención de agua a 30 cm de profundidad
Pueblo Bello-Cesar (10°26' N-73°34' W) 1.447 m.s.n.m.	La Niña Septiembre de 2007 a Mayo 08	16,0%	32,0%
	El Niño Junio de 2009 a Abril de 2010	8,0%	22,0%
	La Niña Julio-Agosto de 2010	38,0%	0,0%
El Rosario-Antioquia (05°-58' N -75°42' W) 1.635 m.s.n.m.	La Niña Septiembre de 2007 a Mayo 08	40,0%	1,0%
	El Niño Junio de 2009 a Abril de 2010	5,0%	34,0%
	La Niña Julio-Agosto de 2010	56,0%	0,0%
Naranjal-Caldas (04°58' N - 75° 39' W) 1.381 m.s.n.m.	La Niña Septiembre de 2007 a Mayo 08	33,0%	1,0%
	El Niño Junio de 2009 a Abril de 2010	14,0%	13,0%
	La Niña Julio-Agosto de 2010	44,0%	2,0%
Manuel Mejía-Cauca (02°24' N - 76° 44' W) 1.735 m.s.n.m.	La Niña Septiembre de 2007 a Mayo 08	30,7%	15,3%
	El Niño Junio de 2009 a Abril de 2010	2,4%	83,0%
	La Niña Julio-Agosto de 2010	6,5%	73,7%



suelo, las características del cultivo (edad y densidad de siembra) y el efecto de la humedad del suelo sobre la fotosíntesis, para que sirvan como herramienta de zonificación agroclimática del cultivo de café y para monitorear el estado hídrico de los cultivos en Colombia. Se tomó información meteorológica a nivel diario de cinco localidades de la zona cafetera ubicadas a lo largo del país, en las cuales consideraban años bajo la presencia de eventos extremos como El Niño, La Niña y Neutros, con el fin de

monitorear a nivel diario el estatus hídrico del cultivo para diferentes zonas.

En la Tabla 23, se presenta la distribución de los índices hídricos para seis localidades de la zona cafetera, para años climáticamente contrastantes.

**Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia.** En el presente trabajo se realizó una integración de los factores

■ **Tabla 23.** Distribución de los índices hídricos para diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia para años contrastantes en la distribución y cantidad de las lluvias. Calculado a una profundidad de raíces de 30 cm.

Departamento	Estación	Año	Número de días del año con			
			IHS			IDH
			<0,3	>0,6	0,3 < >0,6 Óptimo	<0,5
Caldas	Naranjal	2007	116	63	185	56
		2008	23	251	90	25
		2009	10	189	165	22
		1997	183	38	143	118
		1998	91	184	89	64
		1999	51	189	127	31
Antioquia	El Rosario	2007	104	45	216	79
		2008	12	67	286	35
		2009	302	0	63	100
		1997	183	6	176	128
		1998	71	34	260	76
		1999	43	45	277	30
Cesar	Pueblo Bello	2007	104	45	216	79
		2008	242	18	105	162
		2009	298	6	61	209
Quindío	Paraguacito	2007	279	0	86	120
		2008	267	0	98	132
		2009	338	0	27	175
		1997	282	2	81	176
		1998	311	0	54	171
		1999	279	0	86	124
Cauca	Manuel Mejía	2007	105	198	62	148
		2008	97	221	47	79
		2009	175	136	54	136
		1997	163	153	49	150
		1998	224	75	66	189
		1999	93	218	54	104

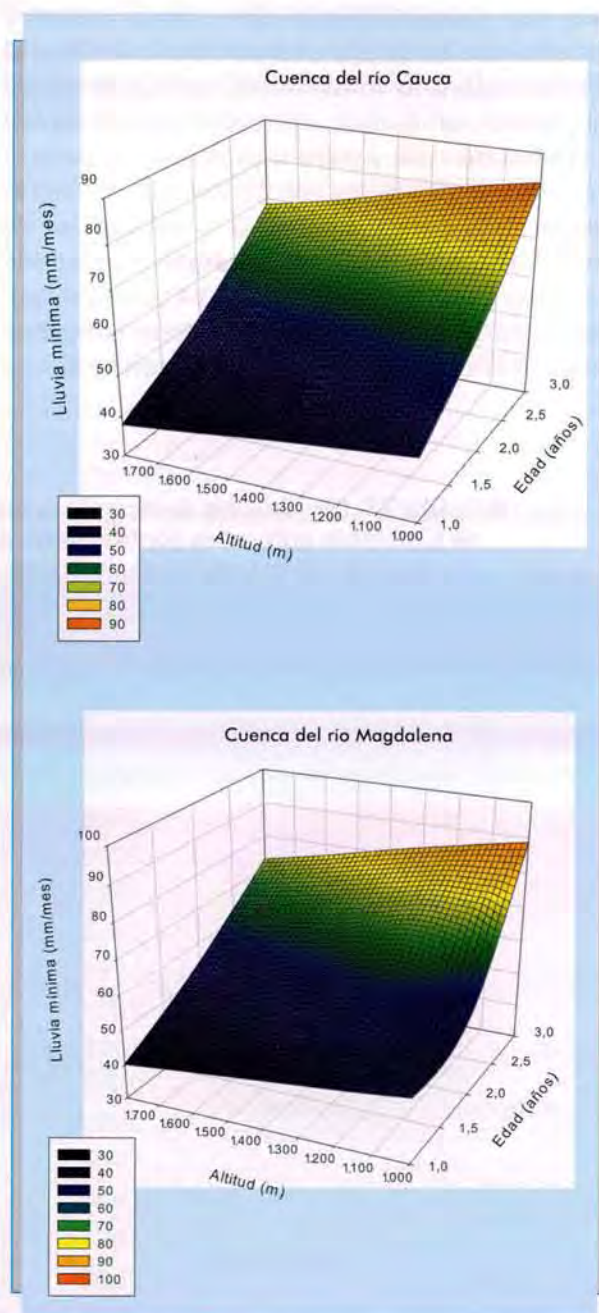


que influyen en las necesidades de agua de los cultivos, con el fin de estimar los rangos mínimos y máximos de lluvia necesarios para el cultivo de café en Colombia, en función de la edad, la distribución de la lluvia dentro del cultivo, la altitud, la cuenca hidrográfica y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, buscando darle una mayor utilidad a los registros de lluvia en las regiones cafeteras.

**Resultados.** La demanda hídrica del cultivo de café en Colombia está en función de la altura sobre el nivel del mar y la cuenca hidrográfica en donde éste se ubique (Cauca o Magdalena), como se observa en la Figura 60. Los cultivos que estén situados en la cuenca del Magdalena tienen una mayor demanda atmosférica de vapor agua y, por lo tanto, los requerimientos mínimos de lluvia son mayores que los ubicados en la cuenca Cauca.

El tiempo que tarde el cultivo en entrar en déficit hídrico crítico va a depender de la interacción entre la capacidad del suelo para almacenar agua, de la edad del cultivo (Figura 61), y la demanda atmosférica (altitud y cuenca).

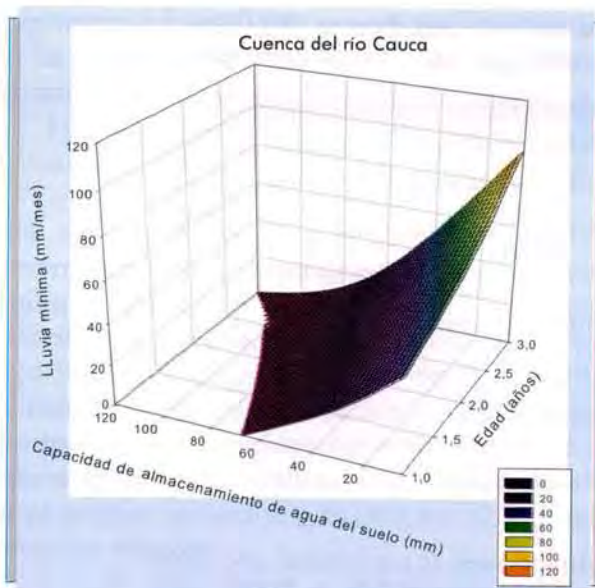
Para un mes después de la última lluvia, las necesidades de agua del cultivo son inferiores a las necesidades de los meses siguientes (Tabla 24), lo anterior se debe a que el agua almacenada en el suelo tiene la capacidad de suministrar parte o toda el agua que requiere el cultivo, dependiendo de la capacidad de almacenamiento del suelo, de la edad del cafetal y la altitud. Por ejemplo, para un cultivo de café sembrado en la cuenca Cauca a una altura sobre el nivel del mar de 1.400 m, entre tres y seis años (> 3 años), en un suelo de la Unidad Chinchiná, puede transcurrir un mes sin lluvia y no alcanza un nivel de déficit hídrico crítico, pero ese mismo cultivo, a esa misma altitud y en la misma cuenca, sobre un suelo de menor capacidad de retención de agua como por ejemplo sobre la Unidad Salado, necesita mínimo 86 mm de lluvia. Por otra parte, si el cultivo que está en la Unidad Salado cumple un mes consecutivo sin lluvia, para el segundo mes necesitará 108 mm para superar el déficit hídrico crítico (Tabla 24).



■ **Figura 60.** Requerimientos hídricos mínimos para el primer mes sin lluvia, en relación con la altitud y la edad del cafetal. Los colores corresponden a la cantidad de lluvia en mm.

Al integrar todos los factores involucrados en la demanda hídrica del cultivo de café en Colombia, se generaron modelos de regresión múltiples, los cuales son aplicables para





■ **Figura 61.** Requerimientos hídricos mínimos para el primer mes sin lluvia en relación con la edad del cafetal y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Los colores corresponden a la cantidad de lluvia en mm.

cafetales sembrados a densidades altas (entre 6.000 y 10.000 plantas/ha). Los modelos fueron puestos en un aplicativo de Excel®, el cual se encuentra disponible en la página de Internet de Cenicafé ([www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org), en la sección de Noticias). Dicho aplicativo facilita el cálculo de las necesidades mínimas y máximas

de lluvia para diferentes zonas cafeteras de Colombia, y ayudará a interpretar los registros de lluvia que se llevan en muchas zonas.

### Manejo de cafetales

#### Respuesta en producción del café al sol, fertilizado con lombricompost. FIT1603.

Esta investigación tiene como objetivo determinar la dosis óptima, tanto desde el punto de vista biológico como económico, de la materia orgánica en forma de lombricompost para fertilizar cafetales a libre exposición. Los tratamientos se presentan en la Tabla 25. La distancia de siembra del café es de 1,0 m x 1,0 m, el área del campo experimental es de 1.344 m<sup>2</sup>. El experimento se desarrolla en las Estaciones Experimentales Naranjal, La Catalina (Terminado), Paraguaquito (Terminado), El Tambo y Santander (Renovado por zoqueo). En el presente informe se presentan los resultados parciales de El Tambo y Naranjal.

Las dosis de lombricompost y de fertilizante se fraccionaron en dos aplicaciones por año. Las dosis aplicadas (0,5; 1,0; 2,0 y 3,0 kg/planta/año) son de lombricompost seco.

**Estación Central Naranjal.** En la Tabla 26 se presenta la producción registrada en el año 2009 y el promedio de la producción de cuatro

■ **Tabla 24.** Rangos óptimos de lluvia para un cultivo de café a diferentes edades y capacidades de almacenamiento de agua en el suelo.

Altitud	Edad del cafetal	Almacenamiento de agua del suelo	Lluvia mínima para IHS = 0,6			Lluvia mínima para IHS = 1,0
			Meses después de la última lluvia			
			primer mes	segundo mes	tercer mes	
m	años		mm			
1.400	1	26	27	48	50	84
		48	12	44	48	84
		6	45	51	51	84
	2	39	30	66	70	120
		73	5	55	66	120
		8	63	73	73	120
	> 3	65	23	94	103	180
		121	0	71	89	180
		14	86	108	109	180



■ **Tabla 25.** Tratamientos aplicados en el experimento FIT1603 "Respuesta en producción del café al sol, fertilizado con lombricompuesto".

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

■ **Tabla 26.** Producción de café pergamino seco (c.p.s.), en el año 2009 y promedio de producción de cuatro cosechas (2006 a 2009), ciclo de renovación (por zoqueo), Experimento FIT1603. Estación Central Naranjal.

Tratamientos Lombricompuesto/planta/año		Producción (@/ha/año)	
		2009	Media
1	0,5 kg	181,9 cd	319,7 bc
2	1,0 kg	205,8 cb	366,2 ab
3	2,0 kg	238,6 ab	409,0 a
4	3,0 kg	263,6 a	434,9 a
5	Con fertilización	141,8 e	225,9 dc
6	Sin fertilización	106,7 de	272,1 d

cosechas (2006 a 2009) en @/ha de c.p.s.. Estas producciones corresponden al ciclo de renovación (por zoqueo).

Los análisis estadísticos de la producción registrada en el año 2009, indican que cuando se emplea fertilización orgánica en café en bajas dosis, se obtienen mayores producciones que cuando se realiza fertilización química, e iguales a las producciones de café cuando no se hace ningún tipo de fertilización. Con la aplicación de fertilizante orgánico en dosis de 2,0 a 3,0 kg por planta de café por año, en forma de lombricompuesto, se produjo 77,1% más que con el tratamiento en el cual se fertilizó

el café químicamente, según los resultados de los análisis de suelos, y 135,0% más que con el café sin fertilizar.

Los análisis del promedio de la producción obtenida de cuatro cosechas (2006 a 2009), indican que no hay diferencias significativas si se fertiliza el café con 1,0 a 3,0 kg/planta/año de lombricompuesto, pero sí hay diferencia entre la aplicación de 2,0 a 3,0 kg de lombricompuesto por planta por año, con la producción obtenida al aplicar fertilizante químico y sin aplicación de algún tipo de fertilizante (orgánico o químico). En este sentido la producción fue 86,8% mayor con la fertilización orgánica al compararse con



la química y fue 55,1% superior a la obtenida sin la aplicación de fertilizante. Se registraron producciones similares al fertilizar el café con 0,5 kg/planta/año de lombricomposteo y al aplicar fertilizante inorgánico.

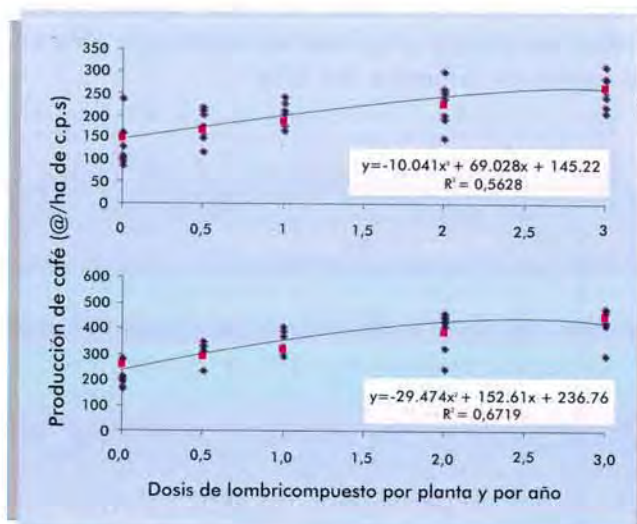
Para determinar la dosis exacta a aplicar, de lombricomposteo a base de pulpa, se realizó un análisis mediante funciones polinomiales; éstas indican que para la Estación Central Naranjal, bajo las condiciones de clima y suelos donde se realizó el estudio, la dosis es de 2,5 kg/planta/año de lombricomposteo (Figura 62), fraccionada en dos aplicaciones, mitad de ella en el primer semestre y la otra en el segundo semestre del año.

**Estación Experimental El Tambo.** En la Tabla 27 se presentan las producciones registradas en el año 2009 y el promedio de la producción de café pergamino seco de cuatro cosechas (2006 a 2009), en @/ha.

De acuerdo con la producción registrada en el año 2009, no hay diferencias estadísticas cuando se fertiliza el café con lombricomposteo seco en dosis de 0,5 a 3,0 kg/planta/año, o se realiza con fertilizante químico o no se fertiliza. La producción media fue de 17,8 @/ha/año de c.p.s.; es de resaltar la fuerte reducción en la producción en el año 2009 al compararse

con los años anteriores. El promedio de la producción de cuatro cosechas de café (2006 a 2009) mostró resultados similares, es decir, no hay diferencia estadística entre tratamientos, y el promedio de la producción de las cuatro cosechas fue de 165,3 @/ha/año de c.p.s..

El promedio de la producción (cosechas 2006 a 2009) solo se incrementa en un 17,9% (25,5 @/ha de c.p.s.) por la aplicación de fertilizante



■ **Figura 62.** Respuesta en producción del café a libre exposición a la fertilización orgánica. Experimento FIT1603, Estación Central Naranjal.

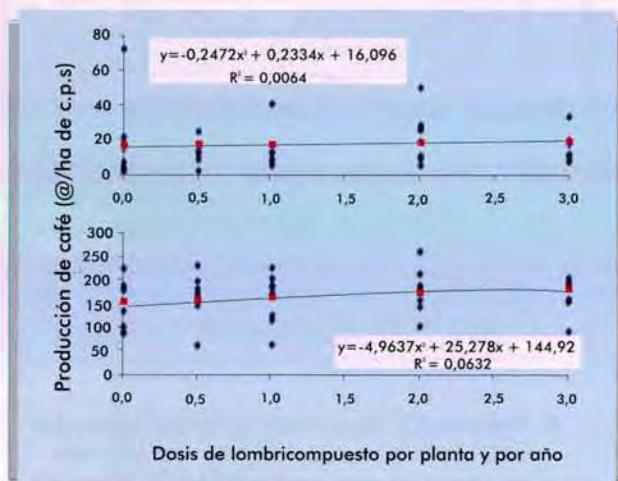
■ **Tabla 27.** Producción de café pergamino seco, en el 2009, y promedio de la producción de cuatro cosechas (2006 a 2009). Experimento FIT1603. Estación Experimental de El Tambo (Cauca).

Tratamientos Lombricomposteo/planta/año		Producciones (@/ha/año)	
		2009	Media
1	0,5 kg	13,0 a	162,7 a
2	1,0 kg	14,7 a	158,9 a
3	2,0 kg	21,5 a	176,9 a
4	3,0 kg	17,6 a	174,7 a
5	Con fertilización	21,4 a	175,8 a
6	Sin fertilización	18,8 a	142,8 a



orgánico (168,3 @) al compararse con la producción media obtenida con el café sin fertilizar (142,8 @).

Para determinar la dosis de lombricomposteo a base de pulpa a aplicar, se realizó un análisis mediante funciones polinomiales; éstas indican que para la Estación Experimental El Tambo, bajo las condiciones de clima y suelos donde se realiza el estudio, la dosis a aplicar es de 3,0 kg/planta/año de lombricomposteo (Figura 63), fraccionando esta dosis en dos aplicaciones, mitad de ella en el primer semestre y la otra en el segundo semestre del año.



■ **Figura 63.** Respuesta en producción del café a libre exposición a la fertilización orgánica. Experimento FIT1603, Estación Experimental de El Tambo.

### Establecimiento de café orgánico bajo sombrío, en el departamento de Santander.

**FIT1606.** El proyecto tiene como objetivo establecer un sistema para la producción de café orgánico, con la menor disminución posible de la producción y que se adapte a las condiciones ecológicas de la zona cafetera del departamento de Santander. Además, determinar el efecto de la intensidad del sombrío sobre la cantidad y la calidad de la producción del café, cuando se cultiva según los principios de la agricultura orgánica. Se encuentra establecido en la Finca El Roble, localizada en el municipio de la Mesa de los Santos (Santander), y está bajo la coordinación de la Estación Experimental Santander.

Se tienen seis tratamientos, compuestos por la combinación de tres niveles de sombra: café a libre exposición, café con guamo + carbonero y café con guayacán + nogal (Factor A) y dos niveles de fertilización orgánica (Factor B), que se describen en la Tabla 28.

Los resultados parciales de producción, se presentan en la Tabla 29.

Los análisis estadísticos realizados a la producción registrada en el año 2009, bajo cada condición de sombra y nivel de fertilización, indican que no hay diferencias significativas cuando se cultiva café con sombrío de las dos especies leguminosas y las dos forestales con fertilización orgánica. Tampoco hay diferencias

#### Factor A: Nivel de sombrío

A<sub>1</sub>: Café con sombrío de guamo + carbonero

A<sub>2</sub>: Café con sombrío de guayacán + nogal

#### FACTOR B: Nivel de fertilización

B<sub>0</sub>: Café sin fertilización

B<sub>1</sub>: Café con fertilización

■ **Tabla 28.** Tratamientos aplicados en el Experimento FIT1606. Estación Experimental Santander (Finca El Roble).

Nº	Tto	Descripción
1	A1 B0	Café con sombrío de guamo + carbonero, sin fertilización
2	A1 B1	Café con sombrío de guamo + carbonero, con fertilización
3	A2 B0	Café con sombrío de guayacán + nogal, sin fertilización
4	A2 B1	Café con sombrío de guayacán + nogal, con fertilización

Continúa...



... Continuación

Características de las Parcelas

	Guamo + Carbonero	Guayacán + Nogal
Distancia de siembra del café (m)	1,25 x 1,25	1,25 x 1,25
Densidad de siembra del café (plantas/ha)	6.400	6.400
Distancia de siembra del sombrío (m)	7,50 x 7,50	7,50 x 7,50
Densidad de siembra del sombrío (plantas/ha)	178	178
Plantas efectivas de café	784	784
Plantas borde de café	320	320
Plantas efectivas de sombrío	16	16
Plantas borde sombrío	20	20
Área de la parcela (m <sup>2</sup> )	2.025	2.025

significativas cuando no se fertiliza el café y se cultiva bajo sombrío. Las mejores producciones se obtuvieron con el cultivo de café con sombrío de guamo + carbonero y café con sombrío de guayacán + nogal, sin fertilización, con producciones de 228,9 y 175,4 @/ha/año de c.p.s., respectivamente; lo cual indica un efecto detrimental del fertilizante orgánico empleado, sobre la producción de café.

La comparación de los promedios de producción de cinco cosechas (2005 a 2009), indica que

cuando se cultiva café con sombrío de guamo y carbonero y guayacán más nogal, con aplicación de fertilizante orgánico, se produce 27,2% más, si se fertiliza el café con abonos orgánicos comparado con la producción obtenida cuando no se hace uso de éstos. Al cultivar café con sombrío de guamo más carbonero y guayacán más nogal, la producción es igual si se fertiliza el café. También se registraron producciones similares al cultivar el café con sombrío de las dos especies leguminosas y las dos especies forestales, y no se aplicaron fertilizantes orgánicos.

■ **Tabla 29.** Producción de café pergamino seco, en el 2009, y promedio de producción de cinco cosechas (2005 a 2009). Experimento FIT1606. Estación Experimental de Santander.

Tratamientos	Producciones (@/ha/año)	
	2009	Media
1	228,9 a	196,1 ab
2	190,9 a	240,4 a
3	175,4 a	166,0 b
4	152,0 a	220,3 ab

\*Valores con diferente letra, difieren significativamente (Duncan 5%)



## Sistemas agroforestales

**Densidad de siembra óptima en cafetos de porte alto con resistencia a la roya, bajo sombra. FIT1504.** El objetivo de este experimento es determinar la variación en rendimiento por unidad de área en café de porte alto con resistencia a la roya del café, en diferentes densidades de siembra y con sombrío. Está ubicado en la Estación Central Naranjal. Los tratamientos y características de las parcelas experimentales se presentan en las Tablas 30 y 31.

Los resultados parciales de producción, se presentan en la Tabla 32. Los análisis de la producción registrada en el año 2009 bajo

cada densidad de siembra, indican que no se presentan diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados; con una producción media de 65,4 @/ha de c.p.s.

El promedio de la producción de tres cosechas (2007 a 2009), muestra que no hay diferencias entre las producciones registradas con 4.167 y 5.000 plantas/ha; tampoco se observaron diferencias con plantaciones establecidas con 1.667, 2.500, 3.333 y 4.166 plantas/ha. Se obtuvieron diferencias entre la media registrada con densidades de siembra de 1.666 plantas/ha, frente a las obtenidas con 5.000 plantas/ha; siendo 44,7% superior la producción con la segunda densidad.

■ **Tabla 30.** Tratamientos del Experimento FIT1504 "Densidad de siembra óptima de cafetos de porte alto con resistencia a la roya, bajo sombra".

N°	Distancias de siembra del café (m)	Densidad de siembra (plantas/ha)
1	2,00 x 3,00	1.667
2	2,00 x 2,00	2.500
3	2,00 x 1,50	3.333
4	2,00 x 1,20	4.167
5	2,00 x 1,00	5.000

■ **Tabla 31.** Área de la parcela efectiva y número de plantas efectivas de acuerdo con la densidad de siembra del café.

Tratamiento	Distancias de siembra del café (m)	Número de plantas efectivas por parcela	Área de la parcela (m <sup>2</sup> )
1	2,00 x 3,00	77	360
2	2,00 x 2,00	121	400
3	2,00 x 1,50	165	420
4	2,00 x 1,20	209	432
5	2,00 x 1,00	220	440



■ **Tabla 32.** Producción de café pergamino seco, en el 2009, y promedio de la producción de tres cosechas del Experimento FIT1504. Estación Central Naranjal (Caldas).

Tratamiento	Distancias siembra del café (m)	2009	Media (@/ha/año)
1	2,00 x 3,00	71,2 a	44,0 b
2	2,00 x 2,00	63,7 a	49,1 ab
3	2,00 x 1,50	51,9 a	44,8 b
4	2,00 x 1,20	68,2 a	55,1 ab
5	2,00 x 1,00	72,2 a	65,0 a

\*Registros con letras diferentes indican diferencias estadísticas según prueba Tukey al 5,0%

## Sistemas de producción de cultivos intercalados con café

**Estudio del sistema de producción frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) relevo maíz (*Zea mays* L.) intercalado con zocas de café (*Coffea arabica* L.). FIT1804.** Este estudio tiene como objetivo determinar si el arreglo interespecífico frijol relevo maíz intercalado en zocas de café, afecta la producción de una siembra nueva de café, durante las dos

primeras cosechas y además, establecer si los materiales regionales de maíz como tutor para el frijol de crecimiento indeterminado, se pueden sustituir por materiales mejorados. Se instaló en las Estaciones Experimentales El Rosario (Antioquia), El Tambo (Cauca) y Líbano (Tolima); en la última Estación se canceló el proyecto por problemas en su establecimiento. Se presentan los datos de producción de El Tambo, donde en julio de 2010 se han obtenido dos cosechas.

■ **Tabla 33.** Arrobas de café pergamino seco por hectárea, de un lote de café zoqueado intercalado con frijol relevo maíz. Estación Experimental El Tambo (Cauca). 2010.

Tratamientos			Cosecha 2009	Cosecha 2010
1	Café // frijol = maíz, variedad mejorada (60dds)	MVM60	302,1	334,2
2	Café // frijol = maíz, variedad mejorada (90dds)	MVM90	205,5	272,3
3	Café // frijol = maíz, variedad mejorada (120dds)	MVM120	244,1	266,0
4	Café // frijol = maíz, híbrido (60dds)	MH60	298,8	362,6
5	Café // frijol = maíz, híbrido (90dds)	MH90	268,4	340,0
6	Café // frijol = maíz, híbrido (120dds)	MH120	262,2	304,6
7	Café // frijol = maíz, regional (60dds)	MR60	218,9	270,6
8	Café // frijol = maíz, regional (90dds)	MR90	247,5	284,8
9	Café // frijol = maíz, regional (120dds)	MR120	305,8	321,4
10	Café // frijol = maíz, tutor muerto (60dds)	MTM60	332,8	324,9
11	Café // frijol = maíz, tutor muerto (90dds)	MTM90	224,9	302,5
12	Café // frijol = maíz, tutor muerto (120dds)	MTM120	198,1	240,2
13	Café solo	CS	290,8	301,5
14	Maíz variedad solo	MVS	274,2	303,6
15	Maíz híbrido solo	MHS	263,8	296,5
16	Maíz regional solo	MRS	311,5	302,1
<b>Media</b>			<b>265,6</b>	<b>301,7</b>
Coeficiente de variación (%)			15,8	13,6



**Resultados.** El análisis de los datos de las cosechas obtenidas en El Tambo, no muestra diferencias estadísticas, por lo tanto no hubo efecto de los tratamientos sobre la producción de café (Tabla 33). Estos resultados son iguales a los obtenidos en la Estación Experimental El Rosario, por lo que se puede concluir que el sistema de producción frijol relevo maíz intercalado con zoca de café no afecta la producción de café, con la ventaja de producir una cosecha de frijol cargamento y una de maíz, usando como tutor vivo las cañas de maíz; ya sea de una variedad mejorada o de un híbrido. Esto se traduce en una opción productiva para que los caficultores puedan obtener ingresos adicionales al café, de forma simultánea con frijol y maíz, sin afectar la producción de café.

**Estudio del sistema de producción tabaco Burley (*Nicotiana tabacum* L.) intercalado con café (*Coffea arabica* L.). FIT1812.**

Se evalúa el efecto de densidad de siembra y niveles de fertilización en dos genotipos de tabaco tipo Burley, y la respuesta de la producción del café intercalado con tabaco. Este experimento se instaló en marzo de 2009, en las Estaciones Experimentales Paraguaicito, con siembra nueva de café, y en La Catalina, en un lote de café zoqueado.

**Resultados.** Los rendimientos de tabaco fueron de 2.840 kg/ha en La Catalina y 2.720 kg/ha Paraguaicito. Con la variedad Coltabaco 54 M LC se obtuvo la mayor producción, con 2.896 kg/ha, menor contenido de alcaloides y mejor balance químico, con 160 unidades de nitrógeno y 22.222 plantas/ha. Esta variedad expresó su resistencia genética al virus TMV, a *Meloidogyne* sp. y moderada tolerancia a *Alternaria* sp. El precio por kilogramo de tabaco producido en La Catalina, fue superior al precio promedio de la zona cafetera. El tabaco como cultivo complementario al café dio una rentabilidad de 68,6%, que equivale a 11,4% mensual. Este año se empezó con la recolección de los primeros pases de café, por lo tanto, hasta la fecha no hay resultados relacionados con la producción de café.

**Estudio de la variabilidad espacial de la producción de maíz en la zona cafetera y**

**su relación con la fertilidad del suelo.** A fin de buscar una aproximación a lo que puede ser la producción de maíz con base en principios de la Agricultura de Precisión (AP), se hizo un ensayo en la Estación Experimental La Catalina, con el objetivo de conocer la variabilidad de la producción de maíz en la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilidad natural del suelo, el cual se hizo en un lote con zoca de café, de un área aproximada a los 3.000 m<sup>2</sup>, donde se sembró maíz híbrido FNC3056, a 1,0 m x 0,50 m (2 plantas/sitio), es decir 40.000 plantas/ha. En este lote, se marcaron 34 puntos a 10 m entre sí aproximadamente, georreferenciados con un receptor GPS, marca Garmin referencia GPSMAP 60CSx, donde se tomó una muestra de suelo con barreno en los primeros 20 cm, para análisis completo de fertilidad. Los análisis se hicieron en el Laboratorio de Suelos de CIAT, Palmira.

El maíz se fertilizó con 10 g/sitio de la mezcla DAP y KCl (4:1), en los primeros días de la emergencia; 6 g/sitio de la mezcla Urea y KCl (3:1) en estado V6, y 5 g/sitio de Urea en estado V10.

En la cosecha, de dos sitios completos, se tomaron los datos: número de plantas, número de mazorcas, peso de las mazorcas y porcentaje de humedad en granos. A los datos de producción (kg/ha) y los de las propiedades químicas del suelo, se les hizo análisis estadístico descriptivo y geoestadístico con interpolación Kriging, de donde se obtuvo el mapa de producción para visualizar la variabilidad tanto de la producción como de cada una de las propiedades químicas del suelo (Tablas 34 y 35). La varianza estructural de las variables analizadas, se ajustó a modelos teóricos y con base en ellos se hizo la interpolación Kriging ordinario, donde se pudo observar variabilidad espacial, a pesar que el lote era tan sólo de un tercio de hectárea. Esto, amerita seguir estudiando el tema, para que en el futuro se pueda contar con información que permita, al menos, manejar de forma variable la fertilidad natural del suelo. También se determinó la matriz de correlación de Pearson, la cual mostró que las variables más asociadas con la producción de maíz en las condiciones de este ensayo fueron pH, K, Ca y Mg.



■ **Tabla 34.** Resumen estadístico descriptivo de las variables de suelo en lote de café zoqueado intercalado con maíz. Estación Experimental La Catalina. Semestre A, 2010.

	kg/ha	pH	MO (g/kg)	P (mg/kg)	K	Ca	(cmol/kg)						(mg/kg)					
							Mg	Al	CIC	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn			
Puntos	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Media	6.347	4,59	106,68	18,46	0,74	1,98	0,33	1,96	34,38	52,61	0,68	3,39	12,20	1,40	12,07			
Varianza	378441	0,24	193,55	583,59	0,13	5,95	0,16	0,49	10,44	144,96	0,05	4,36	21,59	3,41	157,00			
Desviación estándar	1.945	0,49	13,91	24,16	0,36	2,44	0,40	0,70	3,23	12,04	0,23	2,09	4,65	1,85	12,53			
Mínimo	3.031	4,20	55,85	2,97	0,40	0,55	0,11	0,15	25,86	31,41	0,31	1,44	7,21	0,16	3,30			
Máximo	9.844	6,58	122,64	102,93	1,99	11,21	1,88	2,96	40,96	82,95	1,55	10,64	26,89	8,05	63,18			
Rango	6.814	2,38	66,79	99,96	1,59	10,66	1,77	2,81	15,10	51,54	1,24	9,19	19,69	7,89	59,88			
Coefficiente de variación (%)		10,6	13,0	130,8	49,0	122,9	123,4	35,7	9,4	22,9	33,4	61,6	38,1	131,6	103,8			



■ **Tabla 35.** Análisis estructural del pH del suelo y de sus contenidos de magnesio, calcio, fósforo y potasio. Estación Experimental La Catalina. Primer semestre de 2010.

Variables	Modelo	Co	Sill (C+Co)	Rango	C/(Co+C)	r <sup>2</sup>
Mg	Esférico	0,0001	0,19	21,7	0,999	0,830
Ca	Esférico	0,0100	6,91	22,5	0,999	0,850
P	Esférico	1,0000	585,90	19,1	0,998	0,780
K	Esférico	0,0097	0,14	18,4	0,931	0,430
pH	Esférico	0,0001	0,26320	23,6	0,990	0,650

## Sostenibilidad ambiental

**Valoración de la sostenibilidad ambiental en sistemas de producción de café.** Como contribución al mejoramiento y mantenimiento de la sostenibilidad ambiental de sistemas de producción de café, se elaboró una

aproximación metodológica mediante índices integrados de calidad del suelo. Los resultados permitieron establecer que los 13 sistemas de producción estudiados se ubican en la categoría de sostenibles, con índices de sostenibilidad que oscilan entre 0,52 y 0,65.



## Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental



La Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental de Cenicafé tiene como misión investigar sobre la calidad y la composición química del café, el proceso de beneficio y el manejo, composición, utilización, tratamiento y disposición de los residuos del proceso del café.

### Objetivos

En la Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental se busca generar conocimiento, mejores prácticas y métodos para:

- Conservar la calidad del café, por medio del estudio de los factores que pueden afectar la calidad del café como: especie y variedades botánicas, altitud, suelos, tipo de beneficio, madurez y sanidad del fruto, fermentación, secado, almacenamiento, tostación.

- Medir la calidad del café, mediante métodos sensoriales, fisicoquímicos y químicos.
- Identificar las características, los componentes químicos y microbiológicos, y las causas de los defectos del café.
- Asegurar la calidad y la inocuidad del café en la finca, mediante la aplicación de buenas prácticas en el beneficio del café, la identificación de los puntos críticos en el proceso y el establecimiento de las variables a controlar en cada etapa del proceso.
- Identificar factores de origen y de proceso y componentes químicos para la diferenciación de la calidad del café de Colombia.
- Aprovechar mediante transformaciones físicas, químicas y biológicas los residuos del café, para generar alternativas agroindustriales y disposición adecuada, de acuerdo a su composición y cantidad.
- Tratar y disponer los residuos líquidos del proceso del café, acorde a la legislación ambiental, con el fin de reducir impactos ambientales, mediante el diagnóstico de la contaminación generada por aguas residuales, lixiviados y aguas domésticas y el diseño de plantas de tratamiento.

En esta Disciplina de Cenicafé se investiga en dos áreas claves que son Calidad y cafés especiales y Sostenibilidad ambiental.

### Resultados de proyectos de investigación en desarrollo

#### Calidad

**Estudio de la calidad y del contenido de elementos químicos en el café de Colombia, según los suelos y la altitud del cultivo. QIN3010.** Para conocer el efecto de la altitud y de los suelos en la calidad del café de Colombia y en la composición química se han efectuado evaluaciones de la calidad del grano y de la bebida y determinaciones del contenido de 44 elementos químicos: Al, Ag, As, Au, B, Ba, Be,



Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, Si, Sn, Sr, Te, Ti, Tl, V, Zn, por el método ICP-OES y N por Kjeldahl, en granos de café verde, tostado, suelos y aguas de fincas cafeteras ubicadas en siete departamentos, en altitudes entre 1.050 y 2.050 m, de 14 unidades suelos de cuatro materiales parentales.

Hasta septiembre de 2010, se ha logrado el 58,05% en el avance analítico de la investigación, y un 76,70% en el café verde.

Este año se efectuó el análisis estadístico y científico de los resultados del contenido de nueve elementos químicos pesados: As, Bi, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn, en granos de café verde de Colombia (Tabla 64). Se identificaron las distribuciones geográficas del contenido de estos nueve elementos químicos pesados en los granos de café verde de Colombia, procedentes de las fincas de estudio en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cesar, Quindío, Huila, Santander y Tolima.

Las muestras de café almendra de todos los departamentos presentaron contenidos de Cu, Cr, Ni y Zn. De otra parte, en promedio, el 93,8% de las muestras de los departamentos presentaron Cd, el 77,6% Pb, el 53,5% Sb, el 43,7% Bi y el 36,7% As.

También se observaron diferencias estadísticas entre el promedio de los contenidos de elementos químicos de As, Bi, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, según el rango de altitud del cultivo, <1.300 entre 1.300 y 1.600 y > 1.600 m; sin embargo, no se observaron relaciones estadísticas significativas del contenido de los elementos químicos pesados As, Bi, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn, en los granos de café verde con la altitud de las zonas de cultivo, pero sí se registraron relaciones lineales entre los contenidos promedio de As, Cu, Sb y Zn con el rango de altitud.

Se establecieron como posibles fuentes de origen de los elementos químicos As, Bi, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, Zn, en los granos de café, a través de la contaminación de aguas y suelos de las zonas por:

- Sustancias químicas usadas en los cultivos como insecticidas, herbicidas y fungicidas
- Actividades mineras e industrias cercanas a las zonas de producción
- Yacimientos y actividad volcánica

Se recomienda realizar investigaciones sobre las posibles causas de los altos contenidos de As, Cd, Cr y Pb en el grano de café verde, que incluyan:

■ **Tabla 64.** Contenido de elementos químicos pesados en granos de café verde (determinaciones por ICP-OES).

Elemento químico pesado	Unidad de medida	Muestras	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	C.V. %
As	µg/kg	429	0,000	33,600	1,775	4,859	273,8
Bi	µg/kg	804	0,000	15,410	2,302	2,895	125,8
Cd	µg/kg	1.619	0,000	42,000	2,566	2,539	99,0
Cu	mg/kg	1.860	0,786	35,760	10,555	2,942	27,9
Cr	µg/kg	1.610	9,283	617,200	69,304	51, 62	74,6
Ni	µg/kg	1.860	15,980	1613,000	297,416	202,317	68,0
Pb	µg/kg	1.613	0,000	499,500	18,920	19,180	101,4
Sb	µg/kg	810	0,000	22,780	5,089	5,748	113,0
Zn	mg/kg	1.860	0,192	11,510	3,915	1,521	38,9



- Evaluación de los ambientes
- Evaluación de las condiciones geológicas de las zonas
- Revisión de las fichas técnicas de los productos aplicados en la agricultura de la zona
- Revisión de las etiquetas de la composición química y de los elementos traza contenidos en los insecticidas, herbicidas y fungicidas usados en la caficultura
- Muestreos rigurosos en las fincas donde se encontraron los mayores contenidos de elementos pesados, para mediciones en el café verde y en el agua que abastece las fincas de estas zonas

#### **Comparación del contenido de elementos pesados en granos de café.**

Se compararon los resultados hallados en esta investigación sobre el contenido de los elementos pesados en los granos de café de Colombia, con los datos reportados en la literatura por otros autores para granos de café de Colombia y de otros países cafeteros. Se encontró que los contenidos de As, Cd, Cr, Ni, Pb, Sb y Zn, reportados en café verde en esta investigación, resultaron menores que los datos reportados por otros autores para café de Colombia con diferentes técnicas, a excepción del Cu que resultó similar. Se recomienda tener en cuenta los resultados hallados como guías para la fijación de límites de contenido de estos elementos en los granos de café verde, por parte de entidades oficiales de la salud o por empresas comercializadoras de café.

#### **Mediciones de la calidad y la composición química de café de varios países de origen. QIN3013.**

Para contribuir al estudio de la diferenciación del café de Colombia del producido en otros orígenes geográficos, se prepararon los informes anuales y los informes semestrales que incluyeron el análisis estadístico de los resultados de las determinaciones del contenido de elementos químicos en 40 muestras de café verde de 13 países. Así, se logró identificar el país de origen del 90% de las muestras de café verde mediante la evaluación de la calidad física del grano, la calidad de la bebida y la medición del contenido de elementos químicos en el grano.

**Entrenamiento de catadores y funcionamiento del laboratorio de análisis de calidad del café y panel de catación. QIN0302.** Se realizaron 2.258 análisis sensoriales a la bebida y 1.866 análisis fisicoquímicos a granos y bebidas de café de muestras de catación y de ensayos de fermentación del mucilago, secado y tostación del café. También se analizaron sensorialmente 138 tazas de muestras de otras disciplinas de Cenicafé.

**Efecto de la fermentación en la calidad del café.** Para asegurar la calidad del grano y de la bebida de café que se produce en las fincas se efectuaron mediciones microbiológicas y fisicoquímicas a los granos y productos del proceso de fermentación del mucilago de café, se compararon diferentes métodos y se establecieron los fundamentos de los procesos que ocurren en esta etapa del beneficio húmedo del café. Se concluyó que en el beneficio húmedo de café se deben controlar cuatro puntos críticos, así: estandarizar la calidad del café en baba que se deposita en el tanque, efectuar una fermentación controlada, en el lavado retirar del grano las sustancias degradadas obtenidas y secar los granos en capas delgadas y en condiciones higiénicas.

**Sabores del café en cada etapa del beneficio.** Se tostaron frutos de café, café despulpado, café fermentado, café lavado, café pergamino rehumedecido y café almendra a condiciones controladas a 210°C. Se efectuó la evaluación de la apariencia, el color y la medición de la humedad antes y después de la tostación, se evaluaron los aromas y sabores de las bebidas, mediante catación. Cuando se tuestan frutos y café sin procesamiento ni secado, se obtienen bebidas con aspecto, aromas y sabores a cereal, verde, madera, papel y otros, diferentes a los sabores propios y característicos de la bebida de café obtenida de los granos verdes. El proceso de beneficio influye significativamente en la calidad de los aromas y sabores del café.

**Sistematización y automatización de información.** Para mejorar la eficiencia y eficacia del manejo de la información de



los resultados de las investigaciones sobre calidad del café de la disciplina se continuaron desarrollando macros para análisis de resultados, mejora de estructura de bases de datos, exportación de resultados desde varios equipos a hojas electrónicas, y programación de la página Web.

## Manejo de aguas residuales

**Diseño y evaluación de un sistema de depuración mediante plantas acuáticas para el postratamiento de las aguas residuales del beneficio del café ya tratadas por digestión anaerobia. QIN0112.** Se utilizaron 22 lagunas experimentales, con un área de 2 m de largo x 1 m de ancho x 0,5 m de profundidad, para un volumen efectivo de 1 m<sup>3</sup>, cada una, con el fin de postratar las aguas residuales provenientes del nuevo SMTA instalado en Cenicafé La Granja.

Ocho lagunas se empacaron con grava y en cuatro se sembraron nuevos géneros de macrofitas para evaluar su desempeño: diversas especies de heliconias (*Laxa*, *Sharonii*, *Mini Jamaica*, *Fucsia*, *Episcopalis* y *Brachyantha*) y *Musa coccinea* (bananito rojo), a una densidad de 5 plantas/m<sup>2</sup>. Después de 6 meses de sembradas las macrofitas se encontró un efecto de la carga orgánica sobre el material sembrado, de esta forma se presentó mortalidad de *Musa coccinea* en la laguna sometida a mayor carga orgánica, de diez plantas quedaron dos, mientras que para las diversas especies de Heliconias sometidas a la menor carga orgánica, se presentó un incremento de 10 a 30 plantas, un 300%.

En seis muestreos utilizando un policultivo de heliconias y bananito rojo, operando a un caudal promedio de 1,8 L/min., se alcanzó una remoción media de DQO de 46,54% (C.V. 37,81%) en las aguas tratadas en los SMTA, valor para todos los casos superior al presentado por *Typha angustifolia*, en la cual hubo muestreos que no mostraron remoción de carga orgánica (Figura 64).

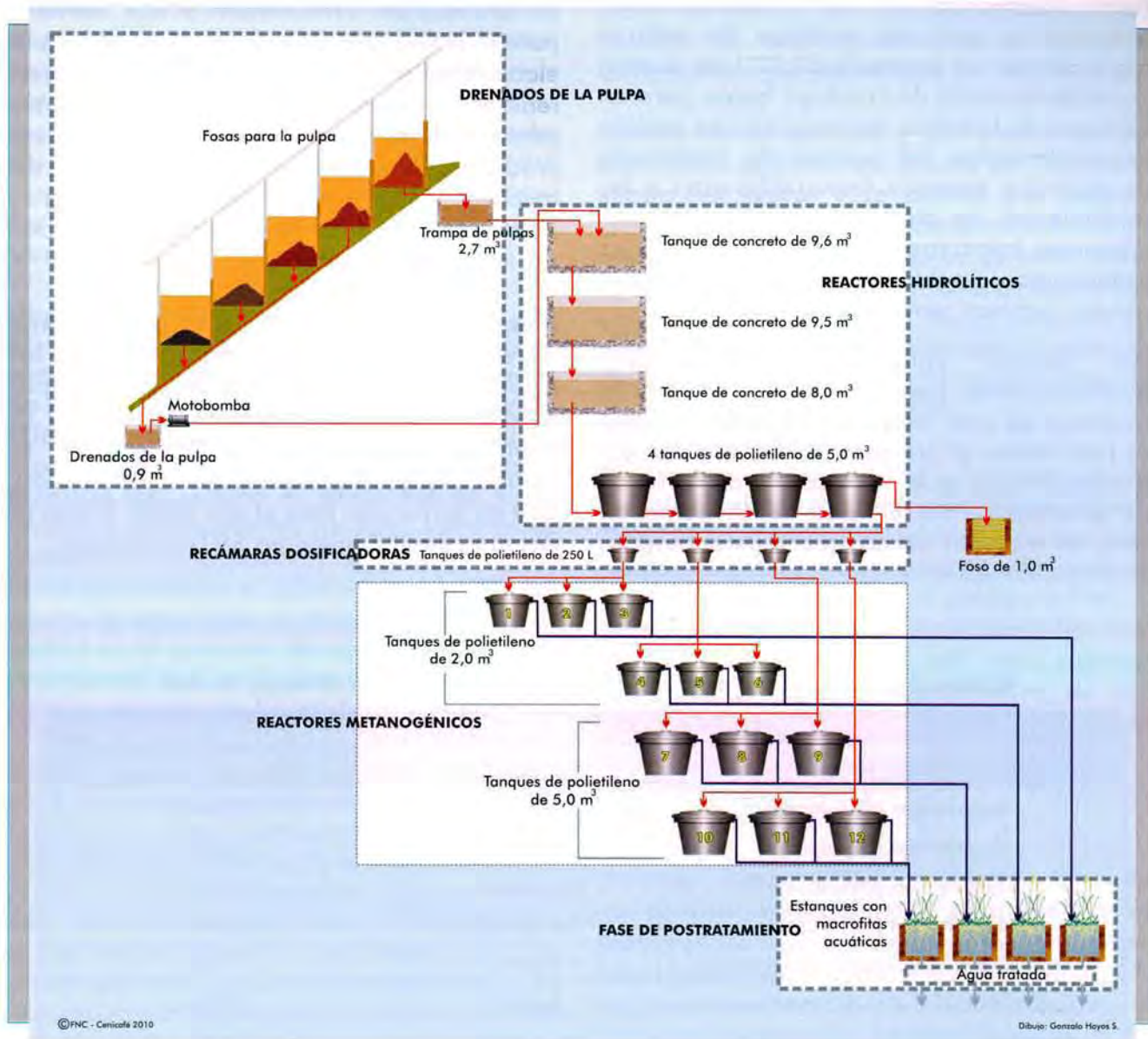
**Funcionamiento del STMA de Cenicafé La Granja.** Este sistema consta de 47 m<sup>3</sup> para hidrólisis y 42 m<sup>3</sup> para metanogénesis. Se terminaron las etapas de inoculación, incubación y arranque, y actualmente está operando para las aguas del beneficiadero experimental (Figura 65). En seis muestreos que se realizaron durante los meses de agosto y septiembre, se encontraron valores medios de 4,18 para el pH, 6.997 ppm para sólidos totales y 6.583 ppm de demanda química de oxígeno, para las aguas generadas en el beneficiadero. Después del tratamiento anaerobio se alcanzó una remoción media del 67,1% en los sólidos totales y del 77,5% en la DQO.

**Producción de alcohol carburante a partir del mucílago del café. QIN0806.** Con el fin de evaluar la potencialidad de la pulpa de café en la producción de alcohol carburante, se evaluaron 25 tratamientos que incluyeron cinco tipos de hidrólisis: natural, alcalina, ácida, enzimática con celulasas y una combinación de celulasas y pectinasas, seguidas de la fermentación alcohólica con cuatro tipos de levaduras comerciales de *Saccharomyces cerevisiae*.



■ **Figura 64.** Especie de heliconia empleada en el postratamiento de agua residual del beneficio de café.





■ **Figura 65.** Diagrama del Sistema Integral para el tratamiento de las aguas residuales del café del beneficiadero experimental.

Se determinó el contenido de azúcares reductores, pH, humedad y grados Brix de las muestras de la pulpa de café, en tanto que al alcohol rectificado y deshidratado se le midió el contenido de alcohol por hidrometría y el índice de refracción, pero falta realizar su caracterización cromatográfica. Se determinó que la mejor temperatura para la hidrólisis enzimática, con enzimas comerciales fue de 50°C y el mejor tiempo de fermentación

alcohólica fue de 15 horas. Los mejores resultados se encontraron cuando se utilizó la hidrólisis enzimática con celulasas y pectinasas, con rendimientos de alcohol de 23,24 L por tonelada de pulpa fresca, valor diferente estadísticamente de los obtenidos en los otros tipos de hidrólisis, aunque no hubo diferencias en los rendimientos alcanzados con los diferentes tipos de levaduras (Tabla 36).



Para comparación, en investigaciones anteriores a partir del mucílago del café se logró obtener en promedio 59,72 L de alcohol por cada tonelada de mucílago fresco, pero en este caso la hidrólisis del mucílago no mejora los rendimientos del proceso de producción de alcohol y tampoco fueron diferentes a los rendimientos de alcohol alcanzados con las diferentes levaduras, en comparación con los tratamientos sin hidrólisis, en los cuales se obtuvo el mayor rendimiento medio.

Los tiempos óptimos de fermentación alcohólica tanto para la pulpa como para el mucílago de café fueron de 15 horas, aunque es más simple el proceso de fermentación del mucílago dado que no requiere de la etapa de prensado. Para el caso de la pulpa de café, el material sólido que queda después

del proceso de fermentación puede utilizarse para la producción de hongos comestibles y la elaboración de abonos orgánicos. Se proyecta realizar análisis económicos y ambientales que permitan determinar los costos del proceso productivo de etanol a partir de la pulpa y del mucílago de café, y la contribución de este aprovechamiento de residuos a la reducción del impacto ambiental.

**Diseño y evaluación de un sistema para fincas para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café por biodigestión anaeróbica. QIN0103.** En total, se instalaron 548 unidades SMTA en Nariño, 40 en Magdalena (así ajustan 398), 210 en Santander. Para el año 2009, Tolima ya disponía de 927 unidades SMTA instaladas.

■ **Tabla 36.** Rendimientos medios de alcohol obtenido a partir de pulpa de café.

Tipo de hidrólisis	Levadura	Rendimiento medio de alcohol (mL/kg de pulpa)
Enzimática (Celulasas)	Seca1	23,24
Enzimática (Celulasas)	Seca2	21,66
Enzimática (Celulasas)	Prensada1	22,96
Enzimática (Celulasas)	Prensada2	20,64
Enzimática (Celulasas+ pectinasas)	Seca1	17,98
Enzimática (Celulasas+ pectinasas)	Seca2	23,04
Enzimática (Celulasas+ pectinasas)	Prensada1	19,62
Enzimática (Celulasas+ pectinasas)	Prensada2	23,18
Ácida	Seca1	5,74
Ácida	Seca2	11,26
Ácida	Prensada1	4,50
Ácida	Prensada2	2,88
Alcalina	Seca1	13,52
Alcalina	Seca2	10,22
Alcalina	Prensada1	12,08
Alcalina	Prensada2	11,80
Sin hidrólisis	Seca1	18,46
Sin hidrólisis	Seca2	18,08
Sin hidrólisis	Prensada1	19,32
Sin hidrólisis	Prensada2	17,38



### **Diseños de sistemas de tratamiento y postratamiento de aguas residuales.**

Se realizaron diez diseños para plantas de tratamiento de aguas residuales del beneficio del café, así: Uno para las Estaciones Experimentales El Rosario y El Tambo, cuatro diseños para caficultores del Quindío, dos para Caldas, un diseño para Santander y uno para Cesar.

### **Diseño, construcción y evaluación de un sistema integral para el manejo y el tratamiento de los residuos generados en la tecnología Becolsub en una finca.**

**QIN0115.** Durante el 2010 se evaluaron las unidades de control de insolubles, los tanques pulmón, las recámaras dosificadoras y las unidades metanogénicas de estos sistemas de tratamiento de lixiviados, y se encontró que la remoción ascendió en promedio a 67,63%. Las causas de estas fallas se atribuyen a la falta de control en el consumo de agua, por lo que se recomienda verificar la tecnología y operación y el uso del agua de los módulos Becolsub.

### **Evaluación de las pérdidas de peso del café durante la fermentación del mucílago.**

**QIN0161.** Para condiciones de presión atmosférica de 585 mm Hg y una temperatura media de 25°C, se procesaron 15 muestras de café en baba con pesos entre 4.000 y 22.300 g, se determinaron los volúmenes de CO<sub>2</sub> producidos a través de diferentes tiempos de proceso y se estimó su relación con los azúcares reductores del mucílago fresco y seco.

### **Proyección de las investigaciones de la Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental**

#### **Actividades a realizar en el 2011**

Publicar los resultados de los proyectos QIN0500, QIN0300, QIN3500, QIN3000,

sobre los factores que afectan la calidad, los defectos, el aseguramiento de calidad y la composición química del café.

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

**QIN3010.** Completar las determinaciones de elementos químicos en granos de café verde, continuar con las determinaciones de elementos químicos en suelos de las fincas cafeteras en estudio, analizar las relaciones entre los factores de origen y procesamiento y la composición de elementos químicos en el café.

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

**QIN3013.** Efectuar las determinaciones de elementos químicos en granos de café verde de las muestras extranjeras que consiga la FNC.

### **Diseño y evaluación de un sistema para fincas para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café por biodigestión anaeróbica.**

**QIN0103.** Continuar con las capacitaciones en diseño, construcción y operación de STMA.

### **Diseño, construcción y evaluación de un sistema integral para el manejo y el tratamiento de los residuos generados en la tecnología Becolsub en una finca.**

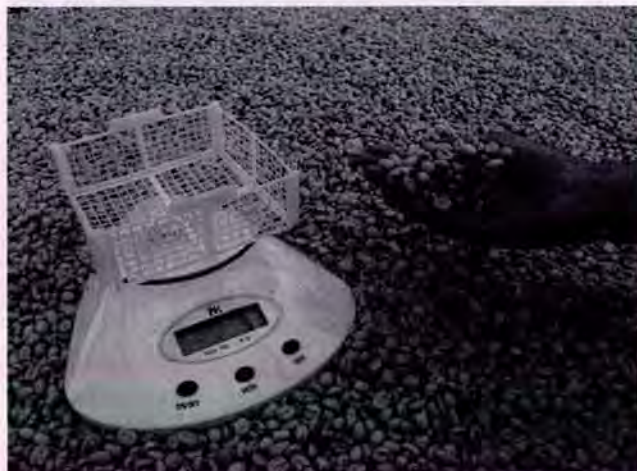
**QIN0115.** Implementar métodos para disminuir el consumo de agua en los Becolsub, con el fin de aumentar la eficacia de la remoción en el tratamiento de lixiviados por SITAL.

### **Producción de alcohol carburante a partir del mucílago del café.**

**QIN0806.** Realizar análisis económicos y ambientales que permitan determinar los costos del proceso productivo de etanol a partir de la pulpa y del mucílago de café y la contribución de este aprovechamiento de residuos a la reducción del impacto ambiental.



# Disciplina de Ingeniería Agrícola



## Objetivo

Desarrollar o adaptar tecnologías para hacer ambiental, social y económicamente sostenibles las actividades de cultivo, cosecha y postcosecha del café.

## Proyecciones a mediano plazo (5 años)

- Desarrollar tecnologías para asistir la cosecha manual de café.
- Desarrollar tecnologías para la cosecha semi-mecanizada del café basadas en visión artificial.
- Desarrollar tecnologías para la cosecha semi-mecanizada del café utilizando vibradores portátiles.
- Desarrollar aplicaciones que permitan optimizar las labores de campo, cosecha, beneficio y secado, que puedan ser utilizadas por los usuarios (caficultores, técnicos del Servicio de Extensión) en ambiente Web.
- Desarrollar tecnología para la determinación del "punto" de lavado del café en proceso con fermentación natural.

- Avanzar en el conocimiento del proceso de fermentación natural con el fin de identificar condiciones físicas, químicas y biológicas que permitan obtener calidades de café con características especiales.
- Desarrollar tecnología para el lavado del café, con bajo consumo específico de agua ( $< 0,5$  L/kg cps), que permita controlar el 100% de la contaminación de las aguas.
- Desarrollar tecnología para el manejo de lixiviados generados en la tecnología Becolsub.
- Desarrollar tecnología para secado mecánico del café, en pequeña escala, de bajo impacto ambiental.
- Desarrollar tecnología para la medición en línea de la humedad del café durante el proceso de secado mecánico.
- Desarrollar tecnología modular para el secado solar del café, que pueda ser ensamblada en la finca por el caficultor, con costo inferior a \$ 30.000/m<sup>2</sup>.
- Desarrollar tecnología para la cosecha mecanizada de café, adecuada para algunas condiciones de la caficultura colombiana.
- Utilizar la visión artificial para la clasificación de café lavado y despulpado.
- Obtener plásticos biodegradables a partir de subproductos de café.
- Obtener materiales de construcción a partir de subproductos de café.
- Desarrollar tecnología para el secado dinámico del café pergamino.
- Desarrollar tecnología para el despulpado del café que se adapte automáticamente a los diferentes tamaños de los frutos de café.
- Desarrollar metodologías para la compra y manejo seguro del café húmedo.
- Desarrollar tecnologías modulares para el proceso de beneficio de café (Infraestructura con tecnología para beneficiaderos de acuerdo a las capacidades).
- Aportar soluciones a problemas encontrados en otras etapas de la cadena del café, trilla y comercialización, entre otras.

## Proyecciones a largo plazo (> 5 años)

- Desarrollar tecnologías para la remoción del mucilago del café con control de las principales variables físicas, química y



- biológicas, que permitan obtener cafés de alta calidad nuevos, en forma consistente.
- Desarrollar tecnología para la cosecha mecanizada del café, de alto rendimiento, que pueda ser utilizada en algunos cafetales colombianos para obtener café de alta calidad con costo unitario al menos 30% inferior al observado en cosecha tradicional.
- Desarrollar tecnologías para atender labores del cultivo de café (siembra, control de arvenses, aplicación de fertilizantes, aplicación de plaguicidas) basadas en conceptos de agricultura de precisión.
- Desarrollar aplicaciones de la mecatrónica para incrementar la eficiencia y reducir los costos en los procesos de cultivo, cosecha y postcosecha de café.
- Desarrollar máquinas con inteligencia artificial para el despulpado de frutos de café, que permitan procesarlos según su estado de madurez y sanitario y de su tamaño.
- Desarrollar tecnología para el secado mecánico del café que permita obtener café de alta calidad, con alta eficiencia térmica, operación automática y bajo impacto ambiental, utilizando nuevos combustibles.
- Contribuir al desarrollo de caficultura en nuevas áreas del país, con altos niveles de mecanización, automatización y empleo de TICs.
- Aportar soluciones a problemas encontrados en otras etapas de la cadena del café, trilla y comercialización, entre otras.

### **Actividades desarrolladas por la Disciplina de Ingeniería Agrícola**

La disciplina adelanta investigaciones en las áreas de Cosecha, Beneficio y Mecanización del Cultivo del café. Adicionalmente, capacita a caficultores y a técnicos del Servicio de Extensión de la Federación.

En las investigaciones que se adelantan se busca contribuir a las áreas claves de Cenicafe: Viabilidad Económica del Café, Calidad y Cafés Especiales, Conocimiento Estratégico y Sostenibilidad ambiental.

## **Cosecha de café**

### **Cosecha manual**

**Cosecha de café con la herramienta Raselca. ING0143-IPA.** Se realizaron modificaciones al diseño inicial con el fin de mejorar la calidad del material cosechado y permitir el uso de la herramienta Raselca en pases de cosecha, en nudos con concentración de frutos maduros menor a 50%. Uno de los dispositivos desarrollados, denominado Raselca, con diámetro reducido o Raselca-DR, se evaluó en un lote afectado por roya, asperjado con un madurante (Ethrel) quince días antes del pase de cosecha, con una oferta de frutos maduros por árbol superior a 3 kg y porcentajes de maduración del 85%, teniendo como testigo el raspado manual. Para la recepción de los frutos desprendidos con ambos métodos de cosecha se utilizó un dispositivo construido en tela impermeable de 1,5 x 1 m, adherida en un extremo a un bolso de almacenaje sujeto a la cintura del operario y al otro a un gancho para ser ubicado en el árbol. Los resultados obtenidos muestran incremento en el rendimiento del 30% empleando tanto el Raselca-DR como el raspado manual, con porcentajes de frutos verdes en la masa cosechada en ambos casos de 2,75%, que están ligeramente por encima del límite permitido (2,5%).

**Validación de métodos de recolección manual asistida de café. ING0175.** Se utilizó el dispositivo Canguaro en la Estación Experimental Pueblo Bello en el Departamento del Cesar, en cafetales de Variedad Castillo® de 3ª cosecha, terreno pedregoso, sombrío de guamo, sembrado a 2 x 1m, dos tallos por sitio, pendiente moderada-alta. Con el empleo del equipo Canguaro se observó que es posible disminuir las pérdidas en el suelo con relación al canasto tradicional hasta en un 50%. Los rendimientos de los recolectores fueron ligeramente inferiores con el Canguaro que los promedios individuales con el sistema tradicional, salvo pocas ocasiones.



En las investigaciones y validaciones llevadas a cabo hasta la fecha se ha comprobado que con el equipo de cosecha Canguaro se mejoran los indicadores de cosecha eficacia (frutos maduros dejados en el árbol), pérdidas (frutos caídos al suelo) y calidad (frutos verdes en la masa cosechada); sin embargo, el rendimiento no se ha logrado incrementar consistentemente debido a que el usuario disminuye las actividades de desprendimiento que realiza con la mano que soporta el aro por el peso de éste y por la dificultad para desplazarse con el aro en algunas partes del árbol. Para superar lo anterior y para disminuir el costo del Canguaro, se diseñó un nuevo dispositivo con dos mangas. Se reemplazó el aro del modelo inicial por dos guantes de menor tamaño que cubren el contorno de cada mano, se fijan a la muñeca de operario en un extremo y el otro se fija al dedo índice a través de un pasador. Este sistema cubre toda la mano de los operarios y garantiza que cada fruto desprendido ingrese a la manga y no caiga al suelo, protege las manos del sol, raspaduras y picaduras de insectos, y evita el ingreso de hojas y ramas al café recolectado.

Los recolectores han mostrado aceptación por el nuevo dispositivo, denominado Canguaro 2M (Figura 66), logrando incrementar su



■ **Figura 66.** Dispositivo para cosecha de café Canguaro 2M.

rendimiento hasta en 30%, conservando los excelentes resultados obtenidos para los indicadores eficacia, pérdidas y calidad.

Se validó la contribución del dispositivo Canguaro 2M en los cuatro indicadores utilizados en la cosecha de café (eficiencia, eficacia, pérdidas y calidad), mediante investigación participativa en los municipios de Belén de Umbria y Mistrató (Risaralda). Se contó con la participación de 63 caficultores pequeños y 7 grandes. En general, al comparar los indicadores obtenidos con caficultores grandes, pequeños y en la Estación Central Naranjal se encontró, que la eficiencia fue mayor en Naranjal; la eficacia fue igual para caficultores pequeños y Naranjal; las pérdidas fueron mayores en caficultores grandes y la calidad registró un valor menor en Naranjal, pero éste fue estadísticamente igual al encontrado para caficultores grandes. Por otra parte, el estudio reveló que los usuarios del dispositivo Canguaro 2M aprecian muchas características del equipo entre las que sobresale el diseño del equipo, que permite mayor comodidad y el aporte a una mejor calidad de café recolectado.

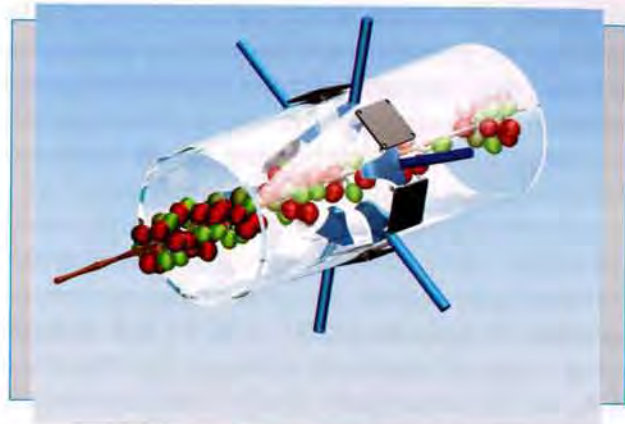
### **Cosecha asistida y semi-mecanizada**

**Equipo portátil para la cosecha de café con aplicación de impacto a los frutos o vibración de las ramas. ING0145.** En pruebas realizadas en la Estación La Catalina, se evaluó el desempeño del equipo portátil para la cosecha de café con aplicación de impacto a los frutos o vibración de las ramas (Alfa), utilizando mallas sarán y canasto con lona, denominado Burrococo, como sistemas de recibir de frutos, obteniendo 2.276 kg de café cosechado durante 44 horas, con seis operarios. Se alcanzaron rendimientos de hasta 13,7 kg/h por recolector, aumentando hasta en un 70% el logrado en cosecha tradicional. El porcentaje de frutos verdes fue del 5% en la masa de café cosechado y las pérdidas fueron de 15 frutos/plato, utilizando el Burrococo, y 2 frutos/plato utilizando mallas.

**Cosecha de café con Vibradores Portátiles de Tallo (VPT's). ING0158 y Mejoramiento de la transmisión de vibración en árboles**



**de café en cosecha semi-mecanizada, ING0153.** En estos experimentos se diseñaron y construyeron sistemas de confinamiento con el objetivo de transmitir el movimiento eficientemente (ING0153) en todo el árbol generado por el Vibrador Portátil de Tallo (ING0158), incrementar el desprendimiento de fruto y facilitar su recolección. En pruebas preliminares con los dos sistemas de confinamiento se comprobó que aplicar vibraciones al árbol desde afuera, utilizando un sistema de confinamiento, es más efectivo para desprender frutos que aplicar vibraciones al tronco. En árboles con carga promedio de frutos maduros de 860 g/árbol, el rendimiento potencial varió en el rango 85 a 560 kg/h/vibrador y el rendimiento efectivo, incluyendo el tiempo para instalar y desinstalar el sistema de confinamiento, varió en el rango 2,7 a 11,7 kg/h, con un porcentaje promedio de frutos verdes en la masa cosechada del 39%.



■ **Figura 67.** Concepto virtual de una herramienta para cosecha de café utilizando visión artificial

**Desarrollo y evaluación de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva del café. ING0177.** Se busca diseñar una herramienta portátil para la cosecha de café, utilizando visión artificial para el reconocimiento de los frutos maduros, que pueda ser utilizada en un rango amplio de oferta de éstos y desprenderlos selectivamente. En la Figura 67 se presenta un concepto virtual del nuevo dispositivo. En la primera etapa de la investigación se realizó un ajuste fino al algoritmo de identificación de frutos de café, utilizado en el experimento ING0155 – *Analizador óptico para frutos de café*, observando que se requiere ajustar el algoritmo para la identificación correcta de los frutos inmaduros a través del criterio de la moda. Se realizaron actividades tendientes al diseño físico de la herramienta, tanto del sistema de identificación, como del sistema de desprendimiento. Por medio de una metodología estructurada de diseño se definieron diferentes opciones de diseño, las cuales fueron evaluadas en su totalidad para el sistema de identificación y fueron formuladas totalmente para el sistema de desprendimiento. Se diseñó y construyó un sistema de iluminación, inicialmente para ser usado con sensores de color dentro de la herramienta, finalmente las pruebas se realizaron con sensores de imagen

(cámaras Web) visualizando el interior de la herramienta, donde se tenía concéntricamente la rama. Se adelantaron algunas observaciones para el diseño algorítmico de la herramienta, utilizando videos, que definieron los pasos básicos del procesamiento digital de imágenes, según los requerimientos iniciales, es decir, los pasos del procesamiento pueden verse modificados en la medida que se realicen cambios físicos en la herramienta.

### Beneficio del café

Se adelantan investigaciones en separación de frutos pintones por medios mecánicos, evaluación de una enzima para la remoción del mucílago del café, determinación del punto de lavado del café en fermentación, lavado mecánico del café, manejo de lixiviados y mieles de café con evaporación y tecnología para la medición en línea del contenido de humedad del café durante el secado en silos.

**Separación de frutos pintones de café por medios mecánicos. ING1122.** Cuando el porcentaje de frutos pintones en el café que llega al beneficiadero es relativamente alto, situación que se presenta con mayor frecuencia al inicio y al final de la cosecha, se pueden originar tazas con sabor astringente. Los granos resultantes de frutos pintones presentan propiedades físicas y geométricas similares a



las de los obtenidos de frutos maduros, por lo cual no se pueden separar en las diferentes etapas del beneficio con las tecnologías utilizadas actualmente. En esta investigación se evalúa un equipo fabricado por le empresa JMEstrada, diseñado para separar frutos que generalmente no se despulpan en las máquinas utilizadas, como verdes, secos y atacados por la mancha de hierro. En los ensayos realizados con flujo de café de 1.500, 2.000 y 2.500 kg/h con porcentaje de frutos pintones de 4%, 7% y 10%, se ha observado eficacia de separación en el rango de 46,25% a 99,30%. En la Figura 68 se presentan los frutos de café separados en la máquina JMEstrada 2500, se observa alto porcentaje de frutos pintones.

#### **Evaluación de métodos para identificar el punto de lavado del café en fermentación.**

**ING1123.** Se realizaron ajustes a un dispositivo diseñado para determinar la finalización del proceso de fermentación natural del mucílago del café, en forma de cono truncado, en aspectos relacionados con las dimensiones, materiales, sistema de cierre y medición. Adicionalmente, se elaboró una estructura en forma de arnés, en acero inoxidable, con el fin de confinar la malla, darle rigidez y controlar el volumen de dispositivo. Se realizó la evaluación y se inició la validación en fincas de caficultores. La evaluación del dispositivo diseñado permitió confirmar que el principio basado en cambios



■ **Figura 68.** Frutos de café separados en la máquina JMEstrada 2500.

en la densidad del café entre los estados despulpado y con mucílago degradado sirve para determinar efectivamente el punto de lavado del café en fermentación, a través de los cambios de volumen que presenta la masa dentro del dispositivo. Se identificó el punto final cuando la altura del espacio libre en el cono alcanzó valores entre 85 – 90 mm, con los cuales se obtuvo un porcentaje de remoción de mucílago entre 95% y 98%.

#### **Evaluación de una enzima pectinolítica para el desmucilaginado del café.**

**ING1132.** Se evaluó el efecto en la remoción del mucílago del café de cuatro concentraciones de la enzima Rohapect TPL (100, 200, 300 y 400 ppm) y tres temperaturas (15, 20 y 25°C). Adicionalmente, se determinó su efecto sobre la calidad final del café, a través de la evaluación sensorial y sobre los Sólidos Suspendidos, Sólidos Totales, Demanda Química de Oxígeno y pH, que caracterizan la calidad del agua residual proveniente del lavado del café. Se utilizó un diseño completamente aleatorio en arreglo factorial 5 x 3 (cinco concentraciones de enzima x tres temperaturas). Se determinó que la remoción de mucílago utilizando la enzima Rohapect TPL no depende de la interacción de los factores, corroborando la hipótesis de trabajo. Así mismo, con el uso de esta enzima se obtiene un tiempo de remoción de mucílago superior al 98% en máximo de tres horas. Se determinó que no existe diferencia en la carga orgánica de las aguas residuales, ni en la calidad final del café con relación a los tratamientos con fermentación natural.

#### **Determinación del consumo específico de agua para el lavado del café con la tecnología DESLIM, en fermentación natural.**

**ING1129.** Se evaluó un dispositivo para lavar café en proceso con fermentación natural. El equipo utilizado, desmucilagador DESLIM 1000 con modificaciones en el rotor para reducir el daño mecánico al café, se evaluó considerando los siguientes flujos de café lavado y caudales de agua: 1.000 y 1.500 kg/h (3,0, 4,0 y 5,0 L/min.) y 1.900 kg/h (5,0 y 6,0 L/min.). En cada unidad experimental de cada tratamiento, cinco en cada uno, se registró la siguiente información: tiempo, porcentaje inicial



y final de mucílago, torque y daño mecánico. A partir de esta información se obtuvieron las siguientes variables de respuesta: rendimiento (kg/h), eficacia de remoción de mucílago (%), daño mecánico al café (%) y potencia (W). Los resultados indican que con el equipo DESLIM modificado puede lavarse café con capacidad de 1.500 kg/h y caudal de agua de 5,0 L/min., para retirar más del 95% del mucílago presente en el café (degradado y adherido), con daño mecánico al café de máximo 0,4%. Para operar el equipo se requiere potencia de 2,0 kW. Las mieles resultantes del proceso de lavado con el equipo pueden ser deshidratadas y utilizadas como fertilizante orgánico posteriormente, empleando secadores solares tipo túnel (Figura 69), en 4 a 8 días, evitando el 100% de la contaminación generada en el proceso.

#### **Disminución del impacto ambiental en la tecnología Becolsub mediante la evaporación de lixiviados. ING0128.**

Se completaron las evaluaciones de campo utilizando un evaporador de bandejas para recibir los lixiviados resultantes de los drenados de la pulpa, utilizando los gases resultantes de la combustión del secado mecánico del café. Adicionalmente, se realizaron los análisis de laboratorio para las variables pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Totales Volátiles (STV) y Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV). Los resultados más importantes para las distintas fases del proceso fueron: el volumen promedio de lixiviados colocados en el evaporador fue de 31,86 L con un límite superior de 55,40 L e inferior de 20,00 L, en promedio se evaporó 71,42% del volumen de lixiviados depositados, con un límite superior de 86,01% e inferior de 48,98%, la bandeja #1 presentó el mayor porcentaje de evaporación con un 68,28%, debido a que en esta bandeja se alcanzó la mayor temperatura de 58,68°C en promedio, el total de lixiviados evaporados para las 14 pruebas fue de 277,19 L en 467 horas de secado del café, con una relación de 0,59 L/h de lixiviados evaporados. Se empleó un tiempo promedio de secado de 33,31 h por una tanda de 9 @ de c.p.s. El consumo específico de carbón fue de 1,47 kg/h. La DQO de los lixiviados en promedio fue 93.244 ppm de

DQO/L y luego de ser sometidos al proceso de evaporación, alcanzó un promedio de 329.729 ppm de DQO/L. En investigaciones futuras se evaluarán alternativas para el aprovechamiento industrial de los residuos obtenidos.

#### **Secado del café**

##### **Evaluación de tecnologías solares parabólicas para el secado del café. ING0831.**

Con el fin de mejorar el desempeño de los secadores de túnel solar desarrollados en Cenicafé, en condiciones climáticas desfavorables, se realizaron ensayos utilizando un concentrador solar parabólico, con y sin acumulador de energía. Para acumular energía, en la base del secador se colocó un lecho de piedras de aproximadamente 1,57 m<sup>3</sup>. No se observó disminución en el tiempo de secado. Cuando no se utilizó acumulador de energía, en días con poco brillo solar se logró disminuir el tiempo de secado en 22,4%. En días con menor precipitación y mayor brillo solar no se observó disminución en el tiempo de secado. Se requiere mayor trabajo experimental en diferentes condiciones climáticas para definir la viabilidad técnica del concentrador parabólico en el secado solar del café. Se diseñó un secador de túnel solar modular de 1 m x 6 m (Figura 70), que puede ser ensamblado por una persona en menos de 4 h, disminuyendo notoriamente el costo de la mano de obra asociada a la construcción de las tecnologías para secado solar diseñadas en Cenicafé, que con frecuencia representa más del 50% del costo de un secador.

##### **Determinación del contenido de humedad del café en tiempo real durante el secado en silos. ING0833.**

Se realizaron 26 pruebas con una altura de capa de granos de 10, 20, 30 y 40 cm, en secadores de capa estática de 4,5 y 10 @ de c.p.s., y cuatro pruebas con capas de 30, 35 y 40 cm en el silo secador Cenicafé, de 160 @ de c.p.s., utilizando el método OK Café, en el cual se pesa el café contenido en una columna de igual altura a la capa colocada en el silo; cuando la masa de café pierde el 47,3% de su peso inicial, el café presenta contenido de humedad del 10% al 12% base húmeda (b.h.).





■ **Figura 69.** Desechización de mieles de lavado utilizando energía solar.



■ **Figura 70.** Modelo de secador de túnel solar de rápido ensamble.

Con la aplicación del método se obtuvo café seco con humedad final entre el 10% y 12% en las alturas de capa consideradas, en el 100% de los ensayos realizados. Adicionalmente, se observó que los resultados obtenidos con el método no son afectados por la altura de la capa de granos. A partir de los resultados obtenidos en Cenicafé se iniciarán ensayos en fincas en el marco de la Investigación Participativa (IPA), en la cosecha principal del 2010.

### Investigación estratégica

Se genera información básica, aplicada o tecnologías complementarias para la cosecha y el beneficio del café.

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

**ING0152.** El objetivo del sistema de control es mantener vertical el pórtico de la cosechadora,

independiente de la inclinación del terreno, la aparición de obstáculos en el camino y la fuerza que ejerzan los cafetos sobre la estructura. De acuerdo a parámetros de diseño de la cosechadora, el sistema de control debe garantizar principalmente dos aspectos: el primero, que la inclinación del pórtico nunca sea mayor a 8 grados con respecto al eje vertical; y el segundo, que el tiempo de establecimiento sea de unos pocos segundos. En simulaciones previas se demostró que una estrategia de control Proporcional-Integral-Derivativa (PID) era adecuada para cumplir estos requerimientos. Además, se calcularon los parámetros del controlador y de los sensores a utilizar.

De acuerdo con el esquema del circuito electrónico del sistema de control de verticalidad Ergatis, el cual fue evaluado previamente en un modelo a escala con buenos resultados, se optó por comenzar el montaje del sistema en la cosechadora real.



## Disciplina de ETIA



### Investigación Forestal y Equipo Técnico de Normalización

El Programa ETIA ha enmarcado su gestión dentro de los siguientes objetivos como contribución a la misión de Cenicafé:

- Generar y transferir tecnologías que permitan el desarrollo de las diferentes actividades de diversificación bajo parámetros adecuados de productividad, sanidad, calidad, competitividad y rentabilidad
- Dentro del concepto de sostenibilidad, conocer el potencial de nuestros recursos naturales y favorecer su conservación
- Determinar los materiales genéticos de mejor adaptación y comportamiento en las condiciones agroecológicas de la región cafetera, seleccionar y ofrecer a los productores los que ofrezcan las mayores ventajas comparativas
- Conocer las características de nuestros productos y estudiar las técnicas postcosecha,

que permitan conservar su calidad desde las zonas de producción hasta el consumidor final

- Propender por el bienestar de las familias rurales a través de la explotación rentable de los diferentes renglones de diversificación, como complemento a los ingresos de la actividad cafetera

Las investigaciones están enmarcadas en las siguiente áreas claves: Sostenibilidad Ambiental, Calidad y Cafés Especiales, Viabilidad Económica.

Con base en lo anterior, para esta vigencia se consideran los siguientes logros:

**Mejoramiento genético de especies forestales *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Oken y *Tabebuia rosea* (Bertol) DC.** Se realizó la detección de fitoplasma del grupo 16srIII en árboles de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken, afectados por el "arrosetamiento del nogal" y se identificaron 12 clones tolerantes a la enfermedad.

En la Estación Central Naranjal se establecieron 11 genotipos de nogal cafetero *Cordia alliodora* de mayor productividad y con tolerancia al "arrosetamiento", en los ensayos de procedencias y progenies de Cenicafé.

En parcelas demostrativas, establecidas en los departamentos de Quindío, Risaralda y Caldas, se instalaron 6,4 ha de nogal cafetero (*Cordia alliodora*) y 4,3 ha de guayacán rosado (*Tabebuia rosea*), en plantación pura y en sistemas agroforestales de los genotipos de más alta productividad.

En la Estación Experimental La Catalina, se estableció el primer huerto semillero clonal de *Tabebuia rosea*, el cual cuenta con 230 rametos de 23 genotipos, 10 por genotipo, bajo un diseño de bloques completos al azar. Esto permitirá disponer de semilla seleccionada en zona cafetera para los diferentes programas de reforestación.

**Aspectos fitosanitarios limitantes para el cultivo del nogal cafetero (*Cordia alliodora*) y aliso (*Alnus acuminata* ssp *acuminata*).**



Se determinó el promedio de la duración del ciclo de vida de *Dictyla monotropidia*, principal plaga de *Cordia alliodora*. En casa de malla, desde la postura hasta adulto el ciclo fue de 159 días, así: huevo  $15,5 \pm 0,1$  días, los cinco estados ninfales 28,5 días y adulto  $115 \pm 2,4$  días, en promedio.

Se hizo una descripción de los estados de vida de *Corthylus zulmae*, principal plaga del aliso (*Alnus acuminata*). Se estimó que un ciclo completo puede superar los 48 días y que los huevos requieren alrededor de 28 días para llegar hasta el estado adulto. Para su reproducción utiliza árboles decadentes o troncos en el suelo con bajos contenidos de humedad.

En el laboratorio se evaluaron los entomopatógenos con potencialidad para el posible control de *Corthylus zulmae*, éstos fueron: *Brocaril*, *Beauveria bassiana* 9205, *Metarhizium anisopliae* 9236, *B. bassiana* mezcla y *Metatrópico*, con porcentajes de mortalidad a los 10 días después de la inoculación de: 100%, 100%, 96,3%, 96,3% y 85,19%, respectivamente.

De otra parte, el Equipo Técnico de Normalización de Cenicafé durante el 2010 continuo con su contribución al fortalecimiento de la *Cultura de la Sostenibilidad* en el proyecto Modelos Innovadores - Jóvenes Caficultores, con la implementación del Sistema Integrado de Gestión en Buenas Prácticas Agrícolas, donde se destacan los siguientes resultados:

Desarrollo de un proceso de formación que involucra a Jóvenes de ocho UCAEs (Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima, Santander, Norte de Santander, Magdalena), diseñado específicamente para jóvenes, el cual estuvo liderado por la Fundación Manuel Mejía, y en el cual Cenicafé participó en la estructuración técnica bajo el enfoque de BPA y en el aporte de información del diagnóstico para el diseño de los estudios de caso. Los módulos de capacitación fueron:

Módulo 1. Gerenciando mi empresa cafetera: en este estudio los jóvenes adquirieron el

conocimiento y las herramientas necesarias para gerenciar de manera exitosa su empresa.

Módulo 2. Sistemas de producción de café sostenibles: se involucran conceptos de gestión, iniciativas de sostenibilidad (sellos, certificación o verificación), buenas prácticas agrícolas en los diferentes procesos de producción de café, a través de los componentes de calidad, medio ambiente y responsabilidad social. Esta formación se complementó con el conocimiento de los Investigadores de Cenicafé en cada una de las prácticas que se consideró necesario.

Módulo 3. Seguridad Alimentaria: con esta información los jóvenes quedarán capacitados para autoabastecerse con los recursos de la finca. Adicionalmente incluye temas de nutrición.

Al final del ciclo de formación los jóvenes caficultores accederán al título "Auxiliares en gestión e implementación de buenas prácticas en café", el cual será otorgado por el SENA y la Fundación Manuel Mejía. Adicionalmente, los jóvenes obtuvieron certificados en competencias laborales en las siguientes normas:

- Obtener colinos de café de acuerdo con los parámetros de calidad
- Establecer plantaciones de café con criterios de sostenibilidad y competitividad
- Recolectar el café con criterios de calidad, eficiencia, eficacia y minimizando las pérdidas

En las ocho UCAEs, con base en el diagnóstico, se realizaron las adecuaciones en infraestructura, asociadas a cada componente social, ambiental y económico:

En bodegas de almacenamiento de insumos (agroquímicos, herramientas y equipos agrícolas) con conceptos de buenas prácticas, se señalaron las áreas de acuerdo a las normas vigentes, localizadas estratégicamente en lugares visibles de tal forma que los jóvenes y los trabajadores de campo conozcan claramente la información contenida en las señales, ya sean de protección, prevención y prohibición, y de esta manera fomentar procesos educativos y culturales.



Así mismo, se realizaron adecuaciones de saneamiento básico, con la instalación de pozos sépticos, trampas de grasa, centros de acopio para la recolección de residuos peligrosos, fosas de compostaje para el manejo de los residuos ordinarios. En este componente se complementó en conjunto con la corporación Campo Limpio, un plan de capacitación en temas relacionados con el manejo seguro de agroquímicos, se instalaron centros de acopio temporal de residuos peligrosos, que benefician a los jóvenes y a la comunidad vecina.

En las viviendas de trabajadores (cuarteles), en cada UCAE se entregó dotación para el manejo seguro de agroquímicos y manejo de motosierras y guadañas.

Al finalizar el año, todas las UCAEs estarán certificadas o verificadas o cercanas a finalizar el proceso por alguna de las iniciativas de sostenibilidad, de acuerdo a los criterios definidos por cada Comité Departamental de Cafeteros.

En conjunto con la Gerencia Comercial, la Fundación Manuel Mejía y algunos Comités Departamentales de Cafeteros, se diseñaron y entregaron las herramientas didácticas para

apoyar el proceso de implementación del Código 4C:

- Guía para el productor titulada "Plan de Mejoramiento Continuo para el Código Común para la Comunidad Cafetera 4C"
- El juego de mesa Recorriendo Nuestra Tierra Cafetera
- El juego de mesa Concéntrese, para fortalecer el concepto de las prácticas inaceptables

Con el área de Tecnología se finalizó el Sistema de Trazabilidad "Seedtrack" para la semilla Variedad Castillo®, el cual se implementará en la Estación Central Naranjal y las Estaciones Experimentales que producen semilla. Actualmente está en pruebas piloto para ajuste y puesta en marcha a partir de enero de 2011.

Por solicitud de la Cooperativa de Caficultores de Manizales se elaboró la "Guía documental para cafés sostenibles", con el objetivo de estandarizar la toma de la información en las fincas de cada uno de los asociados. La guía contiene registros para el diligenciamiento diario, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual, de acuerdo a la actividad que se desarrolle y aplica para evidenciar la gestión integral (calidad, social y ambiental) de la empresa cafetera.



## Disciplina de Biología de la Conservación



Durante este último período, se avanzó en la evaluación del impacto del enfoque participativo en la investigación en la cultura ambiental e interés por la conservación de las comunidades cafeteras. Como resultados de esta evaluación se detectaron avances en el conocimiento que las comunidades tienen de su biodiversidad y en su interés y autonomía para desarrollar acciones en conservación. También se concluyó una evaluación del efecto de la certificación *Rainforest Alliance* en la biodiversidad, principalmente se avanzó en la evaluación del valor ecológico del sombrero de café para la conservación de mamíferos arbóreos, un grupo taxonómico aún muy desconocido en zonas cafeteras. Estas evaluaciones permiten identificar ventajas y desventajas de ese modelo de trabajo con las comunidades y de la adopción de los criterios de esa certificación

ambiental al café, de manera que se puedan sugerir correcciones y reconocer logros.

Se hicieron adelantos en la caracterización de la biodiversidad en la región del Guavio. Esta información servirá para formular programas de conservación a nivel regional y reconocer y valorar el papel de la caficultura de la zona para ese fin. Se continuó trabajando con comunidades cafeteras en el estudio de la avifauna de sus regiones y promoviendo su conservación, y se concluyó la etapa de laboratorio y campo del estudio de la relación entre la vegetación y biodiversidad del suelo y el papel de esta relación en la diversidad vegetal en regiones tropicales.

### Resultados en investigación

En el transcurso del año se hicieron adelantos significativos en los tres proyectos realizados en convenios con instituciones interesadas en la conservación y la sostenibilidad ambiental. Se concluyeron las actividades de experimentación, análisis y producción del informe del proyecto realizado bajo un convenio con *Rainforest Alliance* para la evaluación ambiental, social y económica de la aplicación de las normas de la Red de Agricultura Sostenible (RAS). Se emprendió la tarea de operar como coordinadores del proyecto y de adelantar las evaluaciones del valor ecológico del sombrero para mamíferos arbóreos, especialmente de monos nocturnos, una especie considerada como vulnerable a la extinción. Se avanzó en el proyecto realizado en convenio con Patrimonio Natural y la participación del Comité de Cundinamarca y Corpoguavio, para promover la conservación y producción sostenible del recurso hídrico, la biodiversidad y los servicios ambientales en el área de influencia del embalse del Guavio. La tarea ha sido la evaluación del estado de la biodiversidad con un enfoque participativo y definición de los corredores biológicos en la zona. Finalmente, en este año se concluyó una etapa más del proyecto de "Censos participativos de aves con comunidades cafeteras" que se adelanta bajo un convenio con *The Nature Conservancy*; en esta etapa aumentó el grado de autonomía y



compromiso de las comunidades que participan en el proyecto, lo cual se ha logrado mediante el uso de herramientas como la creación y apoyo de grupos de observadores de aves y su fortalecimiento, a través de la capacitación en temas que contribuyen a la autogestión de proyectos. Adicionalmente, los esfuerzos en la divulgación y transferencia han contribuido a la apropiación del conocimiento regional por parte de la comunidad, generando arraigo hacia sus recursos y sus regiones.

Durante este año se concluyó la evaluación del impacto del proyecto de censos participativos en las actitudes, conocimientos y disposición para actuar en conservación, de los caficultores. Esta evaluación permite avanzar en el mejoramiento del enfoque participativo en la investigación de biodiversidad como una herramienta de conservación en el paisaje cafetero.

**Conservación de las aves migratorias boreales en zonas cafeteras de los Andes colombianos. BDC0120.** Durante esta etapa del proyecto se trabajó en 16 localidades, en seis departamentos del país. Las actividades realizadas se planificaron de acuerdo a los intereses y características de cada una de las comunidades participantes, de los objetivos del proyecto y de la evolución del trabajo en cada lugar. Las actividades principales fueron: censos participativos de aves en 14 localidades, apoyo a siete grupos de observadores de aves (dos de ellos conformados este año), talleres en temas de conservación a caficultores y extensionistas, adelantos en el estudio "valoración de los cafetales y cacaoales de San Vicente de Chucurí para la conservación de las aves migratorias y amenazadas" y diagnóstico detallado de la situación de los fragmentos de bosque de roble en la zona cafetera del sur del Huila. Además, se organizaron y crearon actividades didácticas que son empleadas para la educación con las comunidades.

**Diagnóstico detallado de la situación de los fragmentos de bosque de roble en la zona cafetera del sur del Huila.** El objetivo de esta investigación fue realizar un diagnóstico de los robledales localizados en la zona cafetera de la región sur del departamento del Huila, como

parte del proyecto "Conservación de las aves migratorias boreales en zonas cafeteras de los Andes colombianos - TNC", luego de haber identificado su altísimo valor para la conservación de la diversidad asociada y, en particular, de aves residentes y migratorias. El departamento del Huila, conserva aproximadamente el 25% del total del ecosistema de robledales presente en el país, dentro de los cuales hacen presencia las dos únicas especies de robles (familia Fagaceae), registradas en Colombia: el roble blanco (*Quercus humboldtii*) y roble negro (*Colombobalanus excelsa*). Estas especies conforman grandes áreas boscosas, donde se constituyen como las especies dominantes y estructurantes del paisaje en la región premontana y montana del territorio huilense.

Históricamente, los bosques de roble, al igual que otras coberturas forestales, han sufrido procesos de fragmentación y deterioro, que han transformado la mayor parte de los ecosistemas y han disminuido drásticamente su área de distribución. Las iniciativas de conservación existentes en la región van desde la declaratoria de áreas protegidas de nivel, nacional, regional y municipal, el desarrollo de algunos estudios específicos que reconocen la diversidad biológica de sus bosques y los procesos ecológicos inherentes. La participación de las comunidades ha resultado fundamental en la consolidación de estas iniciativas y ha comenzado a cosechar los frutos de las oportunidades que generan estos bosques. Con todo ello, el aseguramiento de la especie no está garantizado y se requiere la ejecución de estudios básicos que permitan tomar decisiones frente al manejo de este recurso desde muchos escenarios, en los cuales el establecimiento de áreas protegidas es solo una opción, y en donde la participación comunitaria resultará crucial para mantener a la especie y todos sus beneficios.

**Evaluación del estado de la biodiversidad en el área de influencia del embalse del Guavio, usando a las aves como grupo indicador. BDC0124.** Este proyecto tiene como objetivo contribuir a la conservación de la biodiversidad y servicios ambientales en áreas prioritizadas de la cuenca del Guavio,



Cundinamarca. Para cumplir con este objetivo, durante este año se adelantó un diagnóstico de la biodiversidad, usando a las aves como indicadores del estado de biodiversidad de la región. Se registraron 2.140 individuos y 248 especies de aves, distribuidas en 173 géneros y 43 familias. De éstas, 14 especies fueron migratorias boreales, y dos especies endémicas y amenazadas: la Tingua Bogotana (*Rallus semiplumbeus*) que está clasificado en el Libro Rojo de las aves de Colombia como En Peligro, y el Periquito Aliamarillo (*Pyrrhura calliptera*) que está clasificado como Vulnerable. La familia con mayor riqueza de especies fue Tyrannidae (Mosqueros o atrapamoscas), con 35 especies, seguida de las familias Trochilidae (Colibríes), Thaupidae (Tángaras) y Emberizidae (Semilleros) con 33, 25 y 15 especies, respectivamente. Hasta el momento, los cafetales de la región presentan la mayor riqueza con 70 especies (53,8%), seguido por potreros con árboles con 61 especies, y relictos de bosque con 59 especies. El índice de clúster de Jaccard para la comunidad de aves del Guavio mostró que el café con sombra presentó el nivel de similitud más cercano a los relictos de bosque. Los resultados de los inventarios de aves son todavía preliminares, pues las curvas de acumulación de especies muestran que todavía faltan muestreos por realizar.

Durante este período también se realizaron actividades educativas y de divulgación, como: censos de manera participativa con estudiantes de la región, charlas con caficultores y la creación de un boletín llamado "Avinotas", con los estudiantes de la Normal Superior de Gachetá.

**Cafetales con sombrío como hábitat o corredores para monos nocturnos andinos (*Aotus lemurinus*). BDC0306.** Esta investigación pretendió evaluar los servicios ambientales que presta el sombrío a la conservación de mamíferos arbóreos. Para esto, se realizaron dos estudios: (1) monitoreo de dos grupos de monos nocturnos y el uso que hacen del sombrío y (2) determinación de la riqueza de mamíferos arbóreos en diferentes tipos de hábitat, incluyendo los sombríos. El estudio se realizó en fincas cafeteras del municipio de San

Vicente de Chucurí, Santander. Para el primer estudio se construyeron 14 plataformas que fueron cebadas diariamente para capturar algunos monos nocturnos. Se monitorearon dos grupos de monos nocturnos que utilizaron regularmente los árboles del sombrío, aunque ambos grupos prefirieron habitar el bosque natural. Los monos nocturnos reposaron más tiempo en cafetal y se movieron más en el bosque natural. Para estudiar los mamíferos arbóreos se instalaron cámaras trampa en 13 localidades. Los resultados indican que el hábitat con mayor riqueza de especies fue el bosque natural (12 especies), seguido del cafetal con sombra densa (9 especies) y, por último, el cafetal con sombra no densa (2 especies). Estos resultados indican que la riqueza y abundancia de la mayoría de las especies registradas está fuertemente asociada con el tipo de hábitat, estableciéndose una relación positiva entre el número registros (especies e individuos) y la cobertura arbórea. Por lo que se concluye que la composición florística es la característica más importante para que el sombrío de cafetales provea hábitat para los monos nocturnos. Los sombríos, preferiblemente deberían estar compuestos por árboles que provean frutos carnosos comestibles y que fructifiquen en diferentes épocas, para que haya disponibilidad de recursos alimenticios a lo largo de todo el año. Así se puede lograr que el sombrío sea un hábitat funcional, aumentando las posibilidades de conservación para los monos nocturnos u otras especies de mamíferos arbóreos.

**El papel de los organismos del suelo en la regeneración de especies vegetales de bosque montano tropical, pastizales y cafetales. BDC0407.** El objetivo general de este proyecto es comparar la diversidad de los organismos del suelo en potreros, cafetales y fragmentos de bosque, para entender cómo las prácticas agrícolas pueden modificar las comunidades microbianas del suelo. Durante este período se obtuvieron resultados de tres experimentos, dos en el invernadero (Exp. 2 y 4) y uno en el campo (Exp. 3). Los resultados del experimento 2 mostraron que el tipo de inóculo (micorrizas arbusculares - MA vs. otros microorganismos del suelo) tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento de las plantas,



indicando que en efecto, las MA tuvieron un efecto distinto al de otros microorganismos del suelo. El experimento 3 mostró que tanto el tipo de hábitat como la aplicación de fungicida para investigar el efecto de la eliminación de los hongos del suelo sobre la supervivencia y el crecimiento de las plantas en el campo, tuvieron un efecto significativo sobre el crecimiento de las plantas. Estos resultados indican que tanto el tipo de hábitat como las comunidades microbianas de hongos del suelo juegan un papel importante en determinar el desempeño de las plantas en el mundo real (fuera del invernadero). El experimento 4 pretendió probar la dirección (positiva o negativa) de las dinámicas de retroalimentación entre plantas y organismos del suelo de especies de plantas exóticas y nativas. Los resultados indican que tanto la especie fuente de inóculo como el tipo de inóculo tuvieron un efecto significativo sobre el crecimiento de las plantas. La retroalimentación de las plantas con MA fue negativo para ocho de las diez especies, lo cual es sorprendente, porque indica que tanto los patógenos como las MA infectan las plantas que pueden infectar, pero no aquellas que las "han seleccionado" por ser benéficas.

En este proyecto se investigó una de las especies más invasoras de la zona central cafetera, el pasto *Brachiaria brizantha* como modelo, y los resultados indican que los potreros acumulan organismos del suelo que son perjudiciales para este pasto y, que muy probablemente, estos organismos son hongos.

Los resultados generales indican que no se encontraron evidencias de que las MA de cafetales y potreros fertilizados con fósforo sean menos benéficas que las MA de ecosistemas naturales. Esto indica que tanto cafetales como potreros todavía conservan MA que son más benéficas que parasíticas.

**Desarrollo de herramientas de conservación de la biodiversidad con base en las oportunidades identificadas en las zonas cafeteras. BDC0509.** El objetivo general de esta fase del proyecto es contribuir al conocimiento de la comunidad de aves en fragmentos de bosque de la zona cafetera centro occidental.

Para cumplir este objetivo, se utilizaron los datos recolectados por investigadores del Programa Biología de la Conservación en el año 2004, en el proyecto "Efecto de la fragmentación de los bosques en la zona cafetera sobre la diversidad flora y fauna silvestre". Se pretende evaluar esta información para analizar y comparar la composición y estructura de la avifauna en quince fragmentos de bosque en la zona cafetera. Los resultados preliminares muestran que el fragmento con mayor riqueza total es Las Nubes (Antioquia), seguido por Morabia (Caldas), Playa Rica (Caldas) y Las Águilas (Quindío). Los fragmentos de bosque con mayores abundancias fueron Las Águilas y La Nona (Risaralda). Se observó una menor dominancia de especies y mayor riqueza en Las Águilas para las dos metodologías (censos y capturas con redes de niebla), y en la Nona, Las Nubes y Morabia, para las especies reportadas en censos. Para el siguiente período se espera terminar los análisis e identificar oportunidades para promover el uso de herramientas de conservación en estas regiones.

**Evaluación del impacto del proyecto Censos Participativos de aves en el conocimiento, actitudes y comportamiento de los caficultores frente a la conservación en zonas cafeteras de Colombia. BDC0511.**

Se evaluó el efecto del proyecto censos participativos de aves (CPA) en el conocimiento, actitudes y comportamiento de los caficultores frente a las aves, y se hizo una descripción de las barreras percibidas para adoptar prácticas de conservación. Para tal fin se hicieron 261 entrevistas con caficultores, de los cuales, 73% fueron pequeños caficultores, con áreas en café menores de 5 hectáreas. Debido a que algunos de los caficultores entrevistados pertenecen al programa de certificación ambiental *Rainforest Alliance* (RA) y realizan prácticas que pueden ser beneficiosas para las aves, se dividieron los entrevistados en cuatro categorías para controlar por los efectos de la certificación RA, así como por los efectos del proyecto CPA, así: (1) no participante, no certificado, (2) participante, no certificado, (3) no participante, certificado, y (4) participante, certificado. Todos los caficultores tuvieron actitudes positivas frente a las aves y la mayoría indicaron realizar



prácticas de conservación; sin embargo, los participantes del proyecto CPA mostraron tener un mejor conocimiento acerca de las aves migratorias y amenazadas. Tanto los caficultores participantes como todos los certificados RA, consideraron que poseen habilidades para realizar prácticas de conservación para las aves. Todos los caficultores certificados mostraron tener mayor probabilidad de conservar los fragmentos de bosque y vegetación a lo largo de quebradas. Los caficultores de todos los grupos consideraron que la falta de conciencia

ambiental y la falta de conocimiento son las barreras principales para adoptar prácticas de conservación. Los resultados de este estudio sugieren que tanto los programas educativos con enfoque participativo como la obtención de la certificación RA tienen potencial para promover la conservación de las aves en tierras privadas, pero deben proveer a los caficultores con información más precisa y ayudar a promover una ética de conservación que resulte en comportamientos ambientalmente responsables.





*Soporte a la*  
**Investigación**



# Investigación y Desarrollo



## Experimentación



El Programa de Experimentación tiene como objetivos:

- Brindar apoyo a las investigaciones que se adelantan en Cenicafé a nivel de experimentación regional.
- Fomentar y difundir las tecnologías generadas por Cenicafé.
- Implementar el Sistema Integrado de Gestión-SIG en las Estaciones Experimentales.
- Producir semillas de variedades de café mejoradas.

### Proyectos de investigación en las Estaciones Experimentales

El Programa de Experimentación cuenta actualmente con ocho Estaciones Experimentales (EE), con un área total de 539 hectáreas, de las cuales 162 están destinadas a la actividad experimental y 60 a la actividad económica, presentado un incremento el área total con respecto al año anterior del 3%, debido al aumento del área en las Estaciones El Rosario y El Tambo, destinadas a la producción de café comercial, para los Comités a los cuales

pertenecen. El 34% del área total se cultiva en café, el 5% en experimentos forestales, el 8% en pastos y el 2% entre plátano, macadamia, cítricos y maíz. En el uso del suelo, se destacan las áreas sembradas con bosques, guadua y especies nativas, para la conservación de aguas, que corresponden al 35% del total; así mismo, el potencial de áreas que se encuentran disponibles para su uso experimental o explotación económica es de 63 hectáreas. La infraestructura ocupa 13 hectáreas aproximadamente. El área experimental en fincas de caficultores donde las EE apoyan las investigaciones es de 20,23 hectáreas, aumentando el 15,1% con respecto al año anterior, Santander y Paraguaicito cuentan con el 78,3% del total del área.

Actualmente en las Estaciones Experimentales se desarrollan 187 réplicas de investigación y en fincas de caficultores 16 réplicas adicionales. De las 203 réplicas, que corresponden a 111 investigaciones, se destacan las enfocadas hacia el área clave de Productividad Agronómica, correspondientes al 39%, seguida por Conocimiento Estratégico y Viabilidad Económica, con el 22% y 17%, respectivamente. El Programa de Biología presenta el mayor número de réplicas de investigación, con el 43%, seguido por Agronomía con el 27%. Al nivel de Disciplinas, Mejoramiento Genético, Suelos y Fitotecnia tienen el 32%, 15% y 11%, respectivamente.

Con relación a la actividad de las investigaciones, el café representa la mayor cantidad con el 88%, seguido por forestales con el 5%; se destaca maíz con el 3% de las investigaciones, que obedecen a convenios suscritos entre Federacafé, Empresas de Investigación y Fomento como Cimmyt y Fenalce. En lo que corresponde a la evolución propia de las réplicas de investigaciones, en café continuaron 145, finalizaron 32 e iniciaron 3.

### Fomento y difusión de tecnologías

La actividad de difusión tecnológica, al igual que el año anterior, demandó un gran esfuerzo de los colaboradores en cada Estación Experimental. Con relación al año 2009,



aunque disminuyeron los participantes en un 19%, aumentaron las actividades de difusión, especialmente las giras que pasaron de 139 a 164, y los días de campo que se incrementaron de 25 a 39. La atención individual disminuyó.

En cuanto a los visitantes, se incrementó la proporción de los caficultores atendidos, de 51% el año anterior se pasó a 63% en el presente año, se conservó la proporción de atención de estudiantes, extensionistas y técnicos externos con 18%, 9% y 7%, respectivamente. Desde Cenicafé se recibió el acompañamiento de 742 Investigadores y 816 auxiliares, la mayor parte en Naranjal, Paraguaicito y La Catalina. Del total de participantes, se destaca la mayor atención realizada en las instalaciones de las Estaciones Experimentales El Rosario y Naranjal, mientras que Libano y El Tambo se caracterizaron por una fuerte dinámica educativa a las actividades de los Comités de Cafeteros, por fuera de las sedes en acompañamiento. En general, se atendieron de forma directa en las instalaciones de las Estaciones Experimentales 7.850 (73%) visitantes y en acompañamiento externo a los Comités departamentales de cafeteros 2.950 (27%) participantes.

Entre los temas tratados en los días de campo en los que participaron los colaboradores de cada Estación Experimental, sobresalen los aspectos determinantes de la productividad, programas de competitividad y Variedad Castillo®. En esta modalidad, las Estaciones Experimentales que más sobresalieron fueron Libano y El Rosario con 1.184 y 959 participantes, también tuvo alta representación la atención por esta modalidad en las EE El Tambo, Naranjal y Paraguaicito con 761, 754 y 285 participantes, respectivamente. La gran importancia de este tipo de labor educativa se refleja en la convocatoria masiva, que permitió atender el 40% del total de visitantes (10.800), interna y externamente.

### **Implementación del Sistema Integrado de Gestión SIG en las Estaciones Experimentales**

Se realizó el lanzamiento del Sistema de Gestión de la Calidad para Cenicafé y por parte de Gestión Organizacional se definieron

los grupos de trabajo y se iniciaron las primeras capacitaciones. El programa de Experimentación abordó de manera proactiva con el grupo SIG de ETIA una buena parte de los aspectos de las normas, además, se continúan desarrollando actividades en convenio con entidades como SENA, Campo Limpio, EMAS y AcDiVoca. Las EE han participado en las capacitaciones de los integrantes de las Unidades Cafeteras Empresariales-UCAES y algunos colaboradores de Experimentación realizan acompañamiento técnica a éstas.

El programa continuó con la propuesta de unificación de criterios que incluyen manejo de registros, aspectos técnicos de manejo integrado del cultivo y manejo postcosecha. En el marco de la certificación ISO9001, se fortalecieron los diagnósticos e identificaron prioridades. Se adelantó la calibración de equipos, adecuaciones locativas para almacenamiento de insumos, herramientas y productos agrícolas, y se fortalecieron los programas de mantenimiento de equipos.

Se gestionó con la Administración y Dirección de Cenicafé, la instalación de los sistemas sépticos faltantes en las Estaciones Experimentales La Catalina y Paraguaicito; en el marco de los convenios de Cenicafé con los Comités Departamentales de Cafeteros se coordinó el trámite para adelantar las construcciones de los Sistemas Modulares de Tratamiento Anaerobio en El Rosario, Libano y Santander. Se continuó el convenio con La Empresa Campo Limpio para la disposición final envases peligrosos y se adelantaron las adecuaciones locativas y construcción de acopios para la disposición y separación de residuos ordinarios. En el marco de la certificación ISO14001 se está elaborando la matriz ambiental.

En aspectos sociales se han construido y socializado los planes de mitigación de accidentes, brindando apoyo con elementos de protección a los trabajadores, orientándolos sobre su uso y manejo correctos. En aspectos locativos se construyeron y mejoraron las casetas para refugio y alimentación en el campo y en algunas EE se adelanta la adecuación de áreas de bienestar social. En general, se realizan



reuniones de sensibilización que promueven el compañerismo y buen trato. Todos los contratistas independientes están amparados por su seguridad social y ARP.

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

La semilla convencional ocupa un área de 61,2 ha, de las cuales el 52% se encuentra en la Estación Central Naranjal, seguida por La Catalina y Líbano con 15% y 11% del área, respectivamente. El número de plantas que ocupa esta área es de 360.500, para un promedio de 8.700 tallos/ha.

La cantidad de tallos establecidos con Variedad Castillo® es de 291.000, mientras que para Castillo® regionales esta cifra alcanza los 242.000, entre los dos representan el 99,8% de los tallos totales; es de anotar que para el 2011 se encontrará en renovación el 24% del parque de semilla, situación que repercutirá en la capacidad de suministró de semilla.

Con relación a las entregas en el 2010, las cantidades distribuidas por variedad, los valores no distan de los reportados en el 2009, con un incremento para este año de 700 kg, para un total de 78.217 kg. El 93% de la producción de semilla recae en cuatro

Estaciones Experimentales, de las cuales la Estación Central Naranjal aporta la mitad, relacionada con la mayor área sembrada y el mayor número de tallos en producción.

La entrega de Variedad Castillo® correspondió al 73%, mientras la entrega de las variedades Castillo® Regionales fue del 26%; dentro de estas últimas Castillo® Naranjal y Castillo® El Rosario, representaron las 3/5 partes de la entrega de este tipo de semilla regional.

De acuerdo con las expectativas de los programas de renovación la cantidad de semilla a suministrar, que se espera sea cercana a los 73.000 kg, no alcanzará a cubrir la demanda total, la cual puede superar los 130.000 kg. Adicionalmente, la oportunidad de entrega estará determinada por los picos de cosecha, relacionados con la distribución de las floraciones, que históricamente marcan hacia octubre y noviembre la mayor oferta de café.

Con relación al destino de la semilla, ésta tuvo como mayor receptor el Comité de Antioquia con el 17%, le siguieron Tolima, Cundinamarca y Huila, con el 10,8%, 8,0% y 7,6%, respectivamente. Los Comités que más restringieron la demanda fueron Cauca y Nariño, mientras Boyacá y Norte de Santander registraron incremento de sus solicitudes.



# Agroclimatología



La Disciplina de Agroclimatología tiene como objetivos clave:

- Coordinar el funcionamiento de la red meteorológica de la Federación de Cafeteros y obtener información básica del clima de las regiones cafeteras de Colombia. Una vez registrada la información climática en las estaciones, se procesa, verifica, sistematiza y se publica en el Anuario Meteorológico (1950 a 2009, 60 años).
- Asesorar y colaborar con las disciplinas de investigación de Cenicafé en los aspectos climáticos.
- Caracterizar los elementos del clima de la zona cafetera, especialmente la lluvia, el brillo solar y la temperatura.
- Caracterizar temporal y espacialmente el clima de las regiones cafeteras.
- Estudiar el microclima de los cafetales: Balances de agua, de radiación solar y de energía.

- Realizar los estudios agroclimáticos en los diferentes aspectos del cultivo: Producción de café, plagas como la broca y enfermedades como la roya del cafeto.
- Realizar los estudios de variabilidad climática con énfasis en los Fenómenos de El Niño y La Niña.
- Elaborar los estudios de alertas climáticas como apoyo a las alertas tempranas para la caficultura.

## Proyecciones

### Red Meteorológica

- Continuar con el funcionamiento de la red meteorológica.
- Complementar la red actual con el montaje progresivo de estaciones automáticas.
- Si se establecen las estaciones automáticas, estructurar un centro de recepción de datos climáticos con el hardware y el software necesarios para el procesamiento y almacenamiento de la información climática.
- Aumentar el número de estaciones climáticas en las nuevas áreas de expansión cafetera (Por ejemplo, Nariño, Cauca, Huila, Tolima).

## Actividades de Investigación

Se deben plantear o continuar trabajos de investigación en los siguientes aspectos:

- Estudios Agroclimáticos: Estudiar la variabilidad climática especialmente sobre El Niño y La Niña y sus efectos en la fenología del café y en el comportamiento de las plagas especialmente la broca y de las enfermedades con énfasis en la roya del cafeto.
- Regionalización climática: Regionalizar las amenazas climáticas para la caficultura durante los eventos de El Niño y La Niña,



empleando los índices climáticos de exceso y deficiencia de agua en el suelo.

- **Microclima de cafetales:** Continuar con los estudios de los aspectos hidrológicos en los diferentes agrosistemas de producción de café y con los estudios de los balances de radiación y de energía en los diferentes sistemas de producción del cultivo del café.
- **Análisis de los elementos climáticos:** Continuar con los estudios estadísticos de las series históricas de los elementos obtenidos en la red climática.
- **Cambio y variabilidad climática:** Continuar los estudios de las tendencias de los elementos climáticos en la zona cafetera.
- **Alertas climáticas:** Continuar con los estudios de alertas climáticas para la caficultura y mantener actualizados los avisos climáticos y el balance hídrico mensual en la página de Internet de Cenicafé.

## Actividades de la Disciplina de Agroclimatología

### Red climática

**Funcionamiento de la red climática.** En la red meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros funcionaron un total de 235 estaciones climáticas, discriminadas así: Estaciones climatológicas principales: 56; Estaciones heliopluiográficas: 7; Estaciones heliográficas: 1; Estaciones pluviográficas: 8; Estaciones pluviométricas: 162.

### Investigaciones

**Relación entre el Índice Oceánico de El Niño (ONI) y la lluvia en la región andina central de Colombia.** La zona Andina tiene gran importancia por sus ecosistemas y agro-ecosistemas que proveen de servicios económicos y ambientales a la zona de mayor densidad de población del país. El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) tiene

gran influencia en la hidroclimatología de los Andes tropicales de Colombia. Este estudio estima la relación entre las temperaturas superficiales del océano Pacífico (PSST) en la región conocida como El Niño 3.4, medida en el Índice Oceánico de El Niño (ONI), y la lluvia mensual en los Andes centrales de Colombia. Se emplearon series de lluvia histórica mensual de 41 años, para diez estaciones meteorológicas localizadas entre las latitudes 03° 49' N a 05° 58' N, ubicadas a lo largo de las tres cordilleras. Se encontraron relaciones lineales estadísticamente significativas ( $P < 0,01$  y  $P < 0,05$ ) entre PSST y el ONI para los meses de: diciembre, enero, febrero, junio, julio, agosto y septiembre, considerados históricamente como meses de baja precipitación. La cordillera Central es la que presenta mayor número de meses con relaciones lineales significativas entre PSST y el ONI.

**Balances de energía asociados a los cambios de cobertura.** En este estudio se hace un análisis sobre los cambios en los componentes del balance de energía en tres coberturas tipo de la zona Andina de Colombia (bosque, café y pasto), con el fin de cuantificar los aumentos potenciales de la cantidad de energía empleada para calentar el aire como flujos de calor sensible y disminuciones en la energía empleada en la evapotranspiración e intercambio de vapor de agua como flujo de calor latente. La fase de campo de la investigación se realizó en una zona de vida de bosque muy húmedo premontano, ubicada a 1.600 m.s.n.m., en donde se tomaron medidas simultáneas de variables edáficas y fisiológicas, en las tres coberturas, e información meteorológica diaria, y se aplicaron métodos empíricos para estimar los componentes del balance de energía para cada cobertura. Se observa que hay modificaciones en la cantidad de radiación neta en cada una de las tres coberturas debido al cambio en el albedo superficial, al aumento del flujo de calor sensible y a la disminución en el flujo de calor latente en la cobertura de pasto, e igualmente cambios en la relación de Bowen, lo que indica mayor cantidad de energía disponible para calentar el aire y menor cantidad de energía disponible para el intercambio gaseoso.



**Redistribución de la lluvia en diferentes coberturas vegetales.** Para cuatro coberturas vegetales: Cafetal variedad Tabi a libre exposición solar, cafetal variedad Tabi bajo sombrío de guamo (*Inga densiflora*), pastizal y bosque, se midieron los diferentes componentes hidrológicos. Las variables evaluadas fueron la interceptación de la lluvia por la parte aérea de la vegetación, la lluvia neta, la cantidad de agua interceptada por la vegetación y el mantillo, y la percolación y la tensión de la humedad en el suelo. Al relacionar las componentes hidrológicas con la lluvia externa, se encontró que los valores de interceptación variaron entre 14,3% en el cafetal variedad Tabi con sombrío de guamo y 3,3% en el pastizal; la escorrentía varió entre 6,3% en el pastizal y 2,7% en el cafetal a libre exposición solar. Del total de la lluvia externa, una gran proporción es interceptada por la vegetación y el mantillo de la zona superficial, con valores que variaron entre 45,5% en el pastizal y 44,6% en el cafetal a libre exposición solar. De las proporciones de agua de percolación, los mayores valores se presentan en el cafetal bajo sombrío de guamo con 47,4% y en el bosque con 45,7%. En general, para los diferentes ecosistemas estudiados se cuantificó una doble interceptación de la lluvia, una menor proporción debida a la parte aérea de la vegetación y la otra por el estrato rasante superficial, en el cual se retiene una alta proporción del agua, que indica el gran cuidado que se debe tener con el mantenimiento de la cobertura superficial y del mantillo depositado sobre el suelo para la conservación del agua. Se encontró que el agua de percolación es el otro componente de gran proporción dentro de la redistribución de la lluvia, muy alta en los suelos de origen volcánico.

**Índices para evaluar el estado hídrico en los cafetales.** En Colombia, tanto los déficit como los excesos de agua en el suelo afectan la producción de café y su comportamiento fenológico. Con el propósito de monitorear la disponibilidad hídrica para el cultivo del café se desarrollaron varios índices hídricos que pueden ser empleados con el propósito de identificar períodos críticos de déficit o exceso hídrico para diferentes regiones cafeteras en Colombia. Los índices se desarrollaron a partir de la

integración de las relaciones hídricas del cultivo, las propiedades físicas del suelo, las variables meteorológicas y de la aplicación de la técnica de balance hídrico. Los índices propuestos son: *Índice de Déficit Hídrico* (IDH), *Índice de Exceso Hídrico* (IEH) e *Índice de Humedad del Suelo* (IHS). En este trabajo se presentan el desarrollo conceptual de los índices y ejemplos de su aplicación, considerando años contrastantes en la distribución y cantidad de las lluvias. Tanto el IDH y el IHS se relacionaron con medidas de campo de la humedad del suelo en cafetales productivos, y se observó que los índices siguen la tendencia de la humedad del suelo, lo que significa que con una adecuada definición de los componentes del balance hídrico, de los factores del cultivo y de las características físicas de los suelos, a partir de información meteorológica, es posible estimar el estado hídrico de los cafetales e identificar niveles y épocas críticas por exceso o por deficiencia de agua.

**Estudios de regionalización de clima - Ecotopos Cafeteros.** Se adelantaron los estudios de clima y disponibilidad hídrica para el café en los sectores Suroccidental de Risaralda y Noroccidental del Valle del Cauca (Ecotopo 108B), y para la cuenca alta del río Quindío, en los municipios de Salento, Armenia y Calarcá (Ecotopo 208A).

Para el área ubicada en la vertiente oriental de la cordillera Occidental (Ecotopo 108B), que cubre el sector cafetero comprendido entre la parte occidental del municipio de Apía (Risaralda) al Norte y Ansermanuevo (Valle del Cauca) al Sur, se analizó el comportamiento espacial y temporal del clima, y se determinó por suelo y altitud la disponibilidad hídrica para el cultivo de café. La lluvia se incrementa con la altitud y presenta variaciones según la cuenca hidrográfica: una lluvia de 1600 mm/año se presenta a 900 m en las cuencas de los ríos Apía, Mapa y Totuí (Grupo 1), a 975 m en las cuencas de los ríos Moños y Cañaveral (Grupo 2), y a 1.320 m en las cuencas de los ríos Catarina y Chanco (Grupo 3). La lluvia muestra distribución bimodal, con dos períodos muy lluviosos (abril-mayo y octubre-noviembre) y dos períodos de menores lluvias (enero-febrero)



y julio-agosto). La temperatura media anual fluctúa entre 17,6 y 21,8°C, la mínima media de 14,0 a 16,9°C y la máxima media de 21,3 a 28,3°C. El brillo solar fluctúa entre 1.589 y 1.900 horas/año, que representan en su orden, 36% y 43% del máximo astronómicamente posible. En la franja por encima de los 1.400 m en las cuencas de los Grupos 1 y 2, en condiciones normales, la lluvia disponible mantiene los suelos a capacidad de campo y con excesos hídricos durante todo el año, mientras que en la franja por debajo de los 1.400 m los excesos se reducen al período abril-noviembre y las deficiencias hídricas ocurren entre diciembre y febrero. Las condiciones normales de lluvia sobre las cuencas del Grupo 3 pueden mantener los suelos saturados todo el año sólo en la franja por encima de los 1.700 m; por debajo de esta altitud se presentan los déficit hídricos de diciembre a febrero y en julio-agosto.

Para el área del Ecotopo 208A, ubicado en la vertiente occidental de la cordillera Central, cuencamedia y alta del río Quindío (1.400-2.000 m), que cubre el sector cafetero comprendido entre las cabeceras municipales de Salento al Norte y Armenia y Calarcá al Sur. Esta área es un complejo metamórfico-ígneo que se alterna con rocas de origen sedimentario, en buena parte su basamento geológico está cubierto por capas de cenizas volcánicas emanadas de los volcanes que la circundan. La lluvia anual se incrementa con la altitud, con su máximo pluviométrico alrededor de los 1.750 m. La lluvia en el sector Noroccidental fluctúa entre 2.600 y 2.700 mm/año, en el sector Oriental de 2.400 a 2.600 mm/año y en el sector Sur disminuye a valores de 2.200 a 2.400 mm/año. La distribución de la lluvia es de tipo bimodal. El número de días con lluvia oscila entre 190 y 210 días con lluvia mayor o igual a 0,1 mm (52% a 58% del total de días del año). En las partes altas del ecotopo (zona norte) existe una alta predominancia de la lluvia en el período diurno (62% del total anual), al descender hasta los 1.500 m, la lluvia diurna disminuye al 54% del total; hacia el límite sur del ecotopo (1.400 m), la lluvia en el día tan sólo alcanza el 44% del anual. La temperatura media anual fluctúa entre 17,4 y 19,8°C (reducción de 0,6°C/100 m de ascenso), la mínima media de 13,4 a

15,5°C (0,6°C/100 m) y la máxima media de 21,3 a 25,2°C (1,1°C/100 m). El brillo total anual varía de 1.026 a 1.401 horas (23% y 32% del máximo astronómico posible para esa latitud).

#### **Tendencias climáticas de la zona cafetera.**

La manera más sencilla y a su vez la más adecuada, de establecer alertas climáticas tempranas con fines agrícolas, es a través del conocimiento de las series de tiempo de los elementos del clima, medidos durante un período superior a treinta años, lo cual implica conocer las tendencias que determinan cambios significativos en el comportamiento de una variable, y los ciclos y estacionalidades, que describen fenómenos físicos que se relacionan con cambios temporales en el comportamiento de los elementos (variabilidad). La lluvia anual de la mayoría de estaciones de la zona cafetera colombiana no tienen una tendencia significativa, mientras que la temperatura mínima media de la zona cafetera central se está incrementando a una tasa de 0,51°C por cada 25 años; además, la tendencia de la temperatura máxima media anual no es tan generalizada y su efecto es de escala local. La estacionalidad de las series, por su parte, está enteramente asociada al paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), mientras que los ciclos se asocian más a la ocurrencia de fenómenos que pueden modular el clima, como el ENOS (cuyas dos fases son El Niño y La Niña) y fenómenos cíclicos asociados al comportamiento solar fuente de energía del sistema climático terrestre; en este sentido se han encontrado ciclos de 16 años en las series anuales de lluvia, los cuales están relacionados con los períodos en que cambia el movimiento orbital del Sol alrededor del centro de masa del sistema solar. Esta información, asociada al conocimiento que se tiene del efecto del ENOS sobre la lluvia de diferentes regiones de la zona cafetera colombiana, atenuará incertidumbres en el pronóstico climático. Desde el punto de vista práctico, lo anterior quiere decir que, dentro de las alertas hidroclimáticas tempranas para la caficultura se debe tener en cuenta que no hay cambio significativo en las series temporales de precipitación anual, por lo que para esta variable, debería hacerse más énfasis



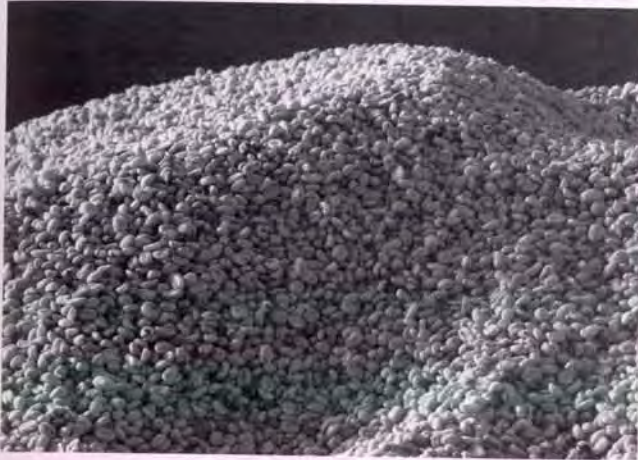
en la generación de escenarios de variabilidad climática, que de cambio climático y que los valores de temperatura mínima media anual se están incrementado en la zona cafetera central, mientras que los de temperatura máxima media no tienen una tendencia generalizada, por lo cual se debe estudiar que diferencia este comportamiento, lo que posiblemente puede estar relacionado con el efecto de la cobertura y uso del suelo.

**Alertas climáticas para la caficultura.** Se han estructurado alertas agroclimáticas para la caficultura colombiana, basadas en: a) La disponibilidad de agua en el suelo, estimada por medio del balances hídricos, utilizando la información climática de la red meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros operada por Cenicafé; b) Los anuncios de pronóstico suministrados por las agencias internacionales de pronóstico de El Niño y La Niña; c) Los registros de floración del café de las estaciones experimentales de Cenicafé; y d) Los registros nacionales de los niveles de roya y broca del café, obtenidos por el Servicio de Extensión.

Para esta primera alerta se dividió el país en cuatro grandes zonas según la latitud: 1. Zona Norte con cosecha principal en el segundo semestre (Cesar, La Guajira, Norte de Santander, Santander); 2. Zona Centro con cosecha principal en el segundo semestre (Antioquia, Caldas, Risaralda); 3. Zona Centro, con cosecha similar en ambos semestres (Norte de Valle, Quindío, Norte del Tolima, Cundinamarca); y 4. Zona Sur, con cosecha principal en el primer semestre (Cauca, Huila, Nariño). Además, se tomó como base la disponibilidad de información cuantitativa de clima y floración en las ocho estaciones experimentales de Cenicafé y los resultados del muestreo nacional de roya y broca del mes de julio de 2010. Esta alerta incluye un análisis de los posibles efectos de los factores climáticos, la roya y la broca, sobre el desarrollo de la cosecha del segundo semestre de este año (2010 B) y, de otra parte, se registra el avance en el desarrollo de las floraciones para la cosecha del primer semestre del próximo año (2011 A).



## Biometría



La disciplina de Biometría, con la misión de asesorar a los investigadores, para que en sus procesos sea aplicado el método científico y generar investigación con desarrollos y aplicación de la estadística, con la visión de crear e innovar procesos estadísticos para la aplicación en cultivos perennes y con el objetivo de entregar al caficultor tecnologías con probabilidad de éxito, para que haga su labor más eficiente y a un menor costo, atiende tres frentes de trabajo: El primero de ellos, la asesoría que se ofrece a los investigadores, tanto en la planeación como en el análisis e interpretación de los resultados. El segundo, apoyo en actividades de la Institucionalidad Cafetera, como la evaluación de los Extensionistas por parte de los caficultores, y el pronóstico de cosecha y diagnóstico de broca y roya. El tercero, es el desarrollo de investigaciones, de las cuales se tienen los siguientes resultados:

Se entregó el método de muestreo en surcos, validado como método no probabilístico con respaldo estadístico, el cual se utiliza para estimar la infestación a nivel del lote, con una diferencia máxima absoluta con respecto al muestreo aleatorio, entre 1,10% y 1,77% de infestación, que a su vez, con un tamaño de muestra de 60 árboles garantiza un error de estimación menor del 2% de infestación con una probabilidad asociada, mínima, del 75%.

Para la estimación de datos faltantes de brillo solar, se validó el método de la regresión acumulada, de tal manera que se tiene un procedimiento con respaldo estadístico, para estimar hasta 10 datos faltantes en un mismo mes, independientes de la condición ENOS, El Niño, La Niña y Neutro, con errores relativos menores del 13%.

A mediados del mes de junio, se instalaron las parcelas experimentales en diferentes Estaciones Experimentales de Cenicafé, para evaluar los factores de conversión de café cereza verde hasta café almendra, para apoyar el pronóstico de cosecha.

En la línea de modelación matemática del cultivo del café, se desarrolló la estructura para obtener la reducción de la producción potencial de café, teniendo en cuenta el índice de humedad del suelo, bien sea por déficit o exceso hídrico, y de acuerdo a la condición ENOS. Al simular este procedimiento en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé, durante los años 2003 a 2009, se observó en general, una disminución en la producción desde el 8,9% hasta el 38,2%. Esta estructura se implementó para la validación del modelo de simulación para el comportamiento de la infestación por broca, de tal manera que al momento se tienen identificadas como variables exógenas de clima que diferencian la emergencia: la temperatura media diaria, el número de horas de brillo solar y la precipitación.



## Economía



La Disciplina de Economía, cuyo propósito fundamental es brindar apoyo básico y estratégico a los diferentes proyectos de investigación que así lo requieran en cuanto a la viabilidad económica y su sostenibilidad en esta dimensión, desarrolló durante este periodo el trabajo de campo y escritura de informes parciales y finales, así como el análisis de resultados del experimento: ECO0306 "Identificación de las ventajas y desventajas económicas y sociales de la adopción de la norma para la agricultura sostenible de *Rainforest Alliance* (RA) en dos regiones cafeteras de Colombia". Cuya investigación es cofinanciada por la ONG *Rainforest Alliance*.

En el proceso de apoyo a otras disciplinas, se estimaron los resultados económicos del experimento ENT2201, con el fin de conocer los costos de la estrategia de manejo integrado de la broca en el zoqueo de cafetales infestados, además de la asesoría y colaboración en siete experimentos de otras disciplinas, sumado a la atención de consultas a investigadores, profesionales asociados y usuarios del sitio

web de Cenicafe, atendiendo en total 47 solicitudes.

### **Identificación de ventajas socio ambientales de la adopción de la Norma para la Agricultura Sostenible de *Rainforest Alliance* en dos regiones cafeteras de Colombia.**

En los departamentos de Cundinamarca y Santander, se seleccionaron 72 fincas cafeteras certificadas con el sello de *Rainforest Alliance* (RA) y 72 no certificadas o convencionales, con el objetivo de identificar las ventajas socio ambientales y limitaciones de la adopción de la norma para la agricultura sostenible (NAS) de RA. Mediante información tomada en el campo, por la aplicación de encuesta semiestructurada a los caficultores, se evaluaron variables por dimensión social, tecnológica, ambiental y de percepción de los caficultores a la certificación RA, las cuales fueron sometidas a pruebas estadísticas y al cálculo de indicadores estandarizados de sostenibilidad social, tecnológica, ambiental y económica, y construcción de redegramas por departamento de acuerdo con la condición de certificación. Los resultados demuestran ventajas comparativas de las fincas certificadas (CE) frente a las no certificadas (NC), principalmente en aspectos sociales como: el uso de equipos de protección, donde el 31% y 53% de las fincas CE de Cundinamarca y Santander usan el equipo completo, frente a un 8% de las fincas NC para ambos departamentos. En cuanto a la participación en capacitaciones, se identificó que en el 14% y 52% de las fincas CE reciben por lo menos una capacitación en el año. En aspectos tecnológicos, principalmente en el manejo postcosecha del café, el 89% de las fincas CE de Cundinamarca realizan los procesos de beneficio de café de acuerdo a los estándares de calidad y en fincas NC 53%, en Santander el 100% de las fincas realizan buenas prácticas, frente al 58% de las fincas NC. Lo anterior se asocia al mayor rendimiento de café pergamino seco presentado en las fincas. En aspectos ambientales como tratamiento de aguas residuales, el 58% y 53% de las fincas CE cuentan con sistemas sépticos, frente al 14% y 17% de fincas NC para Cundinamarca y Santander, respectivamente. Otras variables ambientales fueron las prácticas de conservación del suelo



y almacenamiento apropiado de productos. En cuanto a la percepción de los caficultores frente a la certificación, se determinó que han mejorado considerablemente los aspectos ambientales, la imagen frente a los vecinos o comunidad, el trato justo a los trabajadores y, en general, la parte social en las fincas CE; en relación con la situación económica los caficultores consideraron que les mejoró algo su condición original. Los redegramas construidos a partir de los indicadores de sostenibilidad calculados para cada dimensión, indican fortalezas de las fincas CE frente a las NC, principalmente en factores sociales, ambientales y tecnológicos, con mayor notoriedad para el departamento de Santander.

**Estudio económico de sistemas de producción cafeteros certificados y no certificados en dos regiones de Colombia.**

Con el fin de identificar la viabilidad económica de la implementación de sellos ambientales, se evaluó de forma comparativa los costos de producción, la diferencia en productividad y el margen bruto de utilidad en fincas cafeteras que adoptaron la Norma de Agricultura Sostenible (NAS) de *Rainforest Alliance* (RA), con relación a las que no la han adoptado. Para tal fin se tomó información del año 2009 en 144 fincas cafeteras de Cundinamarca y Santander, constituidas en pares de finca certificada (CE) y no certificada (NC), en cada una de ellas a través del año se registró información de costos e ingresos del cultivo del café y de otras actividades de la finca; información procesada para la caracterización y evaluación financiera de los sistemas de producción cafeteros. Los

resultados mostraron que las fincas certificadas RA de Santander son más productivas por unidad de área (hectárea) que las fincas no certificadas del mismo departamento, caso diferente ocurrió para Cundinamarca donde la productividad no presentó diferencias estadísticas significativas; de igual manera los precios pagados por el café CE no se diferenciaron de los compensados por los NC. Lo anterior podría indicar que los diferenciales encontrados entre las fincas CE y NC, por beneficios económicos obedecen en gran parte a la tecnología del sistema de producción, representada por la asignación de los factores de producción y la productividad de las fincas; estos resultados influyeron sobre la rentabilidad medida en términos del Margen Bruto de Utilidad (MBU) a favor de los sistemas de producción de fincas certificadas.

Otros aspectos económicos evaluados sugieren ventajas para los caficultores CE, en la oportunidad para diversificar sus ingresos por la ampliación de actividades agropecuarias que favorecieron el ejercicio económico de las fincas, como elementos que aportan a tener una visión integral de la actividad cafetera, y los mejores costos de transacción para estas fincas al acceder en su mayoría a las Cooperativas de Caficultores para la comercialización del café como producto principal del predio. Con respecto a los costos de inversión para la certificación se hallaron los valores promedio asumidos por las fincas certificadas durante el año 2006, fecha en la cual obtuvieron la certificación, y el gasto anual de mantenimiento de esta certificación.



## Divulgación



El propósito de las actividades de Divulgación Científica es el de contribuir a la actualización y renovación conceptual y del conocimiento, de los estamentos comprometidos en la producción cafetera, consolidar los resultados de investigación mediante la adopción de tecnologías generadas por el Centro y lograr la valoración de las actividades de investigación entre los usuarios de dicha tecnología, entre quienes se encuentran investigadores de otras instituciones, profesionales Agropecuarios adscritos al Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, profesionales Agropecuarios vinculados a Unidades de Asistencia Técnica particulares y gubernamentales, profesionales Agropecuarios vinculados directamente como caficultores, caficultores con capacidad de comprender mensajes técnicos, estudiantes de Ciencias Agropecuarias que pueden consultar la información científica y técnica en los Centros de documentación institucionales como de Universidades y otros Centros de Investigación, Gerentes, Directores Ejecutivos y Líderes de

Extensión Rural de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, y formadores de opinión.

Dentro del marco del Plan Estratégico 2008-2012 de la Federación Nacional de Cafeteros, y específicamente en la propuesta de valor Competitividad e Innovación, en el área de Transferencia durante la vigencia del 2010 se publicaron los Avances Técnicos 387 al 399 y la Revista Cenicafé Vol. 60 Nos. 2, 3 y 4. También se publicó el Boletín Técnico No. 35, relacionado con la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Támesis, Antioquia. Se entregaron en versión digital las Brocartas No. 38, 39 y 40, relacionadas con los temas sobre la dispersión de la broca a partir de cafetales zoqueados infestados y el desarrollo de la broca de acuerdo con la temperatura y la altitud; y se diseñó la Biocarta 14: En peligro de Extinción.

Este año se publicó la segunda edición de la Guía Silvicultural sobre el Nogal Cafetero, se entregó el Anuario Meteorológico Cafetero 2008 en formato digital y se publicó el Informe Anual de Actividades de Cenicafé 2009, el libro de Aves de Zonas Cafeteras del Sur del Huila y el libro La Materia Orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de agroecosistemas cafeteros. Nuevamente, se colaboró con el Comité Departamental de Cafeteros de Caldas con la edición y diagramación de la Cartilla Escuela y Café del grado Décimo. Por solicitud de la Cooperativa de Caficultores de Manizales, con el Programa ETIA se elaboró, editó y diagramó, la "Guía documental para cafés sostenibles", con el objetivo de estandarizar la toma de la información en las fincas de cada uno de los asociados (Figura 71).

En el 2010 se recibieron 31 visitas técnicas con extensionistas y caficultores. En total, se atendieron en la sede central de Cenicafé 3.160 visitantes, entre los que se destacan 1.062 caficultores, extensionistas y funcionarios de la Federación Nacional de Cafeteros y 384 visitantes extranjeros.

En cuanto a la distribución de las publicaciones durante el 2010 se diseñaron y enviaron los mensajes por correo sobre la disponibilidad en





■ **Figura 71.** Algunas publicaciones de Cenicafe, editadas y diseñadas, durante el 2010.

la página web de los Avances Técnicos 391 al 396, así como las Brocartas No. 38 y 39, y las Bionoticias, para que el Servicio de Extensión, los caficultores y los suscriptores conocieran de primera mano, las publicaciones que está entregando Cenicafe. En formato físico se han distribuido los Avances Técnicos 391 al

396, la Revista Cenicafe Vol. 60 Nos. 1, 2 y 3, y el Boletín Técnico 35, para un total de 35.540 publicaciones que se están entregando directamente al Servicio de Extensión, los Miembros principales y suplentes de los Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros, y a la Gerencia Técnica.



## Documentación



En el centro de documentación a través del programa de desarrollo de colecciones con el fin de fortalecer su acervo bibliográfico, se adquirieron para esta vigencia 733 documentos; de los cuales 140 correspondieron a libros, 578 a revistas y 15 folletos.

Se recibieron por compra 25 libros, 309 revistas, 12 folletos; por canje 35 libros, 207 revistas; y, por donación 80 libros, 62 revistas, 3 folletos.

Este material generó la realización de aproximadamente 2.266 registros (1.666 en Agros y 600 en Cenic). De esta manera estas bases de datos alcanzaron un total de registros de 68.324 y 36.751 respectivamente. En este período se tradujeron 65 resúmenes para la base de datos de café.

En los programas de DSI (divulgación selectiva de información) se realizaron 18 exposiciones en la sala de consultas del centro de documentación en las cuales se exhibieron 24 revistas sobre café, 140 libros técnicos, 15 folletos y 630 revistas.

Se atendieron 2.593 usuarios, que consultaron 2.593 documentos y se realizaron un total de 3.105 préstamos.

En total se tuvieron 622 visitantes en línea a las bases de datos, los cuales, realizaron 4.245 consultas. Este proceso generó la necesidad de responder por correo electrónico a aproximadamente 257 solicitudes de documentos.

Se escanearon aproximadamente 93 documentos sobre café con la mira a la virtualización de la biblioteca y a la necesidad de responder a solicitudes de información de otros países como Cuba, Estados Unidos, Venezuela y México, entre otros.

Se logró la adquisición de dos nuevas bases de datos, en texto completo, para consulta el línea: Science direct y Cavi ovid; con las cuales se multiplicaron las posibilidades de los investigadores de acceder a documentos de apoyo para sus investigaciones y se redujo un 70% la adquisición de material bibliográfico en papel con el consecuente beneficio que ello acarrea para el medio ambiente.

Se están haciendo las evaluaciones pertinentes en cuanto a software y a derechos de autor con el propósito de conformar el repositorio institucional de Cenicafé, con el cual se pretende interactuar en línea con otras instituciones a través de redes como RENATA y la Red de información en ciencia y tecnología agrícola y afines de Colombia.



## Sistemas



**Repositorio Digital Institucional.** Los repositorios institucionales (RI) son una herramienta alternativa para el manejo de la información que generan universidades y centros de investigación en el mundo. Hoy día, existen más de 1.600 RI registrados en el Directory of Open Access Repositories. Las instituciones buscan a través de sus repositorios, posicionarse en los primeros lugares del ranking mundial, al tiempo que buscan difundir o hacer visible de forma protegida (derechos de autor cobijados bajo la modalidad de licencias creative commons<sup>1</sup>) los resultados de la actividad científica propia.

Actualmente se ha incrementado el porcentaje de instituciones que abren sus repositorios a nivel nacional e internacional, creados con software de código abierto, como por ejemplo el DSpace (desarrollado por el MIT<sup>2</sup> y HP<sup>3</sup>); permitiendo a autores, investigadores, estudiantes, entre otros, hacer sus consultas en texto completo desde cualquier parte del mundo a través de las redes académicas de tecnología avanzada.

Por invitación de la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada RENATA, se está realizando el curso en línea *Creación de Repositorios Institucionales*, que tiene como propósito crear el repositorio con la producción científica de Cenicafé; inicialmente se constituirá con los artículos de la Revista Cenicafé, mediante el uso del software DSpace, el cual será referenciado por la Red Colombiana de Repositorios y Bibliotecas Digitales BDCOL<sup>4</sup>, el cual a su vez es indizado por Google Scholar.

Con la creación del RI de Cenicafé esperamos contribuir a BDCOL y a situar al Centro en el mapa de recursos de acceso abierto a la literatura científica mundial sobre café. Este repositorio estará disponible en el año 2011, a través de la redes académicas de tecnología avanzada.

Aprovechando las capacidades del Dspace, éste puede ser utilizado para crear Repositorios Institucionales de acceso interno o restringido únicamente para el personal de la institución. Esta característica ofrece las posibilidades de crear repositorios con todo el contenido digital que produce un investigador alrededor de una investigación, así por ejemplo, se pueden compartir imágenes, videos, presentaciones y todo tipo de material digital de interés para los demás investigadores. Una vez se publique el RI en la red académica, esperamos ofrecer mediante este software soporte a las diferentes iniciativas de construcción de RI internos que están planteando los investigadores del Centro.

<sup>1</sup> Creative Commons es un proyecto internacional que tiene como propósito fortalecer a creadores para que sean quienes definan los términos en que sus obras pueden ser usadas, qué derechos desean entregar y en qué condiciones lo harán.

<sup>2</sup> Massachusetts Institute of Technology

<sup>3</sup> Hewlett Packard

<sup>4</sup> BDCOL es la Red Colombiana de Repositorios y Bibliotecas Digitales que indiza toda la producción académica, científica, cultural y social de las instituciones de educación superior, centros de investigación, centros de documentación y bibliotecas en general del país.



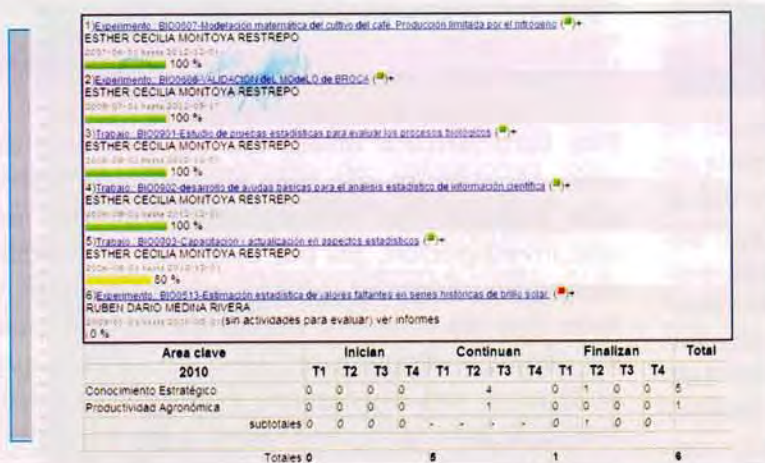
**Sistema de Gestión Administrativa y Técnica de Proyectos e Investigaciones: SIGA v3.3.** Se ha logrado posicionar como una herramienta de seguimiento y control de los perfiles e investigaciones que adelanta Cenicafé. A la fecha se han tramitado en este sistema un total de 120 perfiles, de los cuales, 24 han sido aprobados por el Comité de Investigación, 67 se encuentran en la etapa de formulación-trámite y 28 se encuentran en la etapa de aprobación de perfil.

Durante este período, se incorporó/actualizó al sistema:

- Un editor WYSWYG, el CKEditor el cual permite la inclusión de imágenes en los diferentes capítulos de información
- Una pestaña para la inclusión de informes parciales y finales

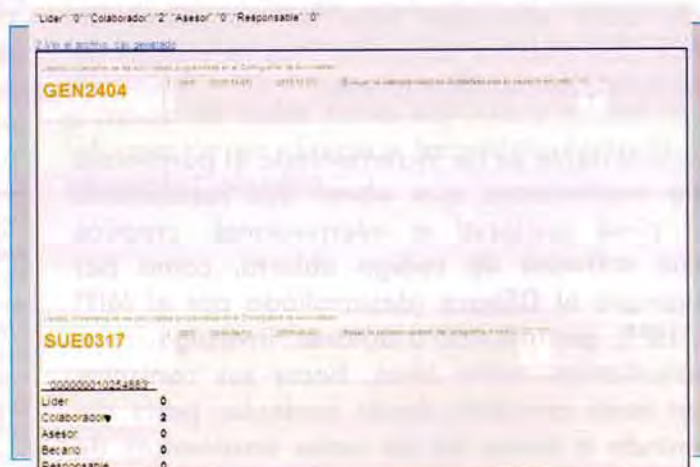
- Una pestaña para la inclusión/registro de productos de investigación
- El capítulo de Cronograma de Actividades, proceso de evaluación de las actividades para el CMI
- El sistema de consulta del plan de investigación, el cual incluye un indicador de avance en el cumplimiento de las actividades programadas (Figura 72)
- Un nuevo generador de pdf por capítulo de información (html2pdf\_v4.01)
- Un nuevo generador de listados de participación en las investigaciones de Cenicafé (Figura 73).

Consultas predefinidas de acceso remoto al plan de investigaciones susceptibles de ser evaluadas en el marco del Cuadro de Mando Integral CMI (Figura 74).



■ Figura 72. SIGA 3.3.

■ Figura 73. Avance en el cumplimiento de las actividades de una investigación.





Verificar categorías

CONSULTA, PROCESO, EDICIÓN Y ASIGNACIÓN DE TÉCNICO AL REQUERIMIENTO, ORDEN ACTUAL, POR FECHA (36 TICKETS)

[PAGINACIÓN: 5] [MODOS: 2] [ORDENADO POR: Tickete descendente] [UNIDAD: MYS] [Guardar Configuración/Consultar]

[Hoja de trabajo] [Plantilla] [Cerrar] [Volver] [Buscar un ticket] [Búsqueda avanzada] [Atrás]

Ticket	Asunto	Creado por	Prio	Técnico	Antig	Procesar	Admin./Score
MYS_36	Se requiere revisión de imágenes utilizadas	CLAUDIA ECHEVERRI el 2010-10-15	Alta	LUIS A. FERRAZ MANUEL VILLARDE	6 d	[Iconos de estado]	Edi [Score]
MYS_35	Se solicita revisión de ASES ASOCIADOS	CLAUDIA VIANA PERMENA el 2010-10-15	Alta	LUIS VILLARDE MANUEL VILLARDE	6 d	[Iconos de estado]	Edi [Score]
MYS_34	Se solicita revisión de ASES ASOCIADOS	MONICA QUINTERO el 2010-10-14	Alta	LUIS VILLARDE MANUEL VILLARDE	7 d	[Iconos de estado]	Edi [Score]
MYS_33	Se solicita revisión de ASES ASOCIADOS	JOSE RICARDO AGUIA ZOBONDA el 2010-10-14	Alta	LUIS A. FERRAZ MANUEL VILLARDE	7 d	[Iconos de estado]	Edi [Score]
MYS_32	Se solicita mantenimiento y	MONICA QUINTERO el 2010-10-14	Alta	MANUEL VILLARDE LOAYSA BUSTOZ	7 d	[Iconos de estado]	Edi, Del [Score]

[Resueltos por CeCa] [Pendientes por CeCa] [Admin. Ver carga] [Cerrar] [Volver] [Buscar un ticket] [Búsqueda avanzada] [Atrás]

[1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8]

■ **Figura 74.** Información del SIGA para el Cuadro de Mando Integral.

Es de anotar que el SIGA contiene un módulo para el seguimiento y control de las solicitudes de servicio sobre Tecnología de Información y Comunicación o Informática (tickets), el cual ha registrado a la fecha 3.483 solicitudes. Dicho módulo se configuró para incluir las solicitudes de servicio sobre mantenimiento general y de equipos de laboratorio y refrigeración de los proyectos de Genoma, el cual registra a la fecha 36 solicitudes (Figura 75).

**Portal ([www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)).** Se alcanzó la meta de registrar el 100% de los Extensionistas de la FNC, en total 1.359 usuarios (Tabla 37), distribuidos de la siguiente manera:

Ahora, cualquiera de ellos puede consultar las publicaciones digitales desde cualquier parte del territorio nacional.

En virtud a que tanto el número de Extensionistas registrados, como su acceso al portal, hacen parte de los índices para el Cuadro de Mando Integral, se automatizó la visualización de estos índices en el módulo de estadísticas del portal a través de dos vínculos. Gracias a la estrategia emprendida en Cenicafé, el número de consultas de los extensionistas al portal se ha ido incrementando en los últimos trimestres (Figura 76).

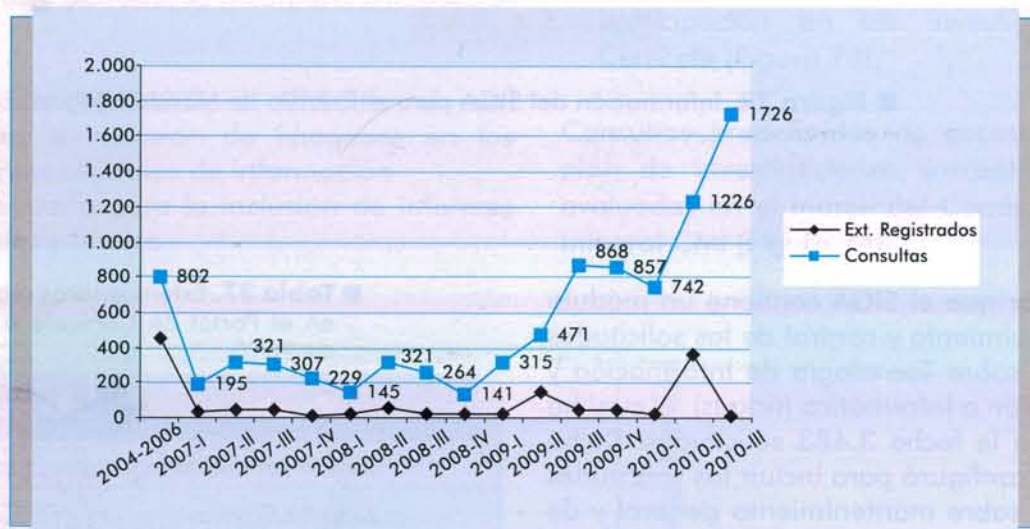
■ **Tabla 37.** Extensionistas registrados en el Portal de Cenicafé a octubre de 2010.

Comité	Registrados
Comité Antioquia	157
Comité Boyacá	23
Comité Caldas	111
Comité Cauca	146
Comité Cesar-Guajira	45
Comité Cundinamarca	92
Comité Huila	133
Comité Magdalena	19
Comité Nariño	96
Comité Norte de Santander	54
Comité Quindío	62
Comité Risaralda	69
Comité Santander	66
Comité Tolima	136
Comité Valle	110
Of. Coordinadora Caquetá	6
Of. Coordinadora Casanare	6
Of. Coordinadora Meta	9
Oficina Central	19



Area clave	Inician				Continuan				Finalizan				Total	
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4		
2010														
Calidad y Cafés Especiales	0	2	1	0					6	0	0	0	7	16
Conocimiento Estratégico	4	2	26	0					10	3	31	1	28	107
No definida	0	0	0	0					1	0	0	0	0	1
Productividad Agronómica	1	1	0	0					27	5	2	1	9	46
Sistemas de Producción Complementarios	0	1	0	0					3	0	0	0	4	8
Sostenibilidad Ambiental	2	0	0	0					7	0	2	1	13	25
Viabilidad Económica del Café	3	1	3	0					8	2	1	2	18	38
subtotales	10	7	32	0	-	-	-	-	10	36	5	79		
Totales	49				62				130				241	

■ **Figura 75.** Ampliación de la cobertura del sistema de tickets del SIGA.



■ **Figura 76.** Consultas extensionistas a [www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)

**Sistema de Interpretación de Análisis de Suelos para Café.** A partir del 29 de abril de 2010 se reanudó el servicio de Interpretación de Análisis de Suelos para Café, bajo los criterios establecidos en el Boletín Técnico Cenicafe No.

32 "Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia".

El prototipo que se está utilizando ha alcanzado su grado de madurez y no se han vuelto a efectuar modificaciones al algoritmo.



A woman with dark hair, wearing a white lab coat and purple gloves, is focused on writing on a clipboard. She is in a laboratory or office setting, with another person in a white lab coat visible in the background. The scene is dimly lit, with a pink horizontal band across the middle of the image containing the title text.

*Recursos humanos*  
y financieros







**Personal por Servicios Profesionales  
Septiembre de 2010**

Nombre	Profesión	Nivel Académico
Aguilera Gálvez Carolina	Química Farmacéutica	Pregrado
Aguirre Mejía Jenny Lorena	Ingeniero de Alimentos	Pregrado
Alzate Henao Diego Fernando	Profesional en Mercadeo	Pregrado
Arcila Moreno Aníbal	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Arévalo Orduz Paulo Arturo	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Arias Hernández Jhon Jaime	Ecólogo	Pregrado
Bacca Ibarra Rolando Tito Libio	Ingeniero Agrónomo	Doctorado en Entomología
Barrera Rojas Carlos Hernán	Biólogo	Pregrado
Becerra Herrera María Eugenia	Bacterióloga	Maestría en Química
Bolívar Forero Claudia Patricia	Química Industrial	Pregrado
Botero Rozo David Octavio	Biólogo	Pregrado
Buenaventura Aranzazu Juan Daniel	Diseñador Industrial	Pregrado
Bustillo Pardey Alex Enrique	Ingeniero Agrónomo	Doctorado en Entomología
Camayo Vélez Gloria Cecilia	Licenciado en Biología y Química	Pregrado
Campuzano Cabrales Angélica María	Ingeniero de Alimentos	Especialización en Desarrollo Agroindustrial
Cano Montes Manuel Fernando	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado
Cárdenas Cardona Paola Andrea	Profesional en Biología	Pregrado
Carmona González Claudia Yoana	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Carreño Pérez Ángela Judith	Biólogo	Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología
Casas Cruz Eddy Catalina	Biólogo	Pregrado
Castaño Marín Ángela María	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Castillo Rincón Jaime Alexander	Biólogo	Pregrado
Castillo Romero Óscar Gonzalo	Ingeniero Catastral y Geodesta	Pregrado
Castro Triana Ana María	Microbiólogo	Maestría en Ciencias Agrarias
Chica Morales María José	Ingeniero de Alimentos	Pregrado
Chica Ramírez Héctor Alberto	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Córdoba Castro Luz América	Ingeniero de Producción Biotecnológico	Pregrado
Daza Sánchez Olga Lucía	Ingeniero de Sistemas	Pregrado
Echeverri Giraldo Luz Fanny	Tecnólogo Químico	Pregrado
Echeverri Rubiano Claudia	Biólogo	Pregrado
Escobar López Luz María	Biólogo	Maestría en Biología
Escobar Vélez Julián Hernando	Ingeniero Agrónomo	Pregrado



**Personal por Servicios Profesionales  
Septiembre de 2010**

<b>Nombre</b>	<b>Profesión</b>	<b>Nivel Académico</b>
Espinosa Aldana Rocío	Médico Veterinario Zootecnista	Pregrado
Flórez Varón Juan Carlos	Biólogo vegetal	Pregrado
Fuel Tobar Sonia Maribel	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Galeano Vanegas Narmer Fernando	Microbiólogo	Pregrado
Galindo Leva Luz Ángela	Biólogo	Pregrado
García Bastidas Fernando Alexander	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Giraldo Restrepo William Gustavo	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado
Gómez Arrieta Jenny Dimelza	Microbiólogo	Maestría en Bioquímica
Gómez Gutiérrez Diana Constanza	Biólogo	Pregrado
González Martínez Laura Fernanda	Biólogo	Pregrado
González Rodríguez Alexandra Milena	Biólogo	Pregrado
González Serna Luz Ángela	Ingeniera de Alimentos	Pregrado
Guzmán Díaz Félix Alberto	Biólogo	Maestría en Ciencias y Biología
Guzmán Maldonado Adriana	Biólogo	Maestría en Biología
Hernández Hernández Eric Marcelo	Zootecnista	Pregrado
Hincapié Velásquez Kevin Adolfo	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado
Ibarra Ruales Lizardo Norbey	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Jiménez Barreto Jenny Paola	Biólogo	Pregrado
Lobo Echeverri Juan Manuel	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
López López Andrés Mauricio	Médico Veterinario Zootecnista	Pregrado
López Valencia Liliana	Ingeniero Agrícola	Pregrado
Macea Choperena Eliana Del Pilar	Biología con énfasis en Genética	Pregrado
Mantilla Afanador Javier Guillermo	Biólogo	Pregrado
Marín Uribe Mario Alejandro	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Martínez Díaz Claudia Patricia	Bacteriólogo	Pregrado
Medina Cipagauta Adriana	Licenciado en Biología y Química	Pregrado
Medina Olaya Jefersson	Biólogo	Pregrado
Montoya Cartagena Juan Carlos	Biólogo	Pregrado
Núñez Potes Jonathan	Biólogo	Pregrado
Obando Bonilla Diego	Ingeniero Forestal	Pregrado
Ordoñez Marín Sonia Patricia	Químico	Maestría en Ciencias Químicas
Pabón Usaquén Jenny Paola	Ingeniero Agrícola	Pregrado
Padilla Hurtado Beatriz Elena	Bacteriólogo y Laboratorista Clínico	Especialización en Biología Molecular y Biotecnología



**Personal por Servicios Profesionales  
Septiembre de 2010**

Nombre	Profesión	Nivel Académico
Parra Hernández Ronald Mauricio	Biólogo	Pregrado
Peña Quiñonez Andrés Javier	Ingeniero Agrónomo	Maestría en Meteorología
Pérez Henao Carolina	Ingeniero de Alimentos	Pregrado
Quiñones Ortiz William Henry	Ingeniero Agrícola	Pregrado
Quintero Moreno Mónica	Ingeniera Biológica	Pregrado
Quintero Morales Elkin Darío	Ingeniero Agrícola	Pregrado
Ramírez Builes Víctor Hugo	Ingeniero Agrónomo	Maestría en Agronomía
Ramírez Cardona Carlos Augusto	Técnico Profesional en Técnicas Forestales	Técnico
Ramírez López Daniel Eduardo	Administrador de Empresas	Pregrado
Ramírez Sanjuán Andrés Ricardo	Biólogo	Pregrado
Rincón Eliana Andrea	Ingeniero Agrónomo	Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Mejoramiento Genético
Rivera Serna Luis Fernando	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado
Rodríguez Lara María Del Rosario	Diseñadora Visual	Pregrado
Rojas Acosta Catalina	Microbiólogo	Maestría en Ciencias Biológicas
Rojas Sánchez Ángela María	Microbiólogo	Pregrado
Romero Juan Vicente	Ingeniero Agrónomo	Maestría en Ciencias Agrarias
Romero Guerrero Gladys	Biólogo	Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Genética y Fitomejoramiento
Rozo Peña Yomara Ivonne	Biólogo	Maestría en Ciencias y Biología
Saldaña Villota Tatiana María	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Salgado Aristizábal Natalia	Ingeniera Química	Especialización en Desarrollo Agroindustrial
Sandoval Medina Tito Alejandro	Químico	Pregrado
Serna Ospina Mauricio	Ingeniero Electrónico	Pregrado
Tabares Arboleda Claudia	Ingeniera Química	Pregrado
Tapias Isaza Leidy Johanna	Química Industrial	Pregrado
Tovar Luque Eduardo	Biólogo	Pregrado
Trejos Pinzón Jhon Félix	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Valencia Luna Elkin Marcelo	Ingeniero de Sistemas	Pregrado
Varón Cardona Paola Andrea	Administrador de Empresas	Pregrado
Vásquez Ramírez Luisa Mayens	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Vera Ardila Jenny Tatiana	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Villarreal Peña Diana	Licenciado en Biología y Química	Doctorado en Parasitología
Villegas Hincapié Andrés Mauricio	Ingeniero Agrónomo	Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria



Estudiantes vinculados a Cenicafé - Septiembre de 2010

Nombre	Código Investigación	Título Investigación	Universidad Pregrado	Profesión	Tipo de Contrato
Bustamante Giraldo Liliana Jimena	MEG2201	Mejoramiento por hibridación para la obtención de variedades de café resistente a la broca	De Caldas	Ingeniero Agrónomo	Desarrollo de Tesis de Maestría
Cifuentes Carvajal Adriana	ETI0127	Biología, hábitos y alternativas de control de <i>Corthylus n.sp</i> en plantaciones de aliso ( <i>Alnus acuminata</i> spp. Acuminata)	De Caldas	Biólogo	Desarrollo de Tesis de Pregrado
Flórez Restrepo Gladys Fernanda	FIS1011	Productividad del café y su relación con la eficiencia en el uso del nitrógeno	De Caldas	Ingeniera de Alimentos	Desarrollo de Tesis de Maestría
Flórez Varón Juan Carlos	ENT1202	Caracterización molecular de plantas modificadas genéticamente	Del Tolima	Biología vegetal	Desarrollo de Tesis de Maestría
Giraldo Castro Alexandra	Talento Humano		Del Tolima	Profesional en Salud Ocupacional	Desarrollo de pasantía de pregrado
Gómez Ramírez Oscar Alejandro	GEN2113	Aplicación de la biología de sistemas al estudio del transcriptoma del café	Autónoma de Manizales	Ingeniería de Sistemas	Desarrollo de pasantía de pregrado
Jaramillo González Jorge Luis	ENT2804	Evaluación de estrategias de manejo de <i>Corthylus zulmae</i> Wood (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), mediante prácticas silviculturales	De Caldas	Ingeniero Agrónomo	Desarrollo de Tesis de Maestría
Lesmes Lozada Mary Luz	ETI0128	Prop. de manejo integrado de la chinche de encaje ( <i>D. monotropidia</i> ) en plant. de Nopal cafetero ( <i>C. alliodora</i> ) ubicadas en la zona centro sur del dpto. de Caldas	Distrital Francisco José de Caldas	Ingeniería Forestal	Desarrollo de Tesis de Pregrado
Murcia Imbachi César Augusto	ING1132	Evaluación de una enzima pectinolítica para el desmucilaginado del café	De Caldas	Ingeniero de Alimentos	Desarrollo de pasantía de pregrado
Restrepo Cataño Jaime Andrés	ENT2709	Evaluación de cepas de hongos entomopatógenos para el control de la chinche de la chamusquina del café <i>Monalonion velezangeli</i> Carvalho & Costa, 1988 (Hemiptera: Miridae)	Unisarac	Ingeniero Agrónomo	Desarrollo de pasantía de pregrado



**Personal por contrato prestación servicios - Septiembre de 2010**

Nombre	Disciplina
Beltrán Díaz Gregorio Hernán	Biología de la Conservación
Cardona Giraldo Jaroliver	Fitopatología
García Castaño José Robin	Entomología
Giraldo Vargas Diana Marcela	Entomología
Jaramillo Barriga Juan Pablo	Mejoramiento Genético
Jaramillo Jaramillo Hernán	Agroclimatología
Jaramillo Jiménez Alexander	Fitopatología
Largo Vargas Sandra Liliana	Mejoramiento Genético
Mora Agudelo Claudia Marcela	Fisiología
Salazar García Orlando	Agroclimatología
Tabares Buitrago Claudia Bibiana	Entomología
Valencia Vera Claudia Patricia	Mejoramiento Genético
Duque Rincón Nelson	Agroclimatología
Franco Rojas Néstor Gustavo	Biología de la Conservación
Gómez Hernández José Eduvin	Entomología
Henaó Correa Alejandro	Divulgación
López Osorio Braian Alejandro	Fisiología
Ramírez Cardona Carlos Augusto	ETIA
Sánchez Ocampo Freddy Alberto	ETIA
Tapiero Franco Javier Giovanni	Contabilidad
Valencia Villegas Natalia	Calidad y Manejo Ambiental
Echeverri Giraldo Luz Fanny	Fisiología
Gallego Agudelo Duván	Mejoramiento Genético
Pizza Londoño Victoria Eugenia	Calidad y Manejo Ambiental
Valencia Salazar Arley	Sistemas
Bobadilla Lezcano Martha Lucía	Mejoramiento Genético
Arcila Vasco Diego Alejandro	Suelos



### Personal de Nómina y Otros Tipos de Vinculación - Septiembre de 2010

Nivel Académico	Número Personas Nómina	Número Personas Otros Tipos de Vinculación	Total
Doctorado	18	3	21
Maestría	26	16	42
Especialización	7	4	11
Pregrado	41	84	125
Tecnólogos / Técnicos	22	13	35
Otros	43	14	57
<b>Total</b>	<b>157</b>	<b>134</b>	<b>291</b>

### Convenios de Investigación con Entidades Nacionales

Entidad	Convenios	Experimentos	Miles \$ <sup>(1)</sup>	%
BASF Química de Colombia	1	1	81.992	3,75
Casa Luker S.A.	1	1	129.936	5,95
CINTEL	1	1	100.000	4,58
Corporación Colombia Internacional	1	1	39.960	1,83
Ecoflora S.A.S.	1	1	46.185	2,11
Fiduagraria	1	1	319.258	14,61
Hydro Agri Colombia Ltda	1	1	17.099	0,78
Ingredientes y Productos Funcionales I.P.F. S.A.	1	1	39.600	1,81
Colciencias	4	5	236.632	10,83
Ministerio de Agricultura	1	2	100.296	4,59
Ministerio Agricultura - Genoma <sup>(2)</sup>	1	30	1.000.000	45,76
Monómeros Colombo Venezolanos	1	1	6.933	0,32
Orius Biotecnología	1	1	17.511	0,80
Patrimonio Natural	1	1	40.407	1,85
Timac Agro Colombia S.A.S.	1	1	9.700	0,44
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>49</b>	<b>2.185.509</b>	<b>100</b>

<sup>(1)</sup> Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 más el saldo del año 2009

<sup>(2)</sup> Desde Julio de 2010 estos recursos están siendo administrados directamente por Cenicafé



### Convenios de Investigación con Entidades Internacionales

Entidad	Convenios	Experimentos	Miles \$ (1)	%
ACDI/VOCA	1	1	195.953	17,63
Bayer Cropscience S.A	1	1	16.882	1,52
CIAT	4	6	432.037	38,87
Dep. For Enviroment Food & Rural Affairs	1	1	34.441	3,10
Kali Und Salz Gmbh	1	1	18.996	1,71
Plato Industries Ltd	1	1	54.850	4,93
Rainforest Alliance	1	4	131.103	11,79
Sulphate Of Potasih Information Board-Sopib	1	1	34.223	3,08
Syngenta S.A.	1	4	76.545	6,89
The Natural Conservancy TNC	1	1	116.578	10,49
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>1.111.609</b>	<b>100</b>







**FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA**  
**GERENCIA TÉCNICA**  
**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**  
**Centro Nacional de Investigaciones de Café**  
**"Pedro Uribe Mejía"**

**DIRECCIÓN**

Fernando Gast Harders, Ph.D. Director

**PROGRAMA DE APOYOS BÁSICOS****Agroclimatología**

José Vicente Baldión R., Ing. Agrónomo  
 Álvaro Jaramillo R., Ing. Agrónomo M.Sc.

**Biometría**

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.  
 Rubén Darío Medina Rivera, Estadístico M.Sc.

**Control Interno**

Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público

**Documentación**

Alma Patricia Henao T., Profesional en Ciencias de la Información y la Documentación  
 Yudy Andrea Montes Betancur, Licenciada en Lenguas Modernas

**Sistemas**

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico  
 Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.\*\*

**Biología de la Conservación**

Jorge Eduardo Botero E., Biólogo Ph.D.  
 Gloria María Lentijo Jiménez, Bióloga, M.Sc.

**Economía**

César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.

**Divulgación y Transferencia**

Sandra Milena Marín López, Ing. Agrónomo\*\*  
 Carmenza Bacca Ramírez, Diseñadora Visual  
 Jair Montoya Toro, Administrador de Empresas\*\*  
 Paula Andrea Salgado V., Administración Financiera

**PROGRAMA DE BIOLOGÍA**

Álvaro León Gaitán B., Ph.D. Coordinador

**Entomología**

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.  
 Carmenza Esther Góngora B., Microbióloga Ph.D.  
 Juan Carlos López N., Microbiólogo  
 Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo\*  
 Clemencia Villegas G., Ing. Agrónomo M.Sc.  
 Luis Miguel Constantino C., Biólogo M.Sc.  
 Marisol Giraldo J., Ing. Agrónoma M.Sc.  
 Sandra Milena Idárraga Ortiz., Bióloga \*  
 Lucio Navarro Escalante, Biólogo\*  
 Flor Edith Acevedo Bedoya, Ing. Agrónomo\*

**Fisiología Vegetal**

Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo Ph. D.  
 Luis Fernando Gómez G. Ing. Agrónomo\*\*  
 Juan Carlos López R. Ing. Agrónomo  
 Aristóteles Ortiz, Químico \*\*  
 Claudia Patricia Flórez Ramos, Ing. Agrónomo Ph.D.

**Fitopatología**

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.  
 Carlos Ariel Ángel C., Ing. Agrónomo\*  
 Bertha Lucía Castro C., Ing. Agrónomo M.Sc.\*  
 Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo M.Sc.  
 Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.  
 Claudia Patricia Sanabria G., Lic. en Biología M.Sc.\*

**Mejoramiento Genético**

Hernando Alfonso Cortina G., Ing. Agrónomo M.Sc.  
 José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.  
 Juan Carlos Herrera P., Biólogo Ph.D.  
 María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo Ph. D.  
 Huver Elías Posada S., Ing. Agrónomo Ph.D.  
 Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D.  
 Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo M.Sc.\*

**PROGRAMA DE AGRONOMÍA**

Jaime Arcila P., Ph.D. Coordinador

**Fitotecnia**

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo Ph.D.  
 Argemiro Miguel Moreno B., Ing. Agrónomo Esp., M.Sc.  
 Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.

**Suelos**

Siavosh Sadeghian Kh., Ing. Agrónomo M.Sc.\*  
 Hernán González Osorio., Ing. Agrónomo M.Sc.  
 Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo\*\*  
 Édgar Hincapié G., Ing. Agrónomo\*  
 Alveiro Salamanca J., Ing. Agrónomo\*



## PROGRAMA DE EXPERIMENTACIÓN

Juan Carlos García P., Ing. Agrónomo\*\* Coordinador

Estación Central Naranja  
Carlos Gonzalo Mejía M., Adm. Empresas Agropecuarias  
José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo\*\*

Estación Experimental El Tambo  
Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo

Estación Experimental El Rosario  
Jhon Wilson Mejía M., Ing. Agrónomo M.Sc.

Estación Experimental La Catalina  
Diego Fabián Montoya, Ing. Agrónomo (e)

Estación Experimental Libano  
Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Paraguaicito  
Diego Fabián Montoya, Ing. Agrónomo

Estación Experimental Pueblo Bello  
José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Santander  
Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo

## PROGRAMA DE POSTCOSECHA

Carlos Eugenio Oliveros T., Ph.D. Coordinador

### Ingeniería Agrícola

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.  
César Augusto Ramírez G., Arquitecto\*\*  
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.  
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.  
Paula Jimena Ramos Giraldo, Ingeniera Electrónica M.Sc.

### Calidad y Manejo Ambiental

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.  
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico  
Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.  
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga

## PROGRAMA ETIA

Fernando Gast Harders, Ph.D. Coordinador

Gloria Esperanza Aristizábal V., Bióloga M.Sc.  
María Cristina Chaparro C., Tec. Alimentos, Química  
Claudia Rocío Gómez P., Tec. Química Ind.

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos Esp.\*\*  
Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal\*\*

## DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

Luz Miryam Corredor R. Administradora de Empresas,  
Esp. en Finanzas, Contador Público

### Sección Contabilidad

Martha Elena Vélez H., Contador Público, Esp.  
Jesús Danilo González O., Contador\*\*

### Sección Mantenimiento y Servicios

Jairo Zapata Z., Ing. Electricista

### Tesorería

Janeth Alexandra Zuluaga M., Economista Empresarial  
MBA

### Sección Personal

Luz Yaneth Guarín C., Tecnólogo en Administración  
Germán Uriel Granada, Administrador de Empresas

### Sección Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L., Ing. Industrial M.Sc.  
Damaris Márquez G., Administrador Financiero

### Sección Suministros y Bienes

Carlos Arturo González V., Ing. Industrial M.Sc.  
Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial  
Ángela Jaramillo G., Profesional en Comercio  
Internacional  
Luz Stella Duque Cardona, Tecnólogo en Administración

\* Comisión de estudios

\*\* Adelantando estudios en el país