



Informe Anual Cenicafé 2011



FoNC
Fondo Nacional del Café



Libertad y Orden
Ministerio de Agricultura
y Desarrollo Rural



Ministro de Hacienda y Crédito Público
Juan Carlos Echeverry Garzón
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Juan Camilo Restrepo Salazar
Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Sergio Díaz Granados
Director del Departamento Nacional de Planeación
Hernando José Gómez Restrepo

COMITÉ NACIONAL
Período 1° enero/2011- diciembre 31/2014

Álvaro Peláez Gómez
Mario Gómez Estrada
Carlos Alberto Gómez Buendía
Carlos Roberto Ramírez Montoya
Luis Javier Trujillo Buitrago
Darío James Maya Hoyos
Jorge Julián Santos Orduña
Fernando Castro Polanía
Fernando Castrillón Muñoz
Javier Bohórquez Bohórquez
Crispín Villazón de Armas
Iván Pallares Gutiérrez
Jorge Cala Roballo
Carlos Alberto Eraso López
Alfredo Yáñez Carvajal

Gerente General
LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA

Gerente Administrativo
LUIS FELIPE ACERO LÓPEZ

Gerente Financiero
JULIÁN MEDINA MORA

Gerente Comercial
ANDRÉS VALENCIA PINZÓN

Gerente 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, Cenicafé, 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 de cualquier sistema de almacenamiento, sin el permiso escrito de la Dirección General de propiedad intelectual de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

© FNC - Cenicafé 2011

PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ

Editor:

Sandra Milena Marín López - Ing. Agr.

Diseño y diagramación:

Carmenza Bacca Ramírez

María del Rosario Rodríguez Lara

Fotografías:

Gonzalo Hoyos Salazar - Archivo de Cenicafé y Disciplinas de Investigación

Impresión:

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.

Resumen Ejecutivo

7

Disciplinas de Investigación

21

Fitotecnia
Fitopatología
Entomología
Suelos
Mejoramiento
Fisiología
Biología de la Conservación
Calidad y Manejo Ambiental
Sostenibilidad
Ingeniería Agrícola

Experimentación

123

Apoyo a la Investigación

127

Biometría
Agroclimatología
Economía
Documentación
Divulgación y Transferencia
Tecnología de Información y Comunicaciones

Procesos Administrativos y Financieros

139

Contenido

In Memoriam

Martha Lucía Bobadilla Lezcano
7 de oct. 1979 - 16 de nov. 2011

Una hoja se va, y
otra se suma al viento

Ransetsu

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 y Áreas de apoyo a la Investigación del Proceso Misional Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica y los Procesos Administrativos y Financieros durante el tiempo comprendido entre Octubre de 2010 y Septiembre de 2011
- Conocer qué actividades de investigación se realizaron por parte de cada uno de los participantes durante el período comprendido entre Octubre de 2010 y Septiembre de 2011
- 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 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 encuentran las Propuestas de Valor al Caficultor Competitividad e Innovación, Caficultura Integrada al Mundo de la Tecnología, Información y Comunicación, y Eficacia, Legitimidad y Democracia, a partir de las cuales se estructuró el Plan Quinquenal de Cenicafé 2011-2016.

Para hacer más evidente el compromiso de Cenicafé con la sostenibilidad económica, ambiental y social de la caficultura, las presentaciones de los resultados de investigación estarán enfocados en los objetivos de cada una de las Dimensiones de Investigación, así:

- **Económica:** Contribuir a la diferenciación de la producción del café de Colombia (cambio climático, trazabilidad, denominación de origen, huella de carbono, biodiversidad, cuencas hidrográficas y huella de agua, entre otros), aumentar la eficiencia de los factores de producción y mejorar la calidad del café de Colombia.
- **Ambiental:** Proponer sistemas de producción sostenibles ambientalmente, para preservar y hacer uso racional de los recursos naturales (suelo, agua, aire, flora y fauna) de la zona cafetera.
- **Social:** Contribuir, en asocio permanente con el Servicio de Extensión, a la adopción de la tecnología y buenas prácticas por parte de los caficultores, para solucionar los problemas de la caficultura y aportar a su desarrollo y progreso.



Resumen Ejecutivo

Con base en los lineamientos definidos por la Alta Gerencia, la Dirección de Cenicafé inició en 2010 la estructuración del Plan Quinquenal para la vigencia 2011 – 2016, en el cual se contó con el apoyo de una consultoría externa y la participación de investigadores y diferentes dependencias de la Federación, como la Gerencia General, la Gerencia Técnica, la Gerencia Administrativa, la Gerencia Comercial y Buencafé Liofilizado de Colombia.

A través de diferentes actividades se identificaron los temas en los cuales Cenicafé debe focalizar sus capacidades de investigación, teniendo como meta principal contribuir al logro de la visión de la FNC, a través del liderazgo en la generación oportuna de tecnologías y conocimientos apropiados, competitivos y sostenibles para los Caficultores colombianos.

El Plan Quinquenal fue presentado y avalado en sesión del Comité Directivo de la Federación Nacional de Cafeteros, realizada el 13 de abril de 2011, según Acta No. 6.

Plan Quinquenal

El Plan Quinquenal para la vigencia de 2011 – 2016, está formulado por “Dimensiones” versus Disciplinas de Investigación.

Para hacer más evidente el compromiso de Cenicafé con la sostenibilidad económica, ambiental y social de la caficultura, se presentan a continuación los objetivos de cada una de las Dimensiones del Plan Quinquenal:

- **Económica:** contribuir a la diferenciación de la producción del café de Colombia (cambio climático, trazabilidad, denominación de origen, huella de carbono, biodiversidad, cuencas hidrográficas y huella de agua, entre otros), aumentar la eficiencia de los factores de producción y mejorar la calidad del café de Colombia.
- **Ambiental:** proponer sistemas de producción sostenibles ambientalmente, para preservar y hacer uso racional de los recursos naturales (suelo, agua, aire, flora y fauna) de la zona cafetera.
- **Social:** contribuir, en asocio permanente con el

Servicio de Extensión, a la adopción de la tecnología y buenas prácticas por parte de los caficultores, para solucionar los problemas de la caficultura y aportar a su desarrollo y progreso.

Adicionalmente, el Plan Quinquenal busca:

- El fortalecimiento de investigaciones multidisciplinarias que aseguren soluciones integrales con óptica regional, para responder a particularidades locales
- La tercerización de actividades diferentes a su *core business*
- La capitalización del cambio climático como oportunidad para adaptar la caficultura y capturar mercado
- El aseguramiento del trabajo en equipo y la consolidación de alianzas y redes de investigación

En la misma vía y con una visión de prospectiva del Plan Quinquenal (PQ), en cualquier escenario al 2016, Cenicafé debe prioritariamente contribuir a recuperar, estabilizar y aumentar la producción a través de:

- Desarrollo de variedades resistentes (Colombia sin roya), que generen elementos diferenciadores (atributos de calidad) y que garanticen mayor productividad
- Generación de tecnologías para mejorar la eficiencia y optimizar el uso de recursos naturales en el sistema de producción de café
- Nuevos proyectos de Denominación de Origen y Cafés Especiales
- Alternativas tecnológicas, económica y ambientalmente viables para el manejo de plagas y enfermedades.
- Potenciar y articular con el Gobierno la política de Ciencia, Tecnología e Innovación

Objetivos del Plan Quinquenal

Con base en el análisis de la situación actual y los retos a los que se enfrenta la caficultura, se establecieron los siguientes objetivos:

- Contribuir a recuperar, estabilizar y aumentar la producción de café en Colombia, mediante un Programa de Investigación Científica y Tecnológica que involucre las dimensiones económica, ambiental y social, necesarias para su sostenibilidad y sustentabilidad
- Participar de manera significativa en el Programa Colombia sin Roya

A continuación se describen por cada dimensión los avances más destacados de Cenicafé:

Dimensión económica

Plagas y enfermedades

- Finalizó la evaluación de la generación F5 de plantas con resistencia a la roya y a la llaga macana, esta última responsable de pérdidas importantes de árboles en los lotes sembrados en pendientes por las heridas causadas durante las labores agrícolas en esas condiciones. Los materiales resultantes fueron seleccionados por calidad de grano y de taza, y pueden ofrecerse a los caficultores que tienen problemas recurrentes por la enfermedad. Las evaluaciones del germoplasma de café indican que las especies *Coffea liberica* y *Coffea canephora* presentan resistencia a la llaga macana, lo que amplía la base genética para la obtención de nuevas variedades.
- Se seleccionaron nuevas progenies avanzadas, con buenas características agronómicas y resistencia a la roya, las cuales están pendientes de ser evaluadas regionalmente para decidir su incorporación a la Variedad Castillo® o eventualmente a nuevas variedades.
- En municipios del Valle del Cauca, se registró un nuevo insecto plaga del café en Colombia, denominado enrollador de las hojas.
- Se determinó que *Monalonion velezungeli*, agente causal de la chamusquina del café, posee menor adaptación en el cultivo del café con respecto de otras especies vegetales que ataca.
- Transcurridas dos cosechas principales, la producción acumulada a la fecha en parcelas de variedad Castillo® se vio incrementada en un 20% cuando se aplicó una estrobilurina, que además de controlar la roya y la mancha de hierro, tiene efecto en el vigor de la planta. En la variedad Caturra, susceptible a la roya, se observó una adecuada protección a esta enfermedad cuando se utilizaron las moléculas estrobilurina y cyproconazol.

Cultivo

- Los resultados de las investigaciones en torno a la nutrición de los cafetales permiten plantear ajustes a la fertilización antes y después del zoqueo; en contraposición, no se ha encontrado respuesta al

suministro de cinc ni al fraccionamiento de los abonos, más de dos veces al año, aún en los años con evento del Fenómeno de La Niña.

- Se corroboró que mediante las fuentes simples de fertilizantes en mezcla física se pueden obtener producciones similares que con los complejos granulados, con costos inferiores.
- Respecto a la Caficultura de precisión, se ha avanzado en la evaluación y aplicación de técnicas que permiten la identificación temprana de deficiencias de nitrógeno en el campo, antes de que éstas puedan ser percibidas a nivel visual, empleando la planta como indicador. Además, el uso de la técnica de los índices espectrales, permite evaluar la eficacia de la fertilización nitrogenada, lo cual se convierte en un complemento a las técnicas de diagnóstico de la fertilidad del suelo, en lo relacionado con el nitrógeno.
- Se ratificó que cerca de 30% de nitrógeno puede volatilizarse al aplicar urea, pérdida que se reduce cuando este fertilizante se incorpora, o al emplear sulfato de amonio.

Postcosecha

- Desarrollo de una tecnología eficaz y económica para la remoción rápida de mucílago de café con enzimas pectinolíticas.
- Definición de un método para la determinación objetiva del punto de lavado del café en el proceso de fermentación natural. Esta tecnología está en proceso de patente.
- Desarrollo de un software interactivo para el diseño de ventiladores centrífugos para el secado mecánico de café pergamino.

Calidad

- Se estructuraron los Pliegos de Denominación de Origen para los departamentos de Nariño y Cauca, los cuales fueron aprobados por la Superintendencia de Industria y Comercio, el 11 de febrero de 2011 y 10 de agosto de 2011, respectivamente.
- A partir de muestras internacionales, se desarrollaron métodos quimiométricos para la identificación y cuantificación de la adulteración del Café de Colombia en café tostado, mediante espectroscopia de infrarrojo cercano - NIRS.
- En el marco de un proyecto conjunto con Buencafé Liofilizado de Colombia, se logró la inmovilización

a un soporte catalítico, de una enzima proveniente de la broca del café (endo-mananasa), como etapa previa para el uso de esta tecnología en la reducción de sedimentos presentes en extractos concentrados de café.

Producción y distribución de semilla de variedades mejoradas

Durante esta vigencia el trabajo de Cenicafé se ha focalizado en la producción de semilla en las Estaciones Experimentales y la gestión de ésta en fincas de caficultores.

El parque de semilla en las Estaciones Experimentales actualmente es de 67,6 hectáreas, con 299.332 sitios y 500.688 tallos. Se han producido y entregado 59.840,5 kg de semilla, de los 95.000 kg que se tienen proyectados entregar a hasta fin del año 2011. El 66% correspondió a Variedad Castillo®, el 33% a Castillo® Regional y 1% a otras variedades como Tabi. La mayor distribución se ha hecho a los departamentos de Valle, Caldas, Tolima y Antioquia, que han demandado el 47% del total de la semilla.

Adicionalmente, las Estaciones Experimentales han venido capacitándose e ingresando información en el Sistema de Trazabilidad de la Semilla-Seedtrack. Este sistema desarrollado conjuntamente entre Cenicafé y el área de Tecnología de la FNC, permitirá mantener la trazabilidad de las actividades realizadas en cada uno de los procesos del sistema de producción de semilla.

Durante el 2010 y 2011, con relación a la producción de semilla en fincas de particulares, la Gerencia Técnica, el Servicio de Extension, Cenicafé y los Comités Departamentales de Cafeteros de todo el país, participaron en la identificación de fincas sembradas con la Variedad Castillo® o sus derivadas regionales, las cuales fueron evaluadas por personal técnico de Cenicafé, quienes avalaron cerca de 34 fincas que cumplían con los requisitos de pureza varietal, buenas prácticas y establecimiento de una infraestructura mínima para un buen acondicionamiento de la semilla.

Es así, como con el objetivo de contribuir al mejoramiento del proceso de producción de semilla en las fincas avaladas y unificar criterios mínimos de cumplimiento respecto a la producción de semilla, se realizó una

jornada técnica de capacitación dirigida a los agricultores y extensionistas.

Dimensión Ambiental

- Generación junto con el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - Icontec de herramientas normativas para el cálculo y la gestión de la Huella de Carbono.
- Desarrollo de la tecnología ECOLAV para el lavado de café con mucílago degradado, con mínimo consumo de agua y requerimiento de energía eléctrica. Esta tecnología está en proceso de patente.
- Secado solar de mucílago resultante del proceso ECOLAV, para eliminar la contaminación de las aguas.
- Secado de lixiviados resultantes del beneficio ecológico, aprovechando los gases de combustión sobrantes del secado mecánico de café.

Dimensión Social

- La tecnología Canguaro-2M para la recolección manual de café ha presentado mayor aceptación en departamentos de la zona sur.
- En cuanto a las actividades de capacitación, 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 en las Estaciones Experimentales, participaron 7.134 personas, de las cuales el 65% correspondió a caficultores, el 17,5% a estudiantes y docentes y el 17% a técnicos y extensionistas. Se destaca la realización de 13 días de campo con 2.952 participantes.
- En cuanto a la divulgación del conocimiento y la tecnología se publicaron los Avances Técnicos 400 al 409 y la Revista Cenicafé Vol. 61 Nos. 1, 2 y 3. También se entregaron los Boletines Técnicos No. 36 y 37, sobre la Roya del cafeto en Colombia y la enfermedad ojo de gallo o gotera, respectivamente. Este año se publicó la Guía Silvicultural sobre el Pino Pátula, se entregó el Anuario Meteorológico Cafetero 2009 y se entregó el libro El café y la roya, estrategias de resistencia incompleta.
- En la sede central de Cenicafé se realizaron 86 reuniones técnicas, de las cuales siete fueron visitas

con extensionistas y caficultores donde se atendieron 549 visitantes, y 29 fueron visitas de funcionarios de la Federación Nacional de Cafeteros, Entidades Cooperantes, Centros de Investigación, compradores de café y periodistas, en las cuales atendieron 413 personas. Otra actividad de capacitación importante, fueron las 30 visitas de campo, asesorías y seminarios dictados por los investigadores a caficultores y extensionistas en todo el país.

- En cuanto a las actividades de apropiación del Sistema de Gestión Integrado, se han realizado actividades de capacitación para todos los colaboradores de Cenicafé, entre las cuales se destacan: el día de campo realizado el 7 de abril en las instalaciones del Centro, y en el cual los investigadores presentaron el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, y los beneficios y metas de Cenicafé para su apropiación. Así mismo, desde el 25 al 31 de agosto, con el apoyo del Profesor Yarumo, se realizaron diez talleres de sensibilización y apropiación del Sistema de Gestión Integral, en los cuales se fortalecieron conceptos como la Política Integral, se presentó y desglosó de manera didáctica el mapa de procesos del SGI y los objetivos de los procesos misionales, estratégicos y facilitadores que lo integran.
- Se atendieron 53 consultas a través de la web y se capacitaron 33 caficultores en la sede Cenicafé La Granja.

Impacto en la producción de café por los Fenómenos de La Niña y El Niño

Se cuantificó la relación entre la reducción en la floración del café y los factores abióticos representados en humedad del suelo (exceso hídrico), brillo solar y temperatura del aire. A partir de la identificación de estos factores, se desarrollaron índices que se pueden emplear en la zonificación y monitoreo de la zona cafetera frente a la amenaza de la variabilidad climática (Fenómenos de El Niño y La Niña) y el riesgo de reducir la floración. De lo anterior, se puede concluir que la amenaza de la variabilidad climática asociada al Fenómeno de La Niña, no se debe exclusivamente al aumento de las lluvias, sino que es producto de la interacción con el tipo de suelo, con disminución y cambios en los patrones de la temperatura a nivel

diario, y reducción en el brillo solar. Todos estos factores se han combinado para el desarrollo de índices agrometeorológicos, de uso exclusivo para el cultivo de café, los cuales van a permitir identificar zonas de mayor y menor riesgo frente la variabilidad climática, y a la vez ayudarán en la regionalización de las recomendaciones para la caficultura para eventos futuros de La Niña.

Para el caso del Fenómeno de El Niño, se ha avanzado en la aplicación de una metodología de índices, que permite identificar el efecto de las reducciones de la precipitación y su interacción con el suelo sobre la producción, especialmente su efecto en el llenado de los granos de café. Esta metodología se está empleando en un estudio piloto de agricultura de precisión para el departamento del Quindío, la cual permite tener una primera aproximación en la zonificación por riesgo frente a la variabilidad climática, debida a la ocurrencia de los Fenómenos de El Niño y La Niña, y avanzar en la regionalización de las recomendaciones.

El Impacto de La Niña 2010/2011 en el clima de la zona cafetera y en la caficultura

Durante el período junio de 2010 a mayo de 2011, se presentaron condiciones de enfriamiento en el Océano Pacífico ecuatorial; este evento de La Niña se ha considerado como el más fuerte en los últimos 60 años y originó en la Zona Cafetera de Colombia el aumento en las cantidades de lluvia y disminución en las cantidades de brillo solar.

Los informes de pronóstico de las agencias internacionales anuncian que las condiciones de La Niña han regresado, se espera que se fortalezcan gradualmente y que continúen hasta el primer trimestre del 2012, por lo cual se esperarían condiciones húmedas en la zona cafetera durante este período.

En general, La Niña 2010/2011 disminuyó la duración de los períodos secos necesarios para una buena floración del café, especialmente en la Zona Central Cafetera: Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca. Períodos secos más favorables para la floración se registraron al comienzo del año en la Zona Norte: Cesar y Santander y a mediados del año en la Zona Sur: Cauca, Nariño, Tolima y Huila.

Pronóstico de la cosecha de café para Colombia

Entre el Servicio de Extensión, SIC@ y Cenicafé, en el mes de julio de 2011, se realizó un muestreo estratificado, para estimar la producción nacional de café cereza verde, con el propósito de implementar una metodología para proyectar dicha estimación a la producción nacional, en sacos de café verde, tipo exportación, en tres escenarios: pesimista, esperada y optimista, a partir de la estimación de café cereza verde por hectárea. Los resultados para todos los departamentos serán discutidos entre la Gerencia General, Gerencia Técnica (Cenicafé, Servicio de Extensión y SIC@), Gerencia Comercial, el CRECE y de Investigaciones Sectoriales, con el fin de ajustar la metodología y tomar los correctivos necesarios para su implementación.

Condiciones climáticas y comportamiento de las floraciones para la cosecha del año 2011

Para este análisis 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 y Santander).
2. Zona Centro, con cosecha principal en el segundo semestre (Antioquia, Caldas y Risaralda).
3. Zona Centro, con cosecha similar en ambos semestres (Norte del Valle, Quindío, Norte del Tolima y Cundinamarca).
4. Zona Sur, con cosecha principal en el primer semestre (Cauca, Huila y Nariño).

Con base en los balances hídricos decadales y los registros semanales de floración en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, puede concluirse que:

Cosecha 2011, primer semestre. Las floraciones para la cosecha del primer semestre de 2011 se presentaron durante el período mayo-octubre de 2010. En la zona

norte y centro del país, el mayor volumen de lluvias y la ausencia de décadas con deficiencia hídrica durante el período mayo a octubre de 2010, no favoreció el desarrollo de las floraciones responsables de la cosecha del primer semestre de 2011. En el sur del país, se observaron condiciones de deficiencia hídrica favorables para que se presentaran floraciones en el período mayo-octubre de 2010, responsables de la cosecha del semestre enero-junio de 2011.

Cosecha 2011, segundo semestre. En las zonas norte y centro del país, se observaron condiciones de deficiencia hídrica favorables para que se presentaran floraciones en el período noviembre 2010 - abril de 2011, responsables de la cosecha del semestre julio-diciembre de 2011. Se registraron muy buenas floraciones entre enero 15 y marzo 15 de 2011, que corresponden a la cosecha entre el 15 de septiembre y el 15 de noviembre de 2011. En el sur del país, el mayor volumen de lluvias y la ausencia de décadas con deficiencia hídrica marcada, durante el período noviembre 2010 - abril 2011, no favoreció el desarrollo de las floraciones responsables de la cosecha del segundo semestre de 2011.

Alertas tempranas de broca y roya

Cenicafé, conjuntamente con el Servicio de Extensión y el soporte de información del SIC@, aplicó en los meses de febrero, mayo y julio del 2011, un plan de muestreo, para estimar los niveles de broca y roya, en cafetales tecnificados, en cada departamento cafetero, y establecer un diagnóstico continuado de broca y roya, con el fin de implementar la protección de la cosecha de café, a través de las alertas tempranas.

A través de todas las evaluaciones de los departamentos cafeteros del país, el promedio de infección por roya por lote, ha disminuido del 27,6% al 12,1%, de tal manera que la estimación por departamento en la última evaluación está entre 3,8% y 28,4%; y la infestación por broca, ha pasado del 8,1% al 1,7%, fluctuando entre departamentos en la última evaluación entre 0,3 y 3,9%.

Genoma del café, la broca y su agente biocontrolador, el hongo *Beauveria bassiana*

Genoma del café

Los mapas genético y físico del genoma de la especie *Coffea arabica* fueron generados con marcadores moleculares y secuenciación de ADN, lo que permite a los mejoradores la determinación de las relaciones entre los genes y las características agronómicas de interés, como la producción y la calidad, entre otras. Así mismo, se identificaron marcadores asociados a la resistencia a la roya y al CBD (enfermedad de las cerezas del cafeto) y genes involucrados en el proceso de floración del café. Estos resultados están siendo validados en el laboratorio y en el campo. Se inició la secuenciación del genoma de la roya del cafeto y la comparación de las variantes encontradas en Colombia

En el estudio de los componentes genéticos y ambientales, asociados a la calidad de la bebida, se generó una matriz que permite analizar en conjunto los datos químicos y moleculares disponibles. Con base a las diferencias encontradas en los componentes químicos, se desarrollaron modelos discriminantes para siete localidades cafeteras, en dos años de cosecha, encontrando que el 82% de las muestras se clasificaron correctamente en cada una de sus localidades correspondientes, dando las bases de la trazabilidad de cafés de origen

Se confirmaron las vías metabólicas presentes en plantas de *Coffea liberica* que causan un retardo y una reducción en la viabilidad de las larvas de la broca en los granos de café.

Mapa genético del café para el desarrollo de nuevas variedades. En la construcción de un mapa genético de café, se elaboró el de *C. arabica* con 223 marcadores y 22 grupos de ligamiento, con 80 nuevos marcadores SSR que aún deben ser calificados para su introducción al mapa. Usando datos fenotípicos se realizó el primer análisis de marcadores ligados a características agronómicas importantes en selección. Se confirmó el ligamiento de tres marcadores asociados a la resistencia a la enfermedad de la cereza del cafeto (CBD). Se dispone de la primera versión del mapa físico de *C. arabica*, en la cual se adicionaron marcadores EST, secuencias genómicas de las librerías parentales de *C. canephora* x *C. eugenioides*, y secuencias de los extremos de los clones BAC (BES). Se adicionaron los

marcadores del mapa genético de *C. arabica* con el fin de integrar los dos mapas, y se encontraron regiones de alta sintenia con las macromoléculas de tomate.

En la identificación de regiones genómicas asociadas a la resistencia en el café, en colaboración con el IRD se determinaron secuencias nucleotídicas de regiones provenientes del genoma de la especie *C. canephora*, y también fueron identificados 38 grupos de clones BAC de interés a partir de una librería del Híbrido de Timor 1343. Se caracterizaron diez familias de genes de resistencia asociados al motivo NBS (Nucleotide Binding Site), de las cuales tres muestran diversidad genética entre accesiones del Híbrido de Timor, y se ubicaron genéticamente en regiones cromosomales relacionadas con resistencia a enfermedades. En la búsqueda de marcadores, se confirmó que las secuencias repetitivas están muy dispersas en el genoma del café, lo que dificulta su uso como marcadores citogenéticos. Se identificaron 32 marcadores AFLPs y diez marcadores SSRs asociados a la introgresión proveniente del Híbrido de Timor, determinándose la secuencia de 18 marcadores AFLPs. Se terminó el estudio del tipo y frecuencia de elementos transponibles presentes en el genoma del café, y usando herramientas citogenéticas y bioinformáticas se analizó por primera vez en detalle una de las familias más abundantes. Los marcadores de resistencia roya fueron validados en las poblaciones de estudio sembradas hace dos años y que actualmente van a producir su primera cosecha.

Se estableció la estructura poblacional del germoplasma de café encontrando 23 subpoblaciones. Se hicieron librerías de representación reducida de genotipos de cada subpoblación para la detección de SNPs. En los estudios citogenéticos, se caracterizaron diferentes híbridos interespecíficos derivados del cruce entre *C. arabica* y dos especies de interés: *C. eugenioides* y *C. liberica*, e igualmente se determinó el nivel de ploidía de un grupo importante de plantas que conforman el banco de genotipos anormales provenientes de diferentes experimentos de la Disciplina de Mejoramiento Genético.

Manejo de la roya del cafeto. Para el estudio de la variabilidad de la roya del cafeto, la determinación del tamaño del genoma del hongo en el CIFC en Portugal, por medio de la técnica de citometría de flujo, fue de 110 Mb. Se desarrolló un primer borrador con secuencias genómicas de la roya consistente en 45.000 contigs. Se diseñaron 100 marcadores microsatélites y marcadores SCARs para evaluar la diversidad genética

de aislamientos de roya de Colombia, en 60 aislamientos de Colombia y en diez razas del CIFC de Portugal.

Componentes de calidad. En el estudio de los componentes genéticos y ambientales asociados a la calidad, se generó una matriz de datos versátil que permite el estudio conjunto de los datos químicos y de los datos moleculares disponibles. Para el componente químico se realizó la cuantificación de 15 aminoácidos libres en muestras de líneas F5 procedentes de siete localidades de la zona cafetera, encontrando que los efectos de localidad y genotipos fueron significativos, así como la interacción entre las dos fuentes de variación, siendo el efecto principal el de localidad. Por la técnica NIRS se caracterizaron los compuestos químicos cafeína, trigonelina, lípidos totales, los ácidos grasos palmítico, esteárico, oleico, linoléico, linolénico, araquídico y behénico, los CQA totales y la sacarosa, encontrando que todos los compuestos químicos mostraron diferencias altamente significativas entre localidades, excepto el ácido graso linolénico. En la evaluación del efecto año, se evidencia que las interacciones genotipo x año y localidad x año son altamente significativas, principalmente para los isómeros totales de CQA, di-CQA y ACG TOTAL, cuyo contenido en el café está involucrado con la respuesta a estrés o adaptación al medio, lo que podría indicar un alto poder de discriminación por origen en diferentes ambientes de las regiones representativas de las zonas cafeteras colombianas. Con base a las diferencias encontradas se desarrollaron modelos discriminantes para siete localidades cafeteras, en dos años de cosecha, encontrando que el 82% de las muestras se clasificaron correctamente en cada una de sus localidades correspondientes. Adicionalmente, se realizó el análisis proteómico en geles bidimensionales para Iso fenotipos CX.2727 y CX.2848, en El Tambo y Pueblo Bello, identificándose 94 proteínas de las cuales 33 mostraron diferencias en las localidades evaluadas, y de éstas, cinco proteínas estuvieron presentes en una sola de las localidades.

Genómica de la floración. En el estudio de la genómica de la floración, se indujo bajo condiciones controladas el rompimiento de latencia de los botones florales de *C. arabica*. Se determinaron las condiciones de estrés hídricas requeridas para que los botones florales dormantes continúen su desarrollo y alcancen la antesis. Se obtuvo el transcriptoma de referencia para el análisis cuantitativo de los genes que se expresan bajo estrés hídrico en el cafeto. Fueron caracterizados tres genes reconocidos como integradores de la diferentes rutas florales (CaFLC, CaFLD y CaLFY), y dos de la ruta de

la vernalización (VIN3 y EMB2), así como 20 factores de transcripción MADS-BOX. Se caracterizó el perfil de expresión de seis genes entre los cuales se encuentran integradores y relacionados con tres rutas de floración conocidas (fotoperíodo, vernalización y autónoma): CaSOC1, CaFLC, CaFLD, CaSVP, CaVIN3, CaEMB2. Igualmente, se determinó la patrón de expresión de CaCO en un ciclo diurno/nocturno.

Genoma de la broca

Para identificar genes clave en la broca, que juegan un papel vital en su nicho ecológico, en su habilidad para consumir café y en su capacidad de respuesta ante el ataque del controlador biológico *Beauveria bassiana*, se avanzó en la secuenciación del genoma del insecto, donde ya se tienen 14.000 genes predichos. Se confirmó que a mayor dosis del gen *rdl*, responsable de la resistencia a endosulfan, menor es el potencial de infestación en el campo.

Manejo de la broca. En la búsqueda y evaluación de genes heterólogos para resistencia a broca, usando vectores de transformación con el gen del inhibidor de xilanas del trigo controlado por el promotor de expresión específico para semilla de café y el promotor de expresión constitutiva 35S, se obtuvieron 258 embriones putativamente transformados y 129 plántulas putativamente transformadas. Se clonó también el gen que codifica el inhibidor de aspártico proteasas de *Lupinus bogotensis* (IAPLb) y se inició la construcción del vector de transformación pC1305.2. Con el sistema de expresión de *Escherichia coli* Star en medio LB, por 20 h, se obtuvo la mayor expresión del IAPLb recombinante para iniciar los bioensayos de inhibición de las aspártico proteasas de *H. hampei*. Bioensayos usando *Spodoptera frugiperda* en plantas de tabaco transformadas con el inhibidor de tripsina no muestran diferencias en el porcentaje de mortalidad entre los controles y transformantes, pero sí un efecto subletal reflejado en una baja capacidad de oviposición en los insectos que consumieron plantas transformadas. Al ser evaluado este inhibidor en larvas de broca, en dietas artificiales, a una concentración de 0,5%, no causó efectos negativos sobre el desarrollo del insecto, sin embargo al 1% causó 40% de mortalidad y retraso en el crecimiento. En café, se han identificaron 14 líneas de plantas transformadas Bk 620 con el constructo alfa tubulina-inhibidor de tripsina y cuatro líneas para arabicina-inhibidor de tripsina. La proteína MBP/quitobiosidasa recombinante a una concentración de 0,5% causa una mortalidad de 100% en las larvas

de broca a los 15 días de evaluación, además de un retraso en el crecimiento. La proteína MBP/endoquitinasa al 0,5%, causó mortalidad del 80%, hasta los 30 días de evaluación.

En la caracterización de materiales de café con menor susceptibilidad a broca, se obtuvieron los resultados de la expresión de genes en oligoarreglos obtenidos a las 48 horas postinfestación. Se encontraron inducidas dos rutas metabólicas de señalización, (1) la ruta del mevalonato (MEV) que interviene en la producción de terpenos e incluye isopreno sintasa, además de 11 enzimas precursoras. (2) La ruta metabólica del ácido jasmónico, además de encontrar metil jasmonato se encontró S-adenosyl metionina sintetasa, lipoxigenasas y enoyl CoA, que participan en su síntesis. También se encontraron proteínas que intervienen en la inhibición tripsina, para el caso de la proteína Kunitz, y con rutas metabólicas que se comparten con patogenicidad como son la heveina en los procesos relacionados con la biosíntesis de quitinas, y la patatina en oxilipinas. El isopreno incorporado en dietas artificiales a concentraciones de 100, 50, 25, 7, 5 y 0,5 ppm, sobre larvas desde primer ínstar de la broca del café, muestra efectos inhibitorios y retraso en el crecimiento. Los genes de Heveina, Kunitz e Isopreno Sintasa fueron clonados y llevados a vectores de transformación. Se iniciaron las evaluaciones de atracción y repelencia sobre adultos de la broca usando olfatómetro. Se realizaron las evaluaciones de inhibición de la mananasa de la broca con extractos proteicos de 18 accesiones del banco de germoplasma de café, sin obtener resultados positivos.

Genoma del hongo controlador *Beauveria bassiana*

Se cuenta con cinco cepas del hongo transformadas con genes de fotoliasas, que se les confieren alta resistencia a luz ultravioleta y además mantienen su alta virulencia frente a la broca del café. En la interacción hongo-insecto, se validó la sobreexpresión de genes inducidos en *B. bassiana* que determinan su patogenicidad sobre la broca.

Beauveria bassiana. Tanto en pruebas de laboratorio como de campo, se encontró que una mezcla de cepas de baja virulencia (Bb9001, Bb9119 y Bb 9024) en combinación, en condiciones de laboratorio (1×10^6 esporas/ml) causaba una mortalidad de 100%. En el campo la mezcla asperjada sobre frutos de las ramas infestados con broca, causó mortalidad del 66,6%.

Cuando esta mezcla se aplicó a frutos infestados caídos al suelo, se logró disminuir la infestación de las brocas en los árboles en un 50% y se disminuyó en un 80% la población de insectos F1 que salían de los frutos de los árboles. Se está evaluando el efecto de esta mezcla para el control de poblaciones del fruto del suelo en plantaciones semicomerciales.

En la interacción hongo-insecto, se validó la sobreexpresión de la subtilisina y la ciclofilina, genes inducidos en *B. bassiana* creciendo por 24 h en la broca e identificados por librerías y oligoarreglos. Se está en el proceso de validar la sobre-expresión de la fotoliasa, en cepas bajo diferentes condiciones de estrés de Luz UV. Igualmente, se analizó el comportamiento de alrededor de 5.000 secuencias de la broca en respuesta a la infección con *B. bassiana*. El 48,6% no respondió al proceso de infección. El 51% de los genes restantes responden a infección en algún tiempo y se conoce su función (parcial). Se identificaron 27 patrones diferentes de respuesta. Entre los genes más destacados están: a las 24 h postinfección, catepsinas, cytochrome c reductase, Vitellogenin- Proteína cuticular análoga a la peritrofina; a las 48 h, serpinas y peptidos antimicrobianos; a las 60 h, Ecdysone inducible protein, thaumatin, antibacterial peptide PBSIP, proteínas antifúngicas y de respuesta inmune. Las vías metabólicas inducidas en la broca del café por los tratamientos de infección con el hongo y las interacciones tratamiento tiempo, estuvieron relacionadas con: respuesta inmune, síntesis de proteínas musculares y función muscular, síntesis de cutícula, hematopoyesis endocitosis, citocromo oxidasa, péptidos antimicrobianos y antifúngicos.

Para la evaluación de genes de patogenicidad de *Beauveria bassiana*, se realizaron transformaciones de la cepa Bb9205.L1. Con el gen de Ciclofilina se observó un aumento en el porcentaje de mortalidad de las brocas del 7% con respecto a la cepa sin transformar, y con el gen *phr1* se encontró mayor resistencia a la luz UV- B a partir de 1 a 3 horas de evaluación, comparadas con la cepa sin transformar. A cuatro de estas cepas transformadas se les determinó su virulencia contra la broca, encontrando que solo una de las cepas evaluadas mantiene una virulencia igual a la no transformada. Con respecto al gen GFP, se realizó la transformación de la cepa Bb9205.L1, con este gen y se seleccionaron 13 colonias. Se obtuvo la secuencia completa de un gen Epoxi Hidrolasa (1.188 pb) de *B. bassiana*, el cual confiere resistencia a estrés hídrico.

Bioinformática

Se aplicó el concepto de semántica a las anotaciones ya existentes en la base de datos de café. Mediante relaciones semánticas se construyó un modelo de red que abarcó un corpus de 742 secuencias diferentes. Las interfases Web para la visualización de genomas completos se instalaron en los servidores del área de Bioinformática y pueden ser consultadas vía web. Se instaló el sistema *Pathway Tools*, que se podrá utilizar una vez se tengan genomas completos de las especies de estudio en Cenicafé, así como el sistema KEGG para visualizar rutas metabólicas. Se desarrolló un sistema Wiki para la administración y documentación de proyectos de Genoma. Se realizó la migración de versiones del administrador de bases de datos PostgreSQL y las capacitaciones correspondientes en niveles de seguridad de servidores, análisis de datos de secuencias Next-Gen, y del sistema Blast2Go. Se adquirieron los controladores de la red, que permiten administrar los puntos de acceso de los investigadores a las bases de datos de los servidores de Bioinformática y a recursos y bases de datos en Internet. Para la interface web de la base de datos se actualizó el manejador de contenidos a Expresión Engine y se hicieron los desarrollos necesarios para trasladar los contenidos del antiguo manejador, además de incorporar conceptos de usabilidad en la página web.

Investigación con enfoque de sostenibilidad para la caficultura colombiana

- Se continuó con el proyecto “Preservando la biodiversidad y contribuyendo a la mitigación y adaptación del cambio climático”, el cual se realiza con el apoyo del Gobierno Alemán a través de KFW Bankengruppe y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, en ocho departamentos cafeteros: Tolima, Huila, Cauca, Caldas, Risaralda, Antioquia, Cundinamarca y Santander.
- El proyecto Censos Participativos de aves ha tenido como objetivo principal, promover la conservación de las aves residentes y migratorias a través del trabajo con las comunidades. Este proyecto ha logrado recopilar información ornitológica de diferentes localidades en la zona cafetera y gracias a su enfoque

participativo, ha logrado generar apropiación del conocimiento en las comunidades. Se fortaleció la estrategia de los grupos de observadores de aves como modelo de conservación participativa, a partir de la ejecución de proyectos de conservación por parte de nuevos grupos.

Desarrollo de indicadores de adaptación de la Caficultura al cambio climático

Fortalecer el desarrollo e implementación de la estrategia cafetera para la mitigación y adaptación al cambio climático. Se presentó la estrategia de mitigación y adaptación al Comité Directivo. Los avances en el tema de mitigación se centraron en el desarrollo metodológico de la Huella de Carbono para el producto café, para toda la cadena de valor, desde el cultivo hasta la taza. Actualmente, se tiene la Norma Técnica Colombiana en conjunto con el ICONTEC, y el esquema de certificación se encuentra en estado avanzado de desarrollo. Así mismo, se pretende desarrollar la huella institucional de carbono e incorporar la huella hídrica.

Apoyar los acuerdos interinstitucionales para la construcción de indicadores de cambio climático que permitan a la institucionalidad y a los caficultores, en el mediano y largo plazo, tomar las mejores decisiones frente a la adaptación al cambio climático.

La FNC hace parte de la Red Interinstitucional de Cambio Climático y Seguridad Alimentaria (RICCLISA), ente asesor y consultor del MADR. La red participó activamente en la elaboración del documento Compes 3700 sobre cambio climático y viene construyendo la mega-propuesta de Adaptación al Cambio Climático del sector agropecuario en conjunto con el MADR, DNP, MHCP y COLCIENCIAS, que será financiado con recursos de regalías. Se inició el ejercicio de construcción de una metodología de medición de la vulnerabilidad del sector agropecuario frente al cambio climático, en el marco del proyecto multisectorial, interinstitucional e interdisciplinario, piloto para la cuenca alta del río Cauca, cofinanciado por el MADR y al Agencia de Cooperación Británica CDKN, donde el sector cafetero juega un rol determinante, dada la importancia de los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda y Caldas, para el sector.

Que la FNC fortalezca y dé el máximo apoyo a la incorporación de la institucionalidad cafetera para participar activamente en los mercados de carbono y servicios ambientales, como beneficio a la sostenibilidad de la caficultura frente al cambio climático. Se llevan a cabo las iniciativas de incorporación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos como una agregación de valor a las zonas cafeteras a través de proyectos financiados por el GEF y KfW, sus resultados permitirán tener metodologías estandarizadas e indicadores para medir el beneficio de estos componentes, tanto en lo ambiental, social y económico, para las regiones cafeteras.

Sistema de Gestión Integral - SGI

Adicionalmente, para contribuir al mejoramiento de la gestión del proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, en conjunto con los colaboradores del área de Desarrollo Organizacional de la Oficina Central, en 2010 se inició la implementación de un Sistema de Gestión Integral – SGI, en los componentes de calidad y ambiental. Para esta primera etapa se definió como alcance del SGI:

Calidad: para el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica en la sede Planalto, La Granja y las Estaciones Experimentales.

Ambiental: de acuerdo a lo definido en el proceso Gestionar el Desempeño Ambiental, en las sedes Planalto y la Estación Central Naranjal.

Al respecto durante este año se han realizado los ajustes al proceso misional dejando actualizada la documentación que describe las mejores prácticas alineadas con las prioridades de la institucionalidad. Se tiene estimado recibir en noviembre la visita de Auditoría Externa, para recibir la certificación por parte de una entidad acreditada.

Reconocimientos

El 2011, fue un año con grandes reconocimientos a nivel nacional, para la gestión de Cenicafé, como El Colombiano Ejemplar en Ciencia y Tecnología y el Premio Planeta Azul, en la categoría Empresarial.

Cenicafé. Un Colombiano Ejemplar en Ciencia y Tecnología, en la XIII versión del evento, el cual es un reconocimiento por su trabajo diario, dedicación y compromiso con la ciencia, la tecnología y el desarrollo de las comunidades cafeteras y del campo colombiano.



Cenicafé ha desarrollado destacadas investigaciones en todas las áreas relacionadas con el cultivo del café como son la productividad, la reducción de los costos de producción, la sostenibilidad ambiental, la calidad, los cafés especiales y los cultivos de diversificación que complementan los ingresos de los cafeteros colombianos.

El mejoramiento genético y estudios del genoma del café, el diseño de mejores prácticas agronómicas durante el cultivo, la cosecha y la postcosecha del grano que respetan los recursos naturales y los ecosistemas cafeteros, la investigación en cambio climático y el adecuado manejo de plagas y enfermedades, son algunos de sus más importantes logros. Las investigaciones de Cenicafé tienen un uso práctico y oportuno. Es así como los planes de renovación con variedades resistentes a la roya que actualmente desarrolla la Federación y sus Comités de Cafeteros tienen como elemento fundamental el trabajo realizado por este Centro, en la investigación y obtención de variedades mejoradas como la Variedad Castillo®, que es resistente a la roya del cafeto y ha demostrado tener una altísima calidad en taza y productividad. La variedad se ha convertido en el eje del programa de renovación de cafetales y de recuperación de la caficultura.

Primer Puesto Premio Planeta Azul, 2010-2011, con el proyecto *Construyendo el modelo para la*

gestión integral del recurso hídrico en la caficultura Colombiana. Categoría Empresarial. En un evento realizado el 6 de octubre en el Zoológico de Cali, el Banco de Occidente entregó por décima vez el Premio Planeta Azul, que reconoce y exalta programas, proyectos o acciones que muestren resultados concretos y que hayan logrado un avance sustancial hacia el conocimiento, protección, conservación y recuperación del recurso agua, enmarcados dentro de un concepto de desarrollo sostenible e impulsando la activa participación de la comunidad directamente involucrada en su desarrollo.



En la Categoría Empresarial, el Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé ganó el Primer Puesto, con el proyecto “Construyendo el modelo para la gestión integral del recurso hídrico en la caficultura Colombiana”, en el cual se integran las investigaciones y tecnologías generadas por el Centro a través de sus 72 años de creación, bajo la lineamientos de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, con el fin de alcanzar una caficultura sostenible, en armonía con el ambiente.

La gestión integrada del recurso hídrico en la caficultura colombiana hace referencia a la conservación y uso racional del agua en la zona cafetera y comprende el

manejo del agua superficial y subterránea, involucrando aspectos cuantitativos, cualitativos y ecológicos e incorporando prácticas sostenibles para el uso y aprovechamiento eficiente del agua, y la prevención y el control de la contaminación hídrica, además del manejo de los riesgos asociados al agua mediante un manejo integrado de plagas y del suelo, con la minimización de la contaminación hídrica por efecto de agroquímicos y pesticidas, y la pérdida de fertilidad del suelo por acción de las lluvias. Así como con el uso adecuado y tratamiento de este recurso durante el proceso de beneficio del café.

Tecnologías más allá de la producción. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, a través de su Centro Nacional de Investigaciones de Café, ha desarrollado investigaciones en todo el ciclo productivo del café, desde la semilla hasta la taza, teniendo en cuenta el suelo, el clima y el entorno de la zona cafetera Colombiana.

Con relación al ciclo hidrológico, Cenicafé ha evaluado las especies nativas para la reforestación de las microcuencas de la zona cafetera y está realizando continuamente el monitoreo de las variables climáticas de la zona cafetera y estudios del microclima dentro de los cafetales.

Así mismo, ha desarrollado investigaciones en el manejo integrado del suelo para prevenir la erosión y los movimientos masales, a través del manejo racional e integrado de los recursos naturales, con el fin de prevenir los problemas de degradación como la erosión hídrica, los movimientos en masa y la contaminación de aguas, contribuyendo así con la conservación de los suelos, aguas y biodiversidad. Las prácticas de conservación, especialmente en las laderas, donde se encuentra establecida la caficultura Colombiana, buscan sostener los niveles de la capacidad de producción del suelo y conservar su fertilidad natural a través del tiempo, con lo que se evita incrementar el uso de fertilizantes químicos y su lixiviación, que es causante de la presencia de nitratos, sulfatos y fosfatos en los cuerpos de agua.

El desarrollo del manejo integrado de plagas y enfermedades del café es un método ecológicamente orientado, que utiliza técnicas de control cultural, biológico y químico, combinadas armónicamente, que ha permitido minimizar la aplicación de agroquímicos

y, por consiguiente, su presencia en el recurso suelo y agua, dado que el uso de agroquímicos sólo se lleva a cabo cuando los niveles de infestación lo justifican, y además se hace de forma localizada, en el tiempo apropiado de ataque de la enfermedad o plaga y con la tecnología de aspersión recomendada.

La obtención de la Variedad Castillo® y sus derivadas Regionales, resistentes a la roya del cafeto y adaptadas a la oferta climática de la región, y su adopción por parte de los productores, tiene un impacto positivo sobre el recurso hídrico, al no necesitar agroquímicos para el control de la enfermedad, productos cuyo ingrediente activo podría lixiviarse con las lluvias y llegar a los cuerpos de agua.

En cuanto al proceso de beneficio convencional, las estrategias para lograr el uso eficiente del agua han permitido disminuir su consumo de 40 litros a menos de 5 litros por cada kilogramo de semilla obtenida, y abarcan el despulpado y transporte de la pulpa y el café despulpado por gravedad, sin la utilización de agua, y la racionalización en el consumo de agua en la etapa de lavado, utilizando la práctica de cuatro enjuagues en el tanque tina, que tiene aplicabilidad para todos los productores. Desarrollos como la tecnología Becolsub, que involucra el desmucilaginado mecánico, permite disminuir los consumos de agua a menos de 1 litro por kilogramo de café pergamino seco; el separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín utilizado para realizar la clasificación del fruto y mejorar la calidad de la semilla, permitió disminuir el consumo de agua en la etapa de clasificación de 4,7 litros a sólo 0,3 litros/kg de café pergamino seco.

En el tratamiento de las aguas residuales del café, Cenicafé ha desarrollado investigaciones para el control de la contaminación de las aguas residuales del café por medio de su tratamiento integral, en el cual se incluyen los tratamientos secundarios y terciarios, con el fin de evitar el impacto negativo en los recursos agua y suelo de la zona cafetera.

Transferencia al servicio de los cafeteros. El desarrollo de capacidades y aprendizaje social es fundamental para alcanzar los objetivos de la gestión integral del agua. Es así como Cenicafé con el apoyo de sus investigadores capacita a los profesionales del Servicio de Extensión y a los cafeteros en la adopción de las tecnologías y prácticas generadas como resultado del proceso de investigación.

Así mismo, en asocio con la Fundación Manuel Mejía y el SENA, se construyeron los módulos para realizar la formación y certificación de competencias laborales a jóvenes caficultores, en implementación de buenas prácticas agrícolas en el sistema de producción de café.

Convenios con universidades de la zona, como la Universidad Autónoma de Manizales y la Universidad de Manizales, permiten la capacitación en prácticas sostenibles y manejo integrado del agua, a profesionales de diferentes disciplinas y regiones del país, a nivel de especialización y de maestría, con el fin de que sirvan de multiplicadores a escala local, regional y nacional.

Palabras del doctor Fernando Gast

Transitando por la senda de la responsabilidad que implica la sostenibilidad, una forma de pensar y actuar que se consolidó como concepto luego de que la Comisión Brudtland, convocada por Naciones Unidas, presentara su informe en 1987, titulado “Nuestro Futuro Común”, muchas sociedades entendieron que tenemos responsabilidad con el Planeta y las generaciones futuras. Pero, al recibir hoy este premio, que nos compromete como Federación Nacional de Cafeteros aún más con este propósito, quisiera rendir tributo a esa generación de cafeteros visionarios, que en 1927 conformaron en Colombia un modelo de institucionalidad que ha permitido, a través de los tiempos, generar bienestar para miles de pequeños agricultores en la geografía colombiana, a través del cultivo del café, y que entendieron y apoyaron, sin importar las circunstancias, la importancia de la ciencia para la generación de conocimiento, el desarrollo de tecnologías y la toma de decisiones en este sector, sin lo cual no sería posible estar hoy aquí.

También es un tributo a esas generaciones de investigadores que dedicaron en el pasado toda su capacidad y esfuerzo a resolver preguntas y problemas inherentes o relacionados al cultivo del café y a los investigadores actuales de Cenicafé, que con nuevos paradigmas, tecnologías y retos de investigación, enfrentan las coyunturas actuales y futuras, en un mundo donde lo urgente ya deja cada vez menos tiempo para lo importante.

Fernando Gast
Director Cenicafé
Noviembre 2011



Disciplinas
de Investigación



Fitotecnia

MANEJO DE CAFETALES

Cafés especiales

Evaluación de la producción de café en sistemas sostenibles con sombrío estratificado. FIT1601. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre la producción del café en sistemas agroforestales multiestratos y bajo normas de producción ecológica y, además, producir café para su comercialización como semilla de café con certificado orgánico o como café especial. Para las evaluaciones se emplearon las variedades de café Típica, Borbón, Maragogype, Tabi, Caturra, Castillo® y San Bernardo. Para cada una de las variedades de porte alto, Típica, Borbón, Maragogype y Tabi, y tres de porte bajo, Caturra, Castillo® y San Bernardo, los tratamientos a evaluar fueron cuatro densidades de siembra (Tabla 1). Cada parcela tuvo un área de 576,0 m² con café, y a su vez, un sombrío con cuatro especies diferentes: un guamo macheto, un guamo santafereño, un cámbulo y un carbonero. El estudio se estableció en la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas).

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos para las variedades con resistencia a la roya del cafeto, Castillo® y Tabi, durante el período 2008 a 2010.

Variedad Castillo®. Los análisis estadísticos realizados a la producción de café registrada en el año 2010, bajo cada densidad de siembra, indican que no se presentan diferencias significativas, es decir, en este año no es evidente el efecto de la distancia de siembra, el sombrío

Tabla 1. Tratamientos, Experimento FIT 1601.

Variedades de café	Densidad (Plantas/ha)	Distancias de siembra (m)
Típica	(1) 1.800	2,35 x 2,35
Borbón	(2) 3.600	1,65 x 1,65
Maragogype	(3) 5.400	1,35 x 1,35
Tabi	(4) 7.200	1,18 x 1,18
Caturra	(1) 3.600	1,65 x 1,65
Castillo	(2) 5.400	1,35 x 1,35
San Bernardo	(3) 7.200	1,18 x 1,18
	(4) 9.000	1,05 x 1,05

Tabla 2. Producción, en el año 2010, y producción media de cuatro cosechas (2008 a 2010). Experimento FIT 1601. Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas).

Variedades de café	Densidad (Plantas/ha)	Distancia de siembra (m)	Área de la parcela (m ²)	Plantas efectivas
Típica	1.800	2,35 x 2,35	576,0	64
Borbón	3.600	1,65 x 1,65	576,0	144
Maragogype	5.400	1,35 x 1,35	576,0	256
Tabi	7.200	1,18 x 1,18	576,0	361
Caturra	3.600	1,65 x 1,65	576,0	144
Castillo®	5.400	1,35 x 1,35	576,0	256
San Bernardo	7.200	1,18 x 1,18	576,0	361
	9.000	1,05 x 1,05	576,0	400

estratificado de las cuatro especies leguminosas y la fertilización orgánica sobre la producción de café. La producción media para el año 2010 fue de 269,1 @ de café pergamino seco por hectárea. La comparación de la producción media registrada de cuatro cosechas de café (2008 a 2010), indica que cuando se cultiva café Variedad Castillo® con sombrero de cuatro especies leguminosas y con aplicación de fertilizante orgánico, y con densidades de siembra del café de 3.600, 5.400, 7.200 y 9.000 plantas/ha, no muestra diferencias estadísticas. La producción media bajo estas cuatro densidades de siembra fue de 159,7 @ de café pergamino seco por hectárea.

Variedad Tabi. Los análisis estadísticos realizados a la producción de café registrada en el año 2010, bajo cada densidad de siembra, indican que no se presentan diferencias significativas, es decir, en este año no es evidente el efecto de la distancia de siembra, el sombrero estratificado de las cuatro especies leguminosas y la fertilización orgánica sobre la producción de café (Tabla 2). La producción media para el año 2010 fue de 86,5 @ de café pergamino seco por hectárea. La comparación de la producción media registrada de cuatro cosechas de café (2008 a 2010), indica que cuando se cultiva café variedad Tabi con sombrero de cuatro especies leguminosas y con aplicación de fertilizante orgánico, la menor producción se obtiene con densidades de siembra del café de 1.800 plantas/ha. Bajo las mismas condiciones de cultivo y con densidades de siembra del café de 3.600, 5.400 y 7.200 plantas/ha, no hay diferencias estadísticas. La producción media bajo estas tres densidades de siembra fue de 98,2 @ de café pergamino seco por hectárea.

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 3. La distancia de siembra del café es de 1,0 m x 1,0 m, el área del campo experimental es de 1.344 m². El experimento se desarrolla en la Estación Central Naranjal (Terminado), Estación Experimental La Catalina (Terminado), Estación Experimental Paraguacito (Terminado), Estación Experimental El Tambo y la Estación Experimental Santander (Renovado por zoqueo). A continuación se presentan los resultados parciales de la Estación Experimental El Tambo.

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

En la Tabla 4 se presentan las producciones registradas en el año 2010 y la producción media de cinco cosechas (2006 a 2010). Los análisis estadísticos realizados a la producción registrada en el año 2010, indican que no hay diferencias estadísticas cuando se fertiliza el café con lombricompost seco, en dosis de 0,5 a 3,0 kg por planta por año, o se realiza con fertilizante químico, o no se utiliza algún tipo de fertilización. La producción media fue de 408,1 @ de c.p.s. por hectárea al año. La

Tabla 3. Tratamientos aplicados en el experimento FIT1603, Respuesta en producción del café al sol fertilizado con lombricompost.

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

Tabla 4. Producción, en el año 2010, y media de cinco cosechas (2006 a 2010). Experimento FIT1603. Estación Experimental El Tambo (Cauca).

Tratamientos Lombricompost (planta/año)	Producciones (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ de c.p.s.)		
	2010	Media	
1	0,5 kg	389,7 a	245,9 a
2	1,0 kg	404,6 a	245,7 a
3	2,0 kg	453,4 a	274,6 a
4	3,0 kg	395,7 a	258,4 a
5	Con Fertilización	461,8 a	272,7 a
6	Sin fertilización	343,4 a	218,3 a

producción media de cinco cosechas de café (2006 a 2010) no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos, con un promedio de la producción de 252,6 @.ha⁻¹. año⁻¹ de c.p.s. La producción media (cosechas 2006 a 2010), sólo se incrementó en un 17,3% (37,8 @.ha⁻¹ de c.p.s.), por la aplicación de fertilizante orgánico (256,1 @) al compararse con la producción media obtenida con el café sin fertilizar (218,4 @).

Sistemas agroforestales con café

Densidad de siembra óptima en cafetos de porte alto, con resistencia a la roya, bajo sombra. FIT1504. Este estudio tiene como objetivo determinar la variación en rendimiento por unidad de área en café de porte alto con resistencia a la roya, en diferentes densidades de siembra y con sombrío. Está ubicado en la Estación Central Naranjal. Los tratamientos se presentan en las Tabla 5.

El experimento se estableció en el año 2005, y en la Tabla 6 se presenta la producción de la cosecha de

2010 y la media general obtenida de cuatro cosechas (2007 a 2010).

El análisis de la producción media de cuatro cosechas (2007 a 2010), muestra que no hay diferencia estadística entre las producciones medias registradas con 2.500 a 5.000 plantas/ha; tampoco fueron evidentes estas diferencias con plantaciones establecidas con 1.667 a 4.167 plantas/ha. Hubo diferencias estadísticas entre la media registrada con densidades de siembra de 1.667 plantas/ha y la obtenida con 5.000 plantas/ha, con 46,8% mayor producción con la segunda densidad.

Sistemas de producción de cultivos intercalados con café

Estudio del sistema de producción frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) relevo maíz (*Zea mays* L.) intercalado con siembras nuevas de café (*Coffea arabica* L.). FIT1805. En este experimento se busca aprovechar los lotes renovados mediante siembra nueva, intercalando el sistema de producción frijol relevo maíz, de tal manera que se produzca frijol y maíz durante un ciclo

Tabla 5. Tratamientos del Experimento FIT1504.

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 6. Producción (@.ha⁻¹ de c.p.s) en el año 2010, y producción media de cuatro cosechas. Experimento FIT1504. Estación Central Naranjal (Caldas).

Tratamiento	Distancias siembra del café (m)	2010	Media
1	2,00 x 3,00	69,1 a	48,1 b
2	2,00 x 2,00	71,6 a	51,9 ab
3	2,00 x 1,50	79,5 a	51,4 ab
4	2,00 x 1,20	67,3 a	53,9 ab
5	2,00 x 1,00	78,9 a	70,6 a

*Valores con letras distintas indican diferencias estadísticas según prueba Tukey al 5,0%

de producción de estos dos cultivos, sin que se afecte la producción de café a causa de la competencia. Por lo tanto, al estudiar las ventajas agroeconómicas de los sistemas de producción de café intercalado con otros cultivos, con este experimento se propuso: Determinar si el arreglo interespecífico frijol relevo maíz, intercalado en siembras nuevas de café, afecta el desarrollo vegetativo del café durante el primer año, y evaluar el efecto de intercalar frijol relevo maíz en siembras nuevas de café sobre la producción de café.

En las Tablas 7 y 8 se muestran los resultados de las Estaciones Experimentales El Rosario (Antioquia) y El Tambo (Cauca), respectivamente. El análisis estadístico de los datos de dos cosechas de café no mostró efecto de los tratamientos sobre el crecimiento vegetativo del café ni en la producción de café en ninguna de las dos Estaciones Experimentales, por lo tanto, se concluye que existe factibilidad agronómica de intercalar el frijol relevo maíz durante un ciclo de producción en siembras nuevas de café, sin que se afecte su producción, con la ventaja de producir maíz y frijol cargamanto como fuente de ingresos adicionales. De igual forma, se

demuestra que con este sistema de producción no se afecta la conversión café cereza a pergamino seco ni el factor de rendimiento en trilla.

Las épocas de siembra del frijol (DDSM), corresponde a los días que transcurrieron para la siembra del frijol, después de haber sembrado el maíz (60, 90 y 120 DDSM).

Proyecto maíz (*Zea mays* L.) de la zona cafetera: Convenio Federacafé – Cimmyt – Fenalce

Convenio Inter-institucional Federecafé-Fenalce-Cimmyt. Cimmyt, Programa Maíz para Sudamérica.

Durante el año 2011 se sembraron ensayos de maíz en las Estaciones Experimentales La Catalina (Risaralda) y Paraguaicito (Quindío). En La Catalina, el objetivo fue continuar la evaluación de híbridos, que en el futuro podrían sustituir a FNC3056 y FNC318. En Paraguaicito, el objetivo fue evaluar líneas de maíz con diferente grado de endogamia, para observar principalmente su reacción a enfermedades importantes en la zona como cercosporiosis (*Cercospora zeae maydis*), mancha de

Tabla 7. Producción de café (kg.ha⁻¹) de café pergamino seco de un lote de café en siembra nueva intercalado con frijol relevo maíz, en tres épocas de siembra para el frijol (DDSM). Estación Experimental El Rosario, Venecia, Antioquia. 2010.

Tratamientos	Año de cosecha	
	2009	2010
Café intercalado con frijol relevo maíz 60 DDSM (ICA V-305)	7.234	9.682
Café intercalado con frijol relevo maíz 90 DDSM (ICA V-305)	6.809	9.682
Café intercalado con frijol relevo maíz 120 DDSM (ICA V-305)	6.677	9.591
Café intercalado con frijol relevo maíz 60 DDSM (FNC3054)	6.026	9.215
Café intercalado con frijol relevo maíz 90 DDSM (FNC3054)	5.847	9.019
Café intercalado con frijol relevo maíz 120 DDSM (FNC3054)	5.735	8.739
Café intercalado con frijol relevo maíz 60 DDSM (Regional)	5.731	8.691
Café intercalado con frijol relevo maíz 90 DDSM (Regional)	5.715	8.618
Café intercalado con frijol relevo maíz 120 DDSM (Regional)	5.708	8.499
Café intercalado con frijol relevo maíz 60 DDSM (Tutorado)	5.693	8.334
Café intercalado con frijol relevo maíz 90 DDSM (Tutorado)	5.643	8.248
Café intercalado con frijol relevo maíz 120 DDSM (Tutorado)	5.430	7.965
Café como unicultivo	5.351	7.834
Media general	5.969	8.778
Coefficiente de variación (%)	15,6	15,8

Tabla 8. Producción de café (kg.ha⁻¹) de café pergamino seco, de un lote de café en siembra nueva intercalado con fríjol relevo maíz, en tres épocas de siembra del fríjol (DDSM). Estación Experimental El Tambo, Cauca. 2011.

Tratamientos	Año de cosecha	
	2010	2011
Café intercalado con fríjol relevo maíz 60 DDSM (ICA V-305)	3.494	2.648
Café intercalado con fríjol relevo maíz 90 DDSM (ICA V-305)	3.055	2.622
Café intercalado con fríjol relevo maíz 120 DDSM (ICA V-305)	3.079	2.852
Café intercalado con fríjol relevo maíz 60 DDSM (FNC3054)	3.066	2.681
Café intercalado con fríjol relevo maíz 90 DDSM (FNC3054)	3.254	2.366
Café intercalado con fríjol relevo maíz 120 DDSM (FNC3054)	3.024	2.349
Café intercalado con fríjol relevo maíz 60 DDSM (Regional)	2.935	2.348
Café intercalado con fríjol relevo maíz 90 DDSM (Regional)	3.471	2.858
Café intercalado con fríjol relevo maíz 120 DDSM (Regional)	3.454	2.737
Café intercalado con fríjol relevo maíz 60 DDSM (Tutorado)	2.977	2.549
Café intercalado con fríjol relevo maíz 90 DDSM (Tutorado)	3.297	2.608
Café intercalado con fríjol relevo maíz 120 DDSM (Tutorado)	3.304	3.081
Café como unicultivo	3.109	2.805
Media general	3.194	2.654
Coeficiente de variación (%)	19,2	14,8

asfalto (*Phyllachora maydis*) y pudrición de mazorca (causada principalmente por *Fusarium sp* y *Diplodia maydis*).

En La Catalina, se evaluaron 895 híbridos y 106 líneas. De los híbridos, el 62% fueron de grano amarillo. El rendimiento de grano del mejor híbrido amarillo fue de 10,1 t/ha, equivalente al 10% más, que el rendimiento del mejor testigo comercial (FNC318). En el grupo de híbridos blancos, el mayor rendimiento fue de 11 t/ha, comparando con el rendimiento de FNC3056; se han identificado híbridos con 21% más de rendimiento. En Paraguaicito, se evaluaron 1.016 líneas de diverso origen, con la finalidad de encontrar resistencia a las enfermedades más importantes de la zona cafetera.

De la evaluación de líneas, tanto en La Catalina como en Paraguaicito, se han identificado 21 líneas tolerantes a Cercospora, con un grado de infección inferior a 1,5 (1=tolerante, 5=susceptible), 23 líneas tolerantes a mancha de asfalto, con un grado de infección inferior a 2 (1=tolerante; 5=susceptible), y 14 líneas con un porcentaje de pudrición de mazorca inferior al 10%.

Se está incrementando la semilla de estas líneas para su posterior uso en el programa de mejoramiento. La información obtenida servirá también para el proyecto de mapeo por asociación, liderado por el Cimmyt y ejecutado en todo el mundo.

Con la información del 2010 y 2011 se identificarán los mejores híbridos. En el 2011B se incrementará la semilla de las líneas parentales de estos híbridos para su regeneración y evaluación a partir del 2012.

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

Variabilidad climática, índices agrometeorológicos y la floración del café en Colombia. Con el propósito de evaluar el efecto de los estímulos ambientales sobre la floración del cultivo, se analizaron los cambios diarios de los elementos del clima empleando los índices agrometeorológicos que se describen a continuación.

Déficit hídrico y floración. Existe una relación directa entre el número de botones florales y el déficit hídrico. Cuando en un trimestre se presentan menos de 65 días con déficit hídrico moderado, la floración es baja (Figura 1), y por encima de 65 días con déficit hídrico moderado por trimestre, la floración se incrementa. En la medida en que el déficit hídrico se hace más fuerte, representado en el número de días con $IDH < 0,5$, el número de botones florales aumenta (Figura 2), lo que significa que se requiere como mínimo 30 días de déficit hídrico fuerte por trimestre para una apropiada floración.

Floración del café y exceso hídrico. El exceso hídrico se relaciona inversamente con el número de botones florales en café, siendo éste el primer reporte cuantitativo para Colombia de dicho fenómeno. Por lo tanto, cuando se presentan más de 20 días por trimestre con valores de $IEH > 0,5$, se reduce el número de botones florales en café (Figura 3). Igual que en el déficit hídrico, la respuesta no es igual para cada una de las localidades, siendo las Estaciones Experimentales Naranjal y El Rosario las que presentaron mayor reducción en el número de botones florales, a una tasa de 105 botones florales por 30 plantas por cada día, con $IHS > 0,5$ en Naranjal y 86 botones florales por 30 plantas, por cada día con $IHS > 0,5$ en El Rosario. Las Estaciones Experimentales La Catalina y La Trinidad también mostraron tendencia similar, pero el modelo no es estadísticamente significativo, por lo tanto, se analizó bajo un modelo polinomial de segundo orden (Figura 3), indicando que La Trinidad es más susceptible al déficit hídrico que La Catalina, ya que La Trinidad alcanzaría su máxima reducción en el

número de botones florales a los 46 días con $IHS > 0,5$ /trimestre, mientras que La Catalina alcanza su máxima reducción a los 85 días con $IHS > 0,5$ /trimestre.

Las Estaciones Experimentales Paraguaicito, San Antonio, Manuel Mejía no presentaron días con exceso hídrico crítico para el cultivo de café.

Floración del café y temperatura. La temperatura, representada por la suma térmica o tiempo térmico y por la amplitud térmica, puede explicar la floración del café. Además, el efecto aditivo de la temperatura y el déficit hídrico explican en forma adecuada la floración ocurrida en las diferentes localidades; en ese sentido,

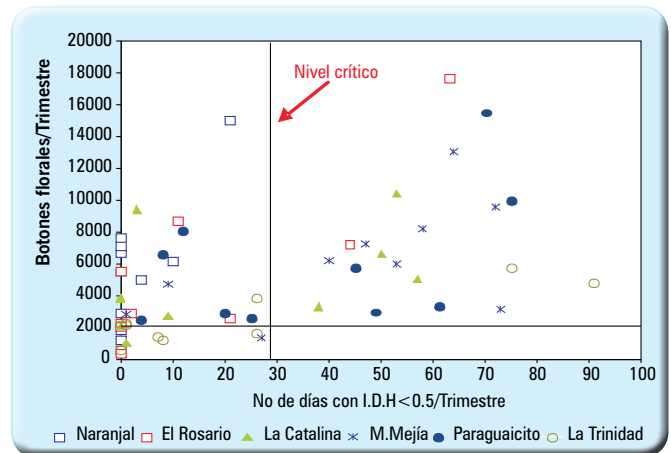


Figura 2. Relación entre el número de botones florales por trimestre y el número de días con déficit hídrico fuerte.

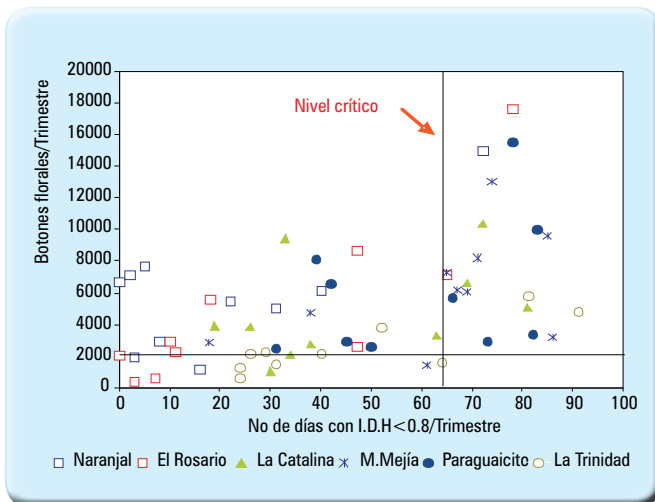


Figura 1. Relación entre el número de botones florales por trimestre y el número de días con déficit hídrico moderado.

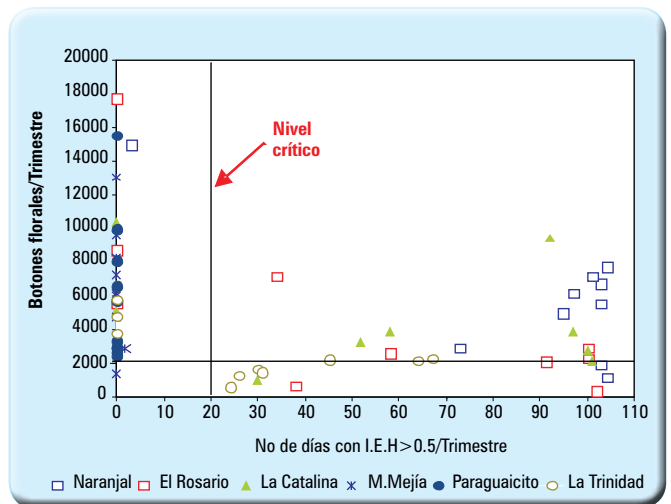


Figura 3. Relación entre el número de botones florales por trimestre y el número de días con exceso hídrico fuerte para café.

además de haber un déficit hídrico apropiado, como se mencionó anteriormente, es necesario que se acumulen, como mínimo 1.100°C de temperatura por trimestre (Figura 4), y que no se presenten más de 50 días por trimestre con amplitud térmica inferior a 10°C (Figura 5), lo que indica que diferencias entre la temperatura máxima y mínima superiores a 10°C son más favorables para una apropiada floración. La amplitud térmica superior a 10°C a nivel diario coincide con las épocas de mayor floración en las diferentes localidades de la zona cafetera (Figura 6), primer semestre zona norte, primero y segundo semestre zona centro con intensidad variable y segundo semestre zona sur. Además, la amplitud térmica se convierte en un indicador junto con el exceso hídrico de factores limitantes de la floración del café.

Se observa una relación directa entre el número de botones florales y el tiempo térmico acumulado por trimestre, siendo las Estaciones Experimentales El Rosario y La Trinidad, las que presentan una relación significativa $p < 0,05$ y $p < 0,01$ respectivamente. En la Estación El Rosario, por cada grado (°C) de temperatura acumulada, se producen 40 botones florales por 30 plantas, mientras que en La Trinidad se producen 25 botones por 30 plantas. Un efecto contrario al del tiempo térmico acumulado (TT) sobre la floración, sucede con la amplitud térmica (AT), debido a que en la medida

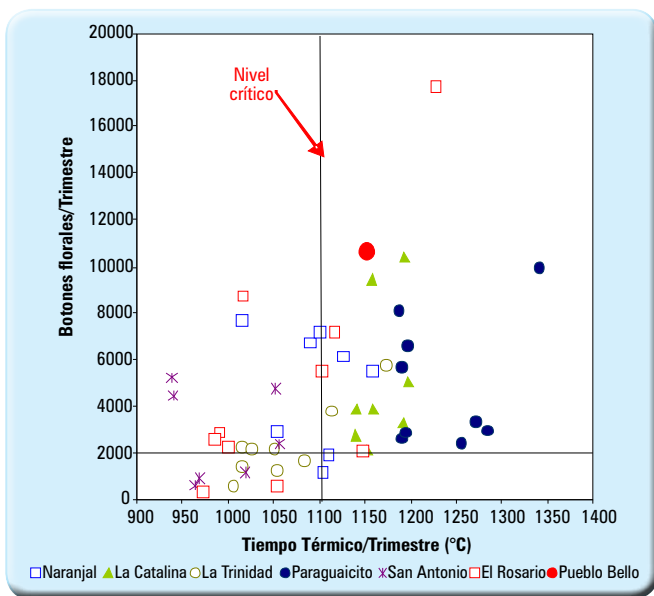


Figura 4. Relación entre el número de botones florales por trimestre y el tiempo térmico acumulado, calculado con una temperatura base de 10°C.

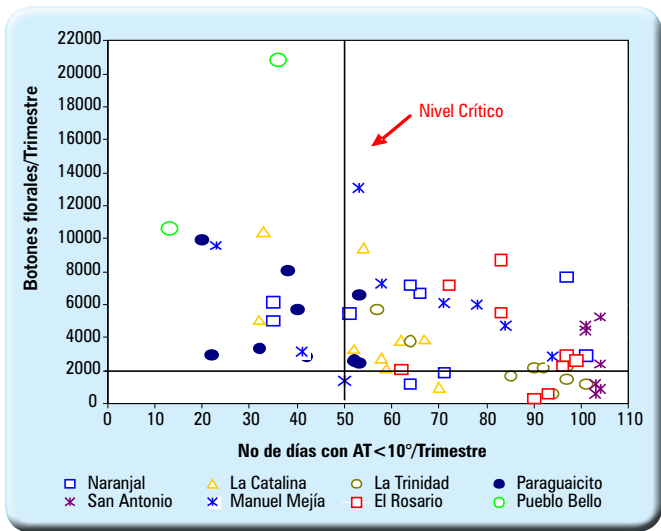


Figura 5. Relación entre la amplitud térmica ($AT = T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$) y el número de botones florales por trimestre en café.

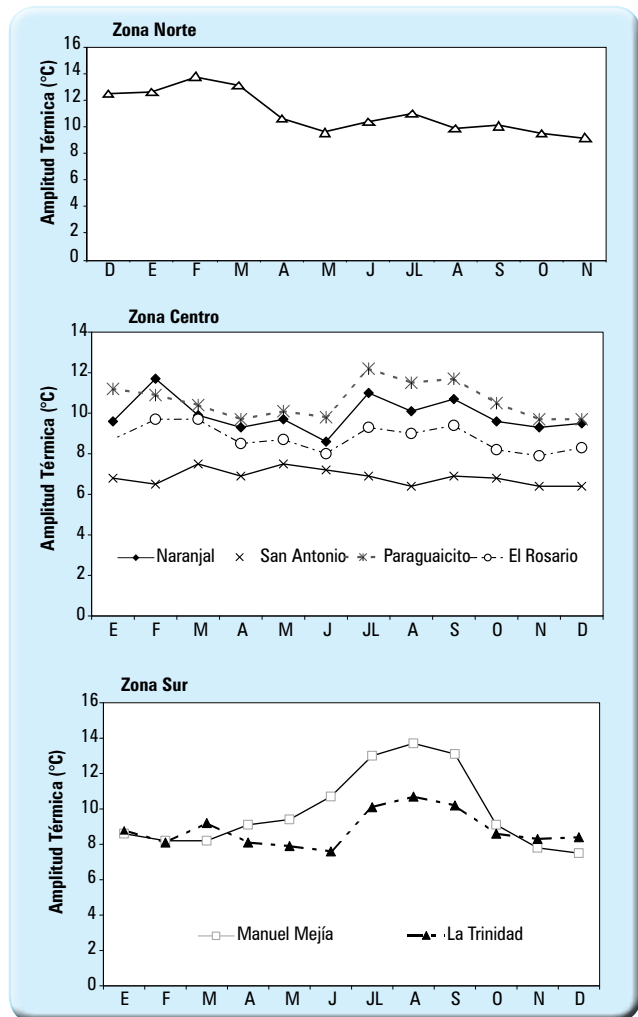


Figura 6. Distribución de la amplitud térmica en diferentes localidades de la zona cafetera Colombiana.

que aumenta el número de días con amplitudes térmicas inferiores a 10°C (diferencia entre la temperatura máxima y mínima diarias), se reduce la floración, dicha relación es estadísticamente significativa para las Estaciones de La Trinidad y San Antonio. Hay localidades donde la floración se relaciona mejor con la amplitud térmica (AT) que con el déficit hídrico, tal y como sucede con la Estación San Antonio. El promedio de la amplitud térmica en las Estaciones Experimentales analizadas se ubica entre 10,9°C (Paraguaicito) y 6,8°C (San Antonio). La máxima amplitud térmica se registró igualmente en la Estación Paraguaicito con 19,0°C y mientras que para la Estación San Antonio la máxima llegó hasta 11,0°C (Tabla 9).

La distribución de la amplitud térmica a lo largo de la zona cafetera, explica de cierta manera los patrones de distribución de la floración, por ejemplo, La Trinidad está ubicada geográficamente en la zona centro (Líbano-Tolima), pero según su amplitud térmica tiene una distribución de zona sur, y el máximo porcentaje de la floración anual ocurre en el trimestre agosto-septiembre-octubre, similar a la Estación Manuel Mejía (El Tambo-Cauca) que está ubicada geográficamente en el sur del país. Un caso similar se presenta en la Estación San Antonio, la cual está ubicada geográficamente en la zona norte (Departamento de Santander) y tiene un patrón de floración similar al de zona centro como Naranjal (Chinchiná-Caldas) o El Rosario (Venecia-Antioquia).

Relación entre la floración y la disponibilidad energética. Existe una relación negativa entre el índice de déficit de brillo solar (IDBS) y el número de botones de florales en café, lo que indica que días de bajo brillo solar no favorecen el número de botones florales, dicha relación es estadísticamente significativa para la Estación Experimental La Trinidad, en donde, por cada hora que se reduzca en brillo solar respecto a su potencial, el número de botones florales por 30 plantas se reduce en 1.232,0 lo que indica que en localidades con condiciones climáticas similares a La Trinidad (Líbano-Tolima), el brillo solar es un factor limitante en la floración del café.

Además del déficit hídrico, la acumulación de temperatura y los cambios diarios de temperatura, para una buena floración también es necesaria la presencia de un brillo solar alto. Como el brillo solar varía de acuerdo a la época del año, la latitud y factores topográficos, en este informe se hace el análisis de déficit de brillo solar, por lo tanto, en la medida que el brillo solar disminuye, o

Tabla 9. Rangos observados para la amplitud térmica en la zona de estudio (2008-2010)

Estación Experimental	Amplitud térmica (°C)		
	Máxima	Mínima	Promedio
Paraguaicito	18,0	2,4	10,9
La Catalina	15,6	1,7	10,0
Naranjal	15,6	2,2	9,8
Manuel Mejía	19,0	3,4	9,4
El Rosario	12,4	1,8	8,4
La Trinidad	14,8	2,7	8,4
San Antonio	11,0	2,0	6,8

lo que es igual se aumente el déficit de brillo solar, la floración en café disminuye (Figura 7).

Efectos combinados de las variables. Dado que se presentan respuestas diferenciales en cada una de las localidades a los estímulos ambientales de déficit y exceso hídrico, de temperatura y de brillo solar, se realizó un análisis combinado de dichas variables (IDH, IHS, TT, AT y IDBS), con el propósito de identificar efectos

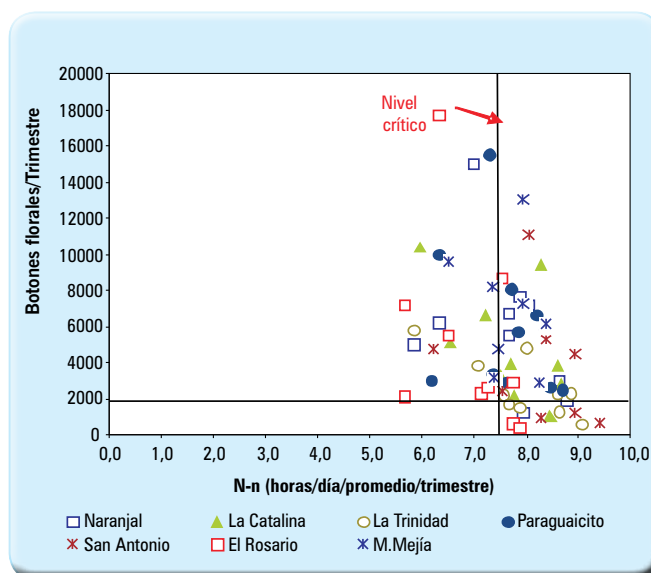


Figura 7. Relación entre el déficit de brillo solar promedio diario por trimestre y el número de botones florales en café.

sinérgicos entre ellas, e identificar grupo de variables que explican mejor la floración, por localidades, por zonas y por trimestres.

En la Estación Experimental El Rosario el número de días con déficit hídrico, tanto moderado ($IDH < 0,8$) como fuerte ($IDH < 0,3$), combinados con el tiempo térmico, con el número de días con amplitud térmica inferior a 10°C y el déficit de brillo solar (N-n), explican entre un 92% y un 97% el fenómeno de floración (Tabla 10). En las Estaciones Experimentales La Trinidad, Manuel Mejía y Naranjal el déficit hídrico fuerte ($IDH < 0,3$) y el número de días con amplitud térmica inferior a 10°C ($AT < 10$) explican el 85%, 72% y 76% del fenómeno, respectivamente. En la Estación Experimental Paraguaicito el número de días con déficit hídrico moderado ($IDH < 0,5$) y el tiempo térmico (TT) explican el 69% de la floración, y en la Estación Experimental San Antonio el número de días con déficit hídrico moderado ($IDH < 0,8$), el tiempo térmico (TT) y el número de días con amplitud térmica inferior a 10°C ($AT < 10$) explican el 80% de la floración. En la Estación La Catalina, tanto el número de días con déficit hídrico moderado ($IDH < 0,8$) como fuerte ($IDH < 0,3$), combinados con el tiempo térmico, con el número de días con amplitud térmica inferior a 10°C y el déficit de brillo solar (N-n) explican el 61% de la expresión floral.

Por otra parte, cuando se combina el exceso hídrico representado en el número de días con el índice de humedad del suelo superior a 0,5 ($IHS > 0,5$) con el número de días con amplitud térmica inferior a 10°C ($AT < 10$), se logra explicar en más del 60% las disminuciones de la floración (Tabla 10).

Análisis por trimestre. Con el propósito conocer en cuál de los trimestres hay una mejor relación con las variables agrometeorológicas, se hace un análisis de la floración a nivel trimestral, en el cual se incluyen todas las regiones consideradas en el estudio. Del análisis anterior se encuentra que la floración del café en Colombia, para los trimestre agosto-septiembre-octubre, febrero-marzo-abril y mayo-junio-julio, se relaciona con los índices agrometeorológicos propuestos (Figura 8). En el trimestre agosto-septiembre-octubre la floración del café responde tanto al déficit hídrico, como al tiempo térmico y la amplitud térmica; cuando estos dos últimos factores se incluyen, la floración se explican en un 80%.

Para el trimestre agosto-septiembre-octubre, la inclusión del déficit de brillo solar (DBS), no influye en la floración,

esto no significa que no sea importante, sino que es una de las épocas del año en donde se presenta el menor déficit de brillo solar en la mayoría de las localidades estudiadas, a excepción de la Estación Experimental San Antonio, donde el menor DBS se presenta en los trimestres de noviembre-diciembre-enero y febrero-marzo-abril (Figura 9).

En el trimestre febrero-marzo-abril el déficit hídrico por sí solo no explica la floración (Figura 8E), igual que en el trimestre de agosto-septiembre-octubre, y la inclusión de las variables AT, TT y DBS explican el 80% del proceso fisiológico, mostrando un efecto sinérgico de las variables hídricas, térmicas y de radiación, por lo tanto, además de los cambios de humedad del suelo, se debe considerar la temperatura acumulada, los cambios diarios de temperatura y el brillo solar.

En el caso del trimestre mayo-junio-julio el déficit de brillo solar es la variable que mejor explica la floración (Figura 8C), y aunque se observa el efecto sinérgico del tiempo térmico, de la amplitud térmica y el déficit hídrico, el modelo no alcanza a ser estadísticamente significativo, por lo tanto, se puede afirmar que el factor más determinante en la floración durante este trimestre es el brillo solar, porque es en este trimestre donde seis de las siete Estaciones Experimentales estudiadas presentan el mayor déficit de brillo solar (superior a 7,8 horas), el cual se podría considerar como el nivel crítico superior (Figura 9). Por otra parte, al correlacionar los trimestres de mayor floración con el DBS, se encuentra que el brillo solar deja de ser limitante para la floración cuando el DBS es inferior a 7,2 horas/día promedio por trimestre.

Al mirar el efecto del exceso hídrico sobre la floración por trimestre, se observa que el trimestre de agosto-septiembre-octubre, es el más susceptible al exceso hídrico (Figura 10), el cual tiene un efecto sinérgico con la amplitud térmica. Lo anterior, es especialmente crítico en las zonas donde están ubicadas las Estaciones Experimentales Manuel Mejía (El Tambo-Cauca), La Trinidad (Líbano-Tolima) y Paraguaicito (Buenavista-Quindío), en las que se presenta la mayor floración del año en ese trimestre; y es crítico además, porque es la época del año donde los otros factores considerados limitantes de la floración no lo son, como el caso del DBS y la AT para la zona centro y sur del país.

Análisis por zonas. De acuerdo a los patrones de floración se dividió la zona de estudio en dos: Centro

Tabla 10. Efectos de la disponibilidad de agua, temperatura y brillo solar en la floración de café.

Estación	Número de predictores (K)	R ²	Estación	Número de predictores (K)	R ²
El Rosario	IDH<0,8; TT	0,79*	Naranjal	IDH<0,8; TT	0,51
	IDH<0,8; TT; AT<10	0,79*		IDH<0,8; TT; AT<10	0,53
	IHS<0,5; TT	0,69*		IHS<0,5; TT	0,74*
	IHS<0,5; TT; AT<10	0,69		IHS<0,5; TT; AT<10	0,77
	IHS>0,5; AT<10	0,68*		IHS>0,5; AT<10	0,77**
	IDH<0,8; TT; AT<10; N-n	0,97*		IDH<0,8; TT; AT<10; N-n	0,53
	IDH<0,3; TT; AT<10; N-n	0,92		IDH<0,3; TT; AT<10; N-n	0,79
La Catalina	IDH<0,3; AT<10	0,77*	Paraguaicito	IDH<0,3; AT<10	0,76*
	IDH<0,8; TT	0,12		IDH<0,8; TT	0,47
	IDH<0,8; TT; AT<10	0,59		IDH<0,8; TT; AT<10	0,48
	IHS<0,5; TT	0,23		IHS<0,5; TT	0,69*
	IHS<0,5; TT; AT<10	0,34		IHS<0,5; TT; AT<10	0,69
	IHS>0,5; AT<10	0,32		IHS>0,5; AT<10	SEC
	IDH<0,8; TT; AT<10; N-n	0,61		IDH<0,8; TT; AT<10; N-n	0,89
La Trinidad	IDH<0,3; TT; AT<10; N-n	0,61	San Antonio	IDH<0,3; TT; AT<10; N-n	0,79
	IDH<0,3; AT<10	0,48		IDH<0,3; AT<10	0,48
	IDH<0,8; TT	0,83*		IDH<0,8; TT	0,28
	IDH<0,8; TT; AT<10	0,83*		IDH<0,8; TT; AT<10	0,80*
	IHS<0,5; TT	0,84*		IHS<0,5; TT	0,49
	IHS<0,5; TT; AT<10	0,86*		IHS<0,5; TT; AT<10	0,62
	IHS>0,5; AT<10	0,75*		IHS>0,5; AT<10	SEC
Manuel Mejía	IDH<0,8; TT; AT<10; N-n	0,84	IDH<0,8; TT; AT<10; N-n	0,89	
	IDH<0,3; TT; AT<10; N-n	0,86	IDH<0,3; TT; AT<10; N-n	0,72	
	IDH<0,3; AT<10	0,85**	IDH<0,3; AT<10	0,66	
	IDH<0,8; TT	0,21			
	IDH<0,8; TT; AT<10	0,22			
	IHS<0,5; TT	0,12			
	IHS<0,5; TT; AT<10	0,2			
IHS>0,5; AT<10	SEC				
IDH<0,8; TT; AT<10; N-n	0,43				
IDH<0,3; TT; AT<10; N-n	0,90				
IDH<0,3; AT<10	0,72*				

IDH<0,8= Número de días con índices de déficit hídrico inferior a 0,8; TT = Tiempo térmico; AT<10 = Número de días con amplitud térmica inferior a 10°C.; SEC= Sin Exceso crítico; N-n= Brillo Solar astronómico menos brillo solar medido "déficit de brillo solar" o índice de déficit de brillo solar; * = significancia al 5%; ** = significancia al 1% p<0,05; ***p<0,01 respectivamente para los modelos.

y Sur, la zona centro comprendida por las Estaciones Experimentales Naranjal (Caldas), La Catalina (Risaralda), San Antonio (Santander) y El Rosario (Antioquia), y la zona sur comprendida por las Estaciones Experimentales La Trinidad (Tolima), Manuel Mejía (Cauca) y Paraguaicito (Quindío). Para la zona centro, la floración está influenciada por el déficit hídrico, el tiempo térmico y la amplitud térmica (Figura 11A), y para la zona sur la floración está influenciada por el déficit hídrico, la amplitud térmica y el brillo solar. Para ambas zonas, los coeficientes

de determinación son bajos (inferiores a 0,5), pero estadísticamente significativos.

De la combinación de los índices agrometeorológicos descritos anteriormente y su relación con la floración, se sugiere que la floración del café responde al déficit hídrico en la medida en que los cambios térmicos diarios, la acumulación térmica y la disponibilidad de energía sean apropiados (Tabla 11). En el trimestre agosto-septiembre-otubre en la zona sur y en la zona

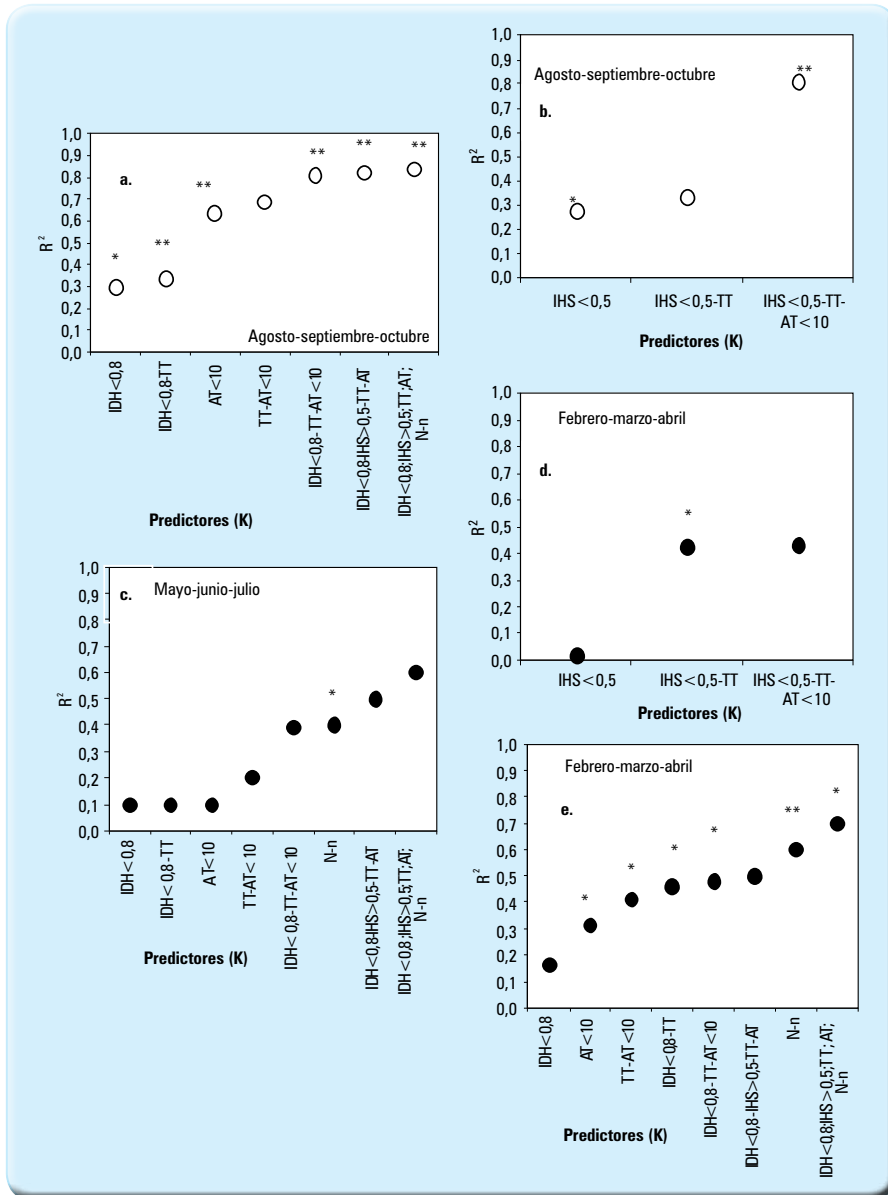
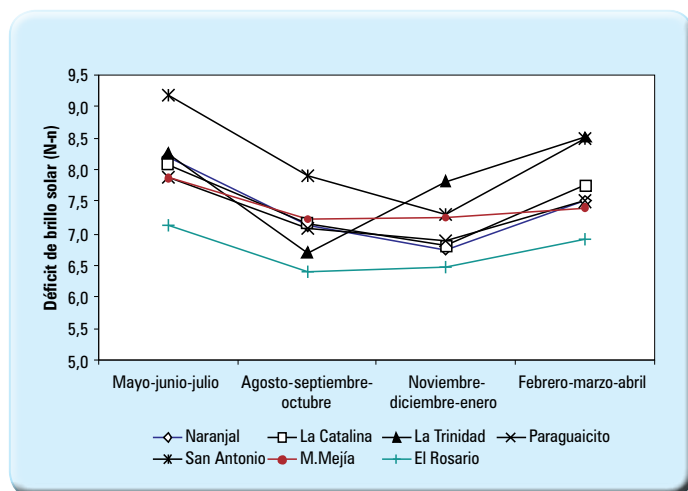


Figura 8. Combinación de variables (número de predictores-K) que mejor explican el número de botones florales en café con déficit hídrico moderado. **a. c. y e.** Déficit hídrico fuerte; **b. y d.** Para los trimestres de agosto-septiembre-octubre, febrero-marzo-abril y mayo-junio-julio, en las zonas de estudio de la floración del café en Colombia. * = significancia al 5%; ** = significancia al 1% $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ respectivamente para los modelos

Figura 9. Déficit de brillo solar promedio (horas/día) para siete localidades de la zona cafetera Colombiana, durante el período 2008-2010.



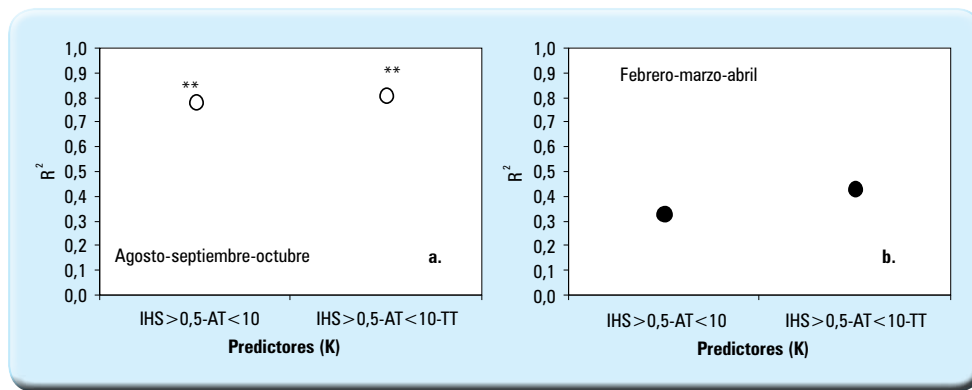


Figura 10. Combinación de predictores que mejor explican el número de botones florales en café con el exceso hídrico. **a.** Agosto-septiembre-octubre y **b.** Febrero-marzo-abril. * = significancia al 5%; ** = significancia al 1% p<0,05; **p<0,01 respectivamente para los modelos.

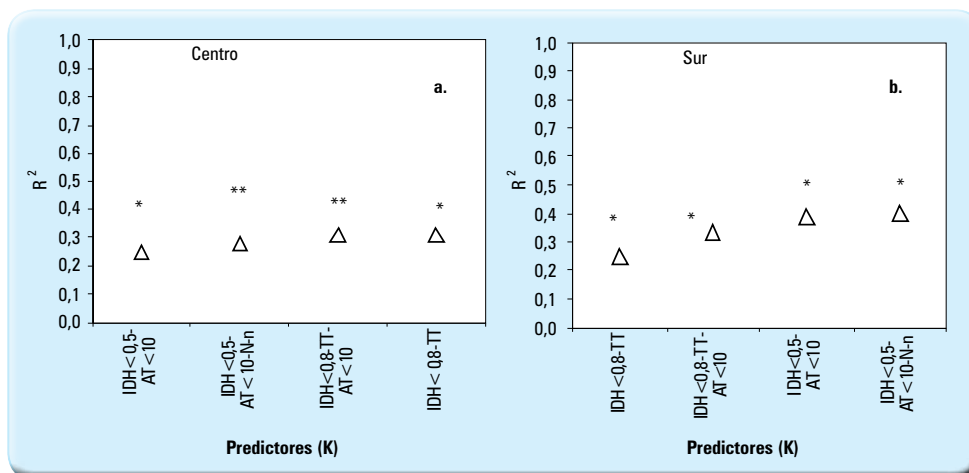


Figura 11. Análisis de número de predictores que expliquen la relación entre el número de botones florales en café por zonas. **a.** Centro (Estaciones Experimentales: Naranjal, La Catalina, San Antonio y El Rosario) y **b.** Sur (Estaciones Experimentales: La Trinidad, Manuel Mejía, Paraguaicito). * = significancia al 5%; ** = significancia al 1% p<0,05; **p<0,01 respectivamente para los modelos.

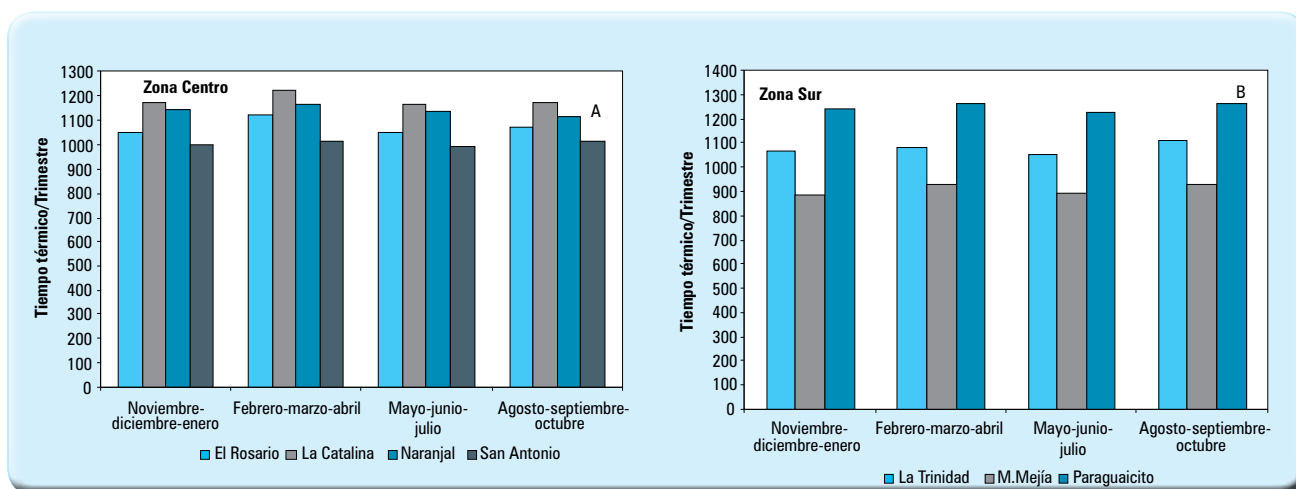


Figura 12. Tiempo térmico acumulado por trimestre por zonas. **a.** Centro (Estaciones Experimentales: Naranjal, La Catalina, San Antonio y El Rosario) y **b.** Sur (Estaciones Experimentales: La Trinidad, Manuel Mejía, Paraguaicito).

centro, la floración de café responde al déficit hídrico moderado y al déficit hídrico fuerte, debido a que hay una apropiada acumulación térmica, los cambios termicos diarios han sido apropiados y la disponibilidad energética se encuentra lo más cerca del potencial. En los otros trimestres, tanto en la zona centro como de la zona sur, la respuesta de la floración al déficit hídrico está condicionada por los otros factores limitantes (Tabla 11).

Índices hidroheliotérmicos y floración. Con el propósito de contar con una herramienta que pueda ser empleada a futuro para inferir si las condiciones agrometeorológicas son apropiadas para una buena floración del café, se proponen varios índices que integran los factores considerados en este estudio como limitantes de la floración y descritos anteriormente. A dichos índices, se les denominó índices hidroheliotérmicos y dependiendo del tipo de información que usan se clasifican en: Índice Hidroheliotérmico (I.Hi.He.T), Índice Hidrotérmico (I.Hi.T),

Índice Heliotérmico tipo I (I.He.T), Índice Heliotérmico tipo II (I.He.T), Índice Heliotérmico tipo III (I.He.T).

Los índices anteriores, se correlacionan con el número de botones florales de los trimestres agosto-septiembre-octubre y febrero-marzo-abril (Tabla 12). En el trimestre agosto-septiembre-octubre el índice hidrotérmico muestra coeficientes de correlación similares a los heliotérmicos tipo II y tipo III, lo que corrobora lo descrito anteriormente en el sentido que el déficit de brillo solar, no es un limitante en la floración en este trimestre y, por lo tanto, no es necesario incluirlo, pero sí es necesario incluir la amplitud térmica, ya que el índice heliotérmico tipo I no presentó correlación con el número de botones florales para dicho trimestre. Contrario a lo observado en el trimestre febrero-marzo-abril, donde el déficit de brillo solar sí es un factor limitante en la predicción de la floración en café, al igual que el tiempo térmico (Tabla 13).

Tabla 11. Posibilidad que el déficit hídrico favorezca la floración del café por épocas del año y zonas.

Trimestre	Zona	Factores limitantes			Posibilidad de respuesta al déficit hídrico	
		DBS	TT	AT	Moderado	Fuerte
Ago-Sep-Oct	Centro	NL	NL	NL	Alta	Muy alta
	Sur	NL	NL	NL	Alta	Muy alta
Feb-Mar-Abr	Centro	L	NL	NL	Media	Alta
	Sur	L	NL	L	Baja	Media
May-Jun-Jul	Centro	L	NL	L	Baja	Media
	Sur	L	NL	L	Baja	Media
Nov-Dic-Ene	Centro	NL	NL	L	Media	Alta
	Sur	L	NL	L	Baja	Media

L= Limitante; NL= No Limitante; DBS = Déficit de brillo solar; TT= Tiempo térmico acumulado; AT = Amplitud térmica.

Tabla 12. Coeficientes de correlación de Pearson (r) entre los índices hidroheliotérmicos y el número de botones florales por 30 plantas de café por trimestre.

Índices Hidroheliotérmicos	Ago-Sep-Oct	Feb-Mar-Abr	May-Jun-Jul	Nov-Dic-Ene
	Coeficiente de correlación, r			
I.Hi.T	0,84**	0,62*	-0,01	0,16
I.Hi.He.T	0,83**	0,63*	0,06	0,20
I.He.T (Tipo I)	0,42	0,82**	0,48	0,43
I.He.T (Tipo II)	0,85**	0,63*	0,37	0,20
I.He.T (Tipo III)	0,80**	0,63*	0,32	0,21

* = significancia al 5%; ** = significancia al 1% $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ respectivamente para los modelos.

Tabla 13. Relación entre el número de botones florales observados durante el trimestre agosto-septiembre-octubre de 2010 y los índices hidrotérmicos (I.Hi.T) e hidroheliotérmicos (I.Hi.He.T).

Estación	Número de botones florales por 30 plantas	I.Hi.He.T	Calificación	I.Hi.T	Calificación
Paraguacito	6.595	0,031	Poco favorable	0,10	Favorable
La Catalina	3.837	0,014	Poco favorable	0,05	Poco favorable
Manuel Mejía	13.059	0,043	Poco favorable	0,13	Favorables
El Rosario	354	0,001	Poco favorable	0,00	Poco favorable
La Trinidad	1468	0,011	Poco favorable	0,03	Poco favorable

Por zonas (Centro y Sur), los índices hidrotérmico (I.Hi.T) e hidroheliotérmico (I.Hi.He.T) son los que presentan mayor correlación con la floración del café (Tablas 12 y 13), y serían los que potencialmente podrían ser empleados para evaluar, si las condiciones agrometeorológicas son o no favorables para una buena floración del café en esas zonas.

Consideraciones. La floración del café en Colombia se relaciona directamente con estímulos ambientales, tales como el déficit hídrico y los cambios diarios de temperatura (amplitud térmica), por otra parte, el tiempo térmico acumulado y el brillo solar influyen directamente en la formación de nudos y en el logro de la madurez de cada una de las etapas de la floración (Inducción, iniciación, diferenciación, desarrollo, latencia y anthesis), por lo tanto, se puede afirmar que son condiciones ambientales necesarias para una apropiada floración del café, las siguientes: Un déficit de brillo solar promedio diario por trimestre no mayor de 7,5 horas, entre 60 y 65 días de déficit hídrico moderado, representado en el índice de déficit hídrico (IDH) menor que 0,8 ó entre 20 y 30 días de déficit hídrico fuerte, representado en el $IDH < 0,5$ por trimestre, como mínimo 1.100°C de tiempo térmico acumulado por trimestre, y menos de 50 días por trimestre con amplitud térmica inferior a 10°C .

Las condiciones anteriores son especialmente importantes en los trimestres de mayor floración (febrero-marzo-abril y agosto-septiembre-octubre).

La variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño, se ha caracterizado en las zonas cafeteras de Colombia por incremento en el número de días de déficit hídrico, aumentos en el brillo solar y en la temperatura al igual que diferencias diarias de temperaturas más

pronunciadas, debido entre otras, a la disminución de la nubosidad, lo que se traduce en condiciones favorables para la floración.

Por otra parte, la variabilidad climática asociada con el fenómeno de La Niña, se caracteriza por reducción o desaparición del déficit hídrico e incrementos por encima de lo normal de exceso hídrico, disminución del brillo solar y la temperatura, al igual que cambios menos drásticos de la temperatura del aire entre el día y la noche, lo que se traduce en disminución del número de botones florales en café. En este sentido, se observa que más de 20 días acumulados por trimestre, con valores de humedad del suelo por encima de los niveles óptimos o considerados críticos para el cultivo por exceso y representados en el índice de exceso hídrico (IEH) mayor de 0,5 y más de 50 días con amplitudes térmicas inferiores a 10°C reducen la floración del cultivo. La reducción de la floración ocasionada por el fenómeno de La Niña, es especialmente crítica si las condiciones anteriores se presentan en los trimestres de mayor floración, como lo son los trimestres febrero-marzo-abril y agosto-septiembre-octubre.

Aplicación de los índices hídricos en la identificación de genotipos de café potencialmente tolerantes al exceso hídrico. FIS0532. La interacción entre factores ambientales y genéticos en las plantas, producen respuestas fenológicas tales como la floración. En el caso específico del café, se ha observado que los cambios en la humedad del suelo, los cambios diarios de temperatura y el fotoperíodo, se relacionan directamente con la respuesta de la floración. En el caso específico del café, entender estas relaciones es de mucho interés, debido a que la floración es un indicador de producción, al igual que de distribución de la cosecha

a lo largo de la geografía nacional. De los genotipos de café evaluados, se observa que hay algunos que pueden florecer con menor déficit hídrico que otros, lo que los convierte en candidatos potenciales para la configuración de variedades compuestas a futuro para zonas de bajo déficit hídrico, o para zonas con alto riesgo frente a la ocurrencia del fenómeno de La Niña.

Desarrollo de herramientas para zonificar la zona cafetera colombiana por niveles de riesgo frente a la variabilidad climática

Primera aproximación a la zonificación del riesgo potencial asociado a la variabilidad climática producida por el fenómeno de El Niño y La Niña en la zona cafetera del departamento del Quindío. Investigación Adjunta a los proyectos. ACL0101, ACL1102. Los estudios de zonificación agroecológica desempeñan un papel muy importante en la delimitación de áreas, en las cuales es posible definir qué cultivos tienen mayor potencial de producción y, en el caso específico de estudios de zonificación de cultivos no se deben considerar solamente las variables climáticas, sino que se deben incluir variables edáficas y del cultivo como sistema integrado. Para este caso específico se ha asumido que el riesgo es la integración de la amenaza producida por la variabilidad climática (Fenómeno de El Niño y La Niña), y la vulnerabilidad del sistema de producción de café de sufrir excesos y déficits hídricos críticos, la cual se cuantifica a partir de la aplicación del índice de humedad del suelo –IHS. Para el cultivo de café se ha identificado que valores de IHS $>0,6$ son críticos por el exceso y valores de IHS $<0,3$ son críticos por déficit, la vulnerabilidad del sistema productivo de café ante el déficit es sobre el efecto de la falta de agua en el llenado de frutos y la reducción de la cosecha o el aumento de frutos de mala calidad (frutos negros, vanos, parcialmente llenos entre otras), y la vulnerabilidad frente al exceso, se presenta sobre la reducción en el número de botones florales.

Se logró cuantificar la relación entre la reducción en la floración del café y los factores abióticos representados en humedad del suelo (exceso hídrico), brillo solar y temperatura del aire. A partir de la identificación de estos factores, se desarrollaron una serie de índices que se pueden emplear en la zonificación y monitoreo de la zona cafetera frente a la amenaza de la variabilidad climática (Fenómeno de El Niño y La Niña) y el riesgo de reducir la floración. De lo anterior, se puede concluir que la

amenaza de la variabilidad climática asociada al fenómeno de La Niña, no se debe exclusivamente al aumento de las lluvias, sino que es producto de la interacción con el tipo de suelo, con disminución y cambios en los patrones de la temperatura a nivel diario y reducción en el brillo solar. Todos estos factores se han combinado para el desarrollo de índices agro-meteorológicos, de uso exclusivo para el cultivo de café, los cuales van a permitir identificar zonas de mayor y menor riesgo frente a la variabilidad climática, y a la vez que ayudarán en la regionalización de las recomendaciones para la caficultura para eventos futuros de La Niña.

Para el caso del fenómeno de El Niño, de igual manera, se han avanzado en la aplicación de una metodología de índices, que permite identificar el efecto de la reducción de la precipitación y su interacción con el suelo sobre la producción, especialmente el efecto en el llenado de los granos de café. Esta metodología se está empleando en un estudio piloto de agricultura de precisión para el departamento del Quindío, la cual permite tener una primera aproximación en la zonificación por riesgo frente a la variabilidad climática debida a la ocurrencia de los fenómenos de El Niño y la Niña, y de ahí avanzar en la regionalización de las recomendaciones.

Con el objetivo de avanzar en la regionalización del riesgo frente a la variabilidad climática (Fenómenos de El Niño y La Niña), se realizó la primera aproximación a la regionalización del riesgo potencial del cultivo del café frente a la ocurrencia del fenómeno de La Niña y El Niño. Para el caso de La Niña, se analizaron dos trimestres del año muy importantes para la floración del cultivo de café como son agosto- septiembre- octubre y febrero- marzo- abril. Del análisis histórico, se encuentra que el trimestre febrero- marzo-abril (Figura 13a) el 75,6% del área sembrada en café tiene alto riesgo potencial de disminuir la floración por exceso hídrico en condiciones de La Niña, mientras que para el trimestre agosto-septiembre-octubre (Figura 13b) el área con riesgo potencial de disminuir la floración es del 9,0% del área sembrada en café.

Distribución de las floraciones y la cosecha de café en la Estación Central Naranjal y Estaciones Experimentales de Cenicafé. Con el objetivo de determinar de una manera objetiva la forma cómo se distribuyen las floraciones y la cosecha de café regionalmente, de acuerdo con las condiciones climáticas predominantes, se inició en mayo de 2008 en la Estación Central Naranjal

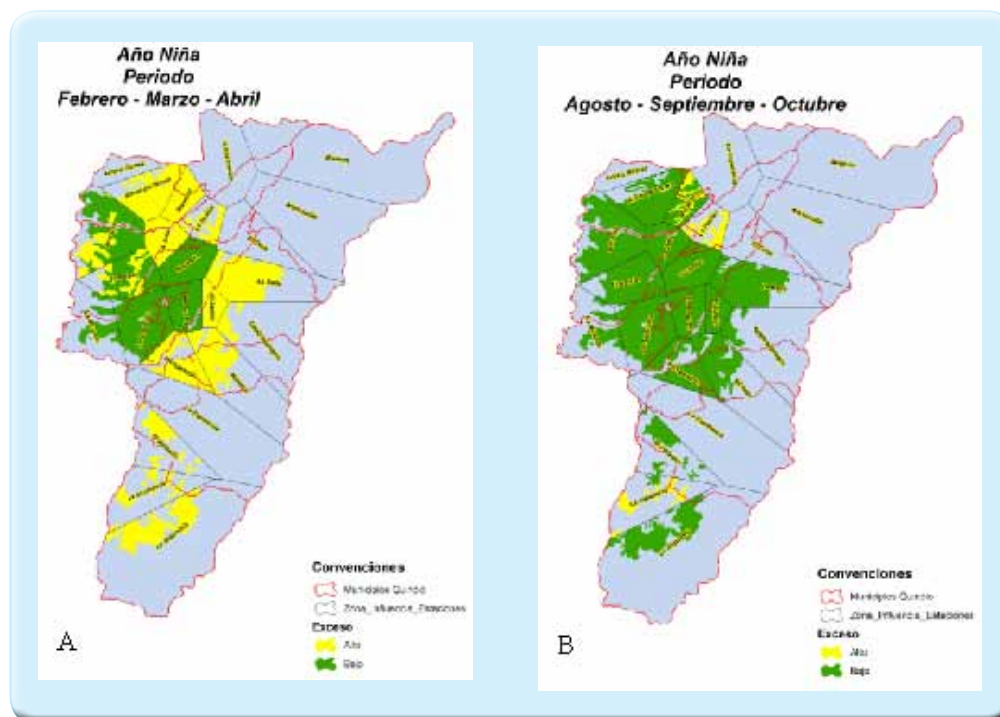


Figura 13. Riesgo potencial de la zona cafetera del Quindío en disminuir la floración por la ocurrencia del fenómeno de La Niña. **a.** Trimestre febrero-marzo-abril, **b.** Trimestre agosto-septiembre-octubre.

y las Estaciones Experimentales la evaluación de una metodología para cuantificar semanalmente la magnitud de cada evento de floración, con el fin de obtener un parámetro de evaluación útil para la Federación y el cafetero en el conocimiento anticipado de la distribución de las floraciones y la cosecha, y así mismo, tener una percepción de la cantidad de cosecha de café de cada año. Esta evaluación comprende dos períodos: Mayo 1 a octubre 31, para el caso de la cosecha del primer semestre (enero a junio) del año siguiente, y noviembre 1 a abril 30 para la cosecha del segundo semestre (julio 1 a diciembre 31). En el período de este informe se llevaron a cabo los registros de mayo a octubre de 2010, noviembre 2010 a abril de 2011 y mayo a septiembre de 2011.

En la Tabla 14 se presentan los resultados de las evaluaciones decadales de las condiciones climáticas y los registros cuantitativos de floración en el período mayo de 2010-abril de 2011, las cuales son responsables por la cosecha del primer y segundo semestre del año 2011. En color azul se representa la condición de suficiente disponibilidad de agua en la década (IHS mayor de 0,8, desfavorable para la floración, pero favorable para el adecuado desarrollo del fruto); en color amarillo se

representa la condición de deficiencia hídrica marcada (IHS menor de 0,6), la cual es favorable para las floraciones pero desfavorable si coincide con las etapas tempranas de desarrollo del fruto. En color café claro se representa la condición de deficiencia hídrica moderada (IHS entre 0.6-0.8), la cual favorece condiciones de floración de baja magnitud, pero que no es desfavorable para el desarrollo del fruto. Los números dentro de cada casilla corresponden al porcentaje de floración registrado en la década y, que a su vez, corresponde al porcentaje de cosecha, si se proyecta 8 meses adelante.

Características del clima y floraciones para la cosecha para el primer semestre de 2011.

La distribución de la lluvia, el balance hídrico y el índice de humedad del suelo durante el período mayo de 2010-octubre de 2010, muestra que en la Estación Experimental El Tambo (El Tambo-Cauca) se presentaron décadas con deficiencia hídrica (color amarillo), en agosto y septiembre, lo cual fue favorable para la floración y la respectiva cosecha del primer semestre de 2011. En las Estaciones Paraguaicito (Buenavista-Quindío), La Trinidad (Libano-Tolima), La Catalina (Pereira-Risaralda) y El Rosario (Venecia-Antioquia), se presentaron períodos secos leves, en las Estaciones Naranjal (Chinchiná-Caldas), Santander

Tabla 14. Comportamiento de las floraciones para las cosechas 2011 A y 2011 B en las Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Epoca Floración (Decadal)	Porcentaje de floración ó cosecha								Epoca Cosecha (Decadal)
	Cauca	Quindío	Risaralda	Tolima	Caldas	Antioquia	Santander	Cesar	
	El Tambo 2°25' N 1700 m	Paraguaicito 4°23' N 1250 m	La Catalina 4°45' N 1310 m	Líbano 4°54' N 1430 m	Naranjal 4°59' N 1400 m	El Rosario 5°58' N 1600 m	Santander 7°06' N 1480 m	Pueblo Bello 10°25' N 1000 m	
My1 (2010)	0,8	2,8	0,4	3,2	1,4	3,7	0,6	0,0	En1 (2011)
My2	2,7	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	En2
My3	11,2	1,9	1,2	12,6	0,1	1,0	0,3	0,0	En3
Jn1	0,0	0,5	0,2	0,3	3,1	0,5	0,2	0,0	Fe1
Jn2	2,4	0,3	1,2	0,4	0,6	0,8	1,2	0,0	Fe2
Jn3	3,8	2,8	0,2	0,4	0,0	0,2	0,4	0,0	Fe3
Jl1	2,1	0,5	0,6	0,4	1,1	0,1	0,9	0,0	Mz1
Jl2	0,0	2,7	0,4	0,4	0,4	0,1	0,4	0,0	Mz2
Jl3	4,2	0,8	2,0	0,8	0,2	0,1	1,3	0,0	Mz3
Ag1	4,7	4,6	0,4	0,0	2,4	0,1	0,7	0,0	Ab1
Ag2	2,1	1,0	1,5	0,0	0,0	0,6	0,9	0,0	Ab2
Ag3	3,1	8,7	0,3	6,7	0,0	0,3	0,3	0,0	Ab3
Se1	16,4	4,0	3,5	0,9	3,3	0,4	1,0	0,0	My1
Se2	0,9	4,5	0,4	0,0	0,2	0,2	0,4	0,0	My2
Se3	0,4	2,3	2,1	0,1	1,7	0,2	0,3	0,0	My3
Oc1	17,3	0,7	3,2	7,5	1,8	0,1	0,6	0,0	Jn1
Oc2	1,1	4,9	1,8	5,4	5,4	0,0	0,2	0,0	Jn2
Oc3	11,8	1,9	10,4	0,7	3,3	1,6	4,6	0,0	Jn3
Porcentaje de la cosecha anual	85,0	45,0	30,0	40,0	25,0	10,0	15,0	5,0	Primer semestre
Nv1	0,3	9,9	3,7	0,2	4,7	0,1	0,8	0,0	Jl1(2011)
Nv2	0,3	3,5	5,8	2,9	7,3	0,2	1,9	0,0	Jl2
Nv3	0,3	0,3	0,5	0,4	2,2	0,1	0,9	0,0	Jl3
Dc1	0,7	0,8	2,1	1,3	3,4	0,3	0,7	0,0	Ag1
Dc2	0,1	2,3	2,2	0,4	1,9	0,1	1,1	0,0	Ag2
Dc3	0,9	3,2	3,3	0,2	2,2	0,2	0,2	0,0	Ag3
E1(2011)	1,9	7,8	7,9	0,5	9,8	4,7	1,9	0,0	Se1
En2	0,3	0,3	0,2	0,0	3,7	0,4	0,2	0,0	Se2
En3	0,8	4,2	2,9	0,0	4,0	0,7	0,1	0,0	Se3
Fe1	0,4	4,2	5,0	21,9	2,1	2,1	0,1	0,0	Oc1
Fe2	0,7	4,3	12,2	11,6	9,6	42,7	38,1	0,0	Oc2
Fe3	0,3	0,6	3,3	0,7	3,0	1,0	0,2	55,4	Oc3
Mz1	0,4	2,7	9,0	6,2	9,7	7,9	15,2	38,7	Nv1
Mz2	1,1	2,9	10,3	2,2	10,1	5,4	3,4	0,0	Nv2
Mz3	1,0	3,8	0,6	5,5	0,0	2,5	0,6	0,0	Nv3
Ab1	4,2	0,9	0,6	5,0	1,4	16,2	16,7	0,0	Dc1
Ab2	1,1	0,4	0,4	0,9	0,0	4,3	2,5	0,0	Dc2
Ab3	0,4	3,0	0,1	0,2	0,0	1,2	0,5	0,8	Dc3
Porcentaje de la cosecha anual	15	55	70	60	75	90	85	95	Segundo semestre

■ Déficit hídrico

■ Exceso hídrico moderado

■ Exceso hídrico fuerte

(Floridablanca.- Santander) y Pueblo Bello (Pueblo Bello-Cesar) el índice de humedad del suelo (IHS) muestra que prácticamente no hubo períodos secos definidos (color azul), condición desfavorable para la cantidad y concentración de la floración.

Características del clima y las floraciones para la cosecha para el segundo semestre de 2011. La distribución de la lluvia, el balance hídrico y el índice de humedad del suelo durante el período noviembre de 2010-abril de 2011, muestra que en las Estación Experimental El Tambo (El Tambo-Cauca), no se presentaron condiciones de deficiencia hídrica, lo cual contribuye a la ausencia de floraciones importantes para la cosecha de 2011B. En Paraguaicito (Buenavista-Quindío), La Trinidad (Líbano-Tolima), La Catalina (Pereira-Risaralda) y El Rosario (Venecia-Antioquia), se presentaron décadas con deficiencia hídrica moderada (color salmón) entre

diciembre y enero, lo cual fue favorable para la floración, sin ser limitante para el desarrollo de la cosecha del primer semestre en las zonas más secas. En la Estación Central Naranjal (Chinchiná-Caldas), no hubo condición de deficiencia hídrica suficiente para el desarrollo de las floraciones del primer trimestre de 2011. En Santander (Floridablanca- Santander) y Pueblo Bello (Pueblo Bello-Cesar) el índice de humedad del suelo (IHS) muestra también períodos secos definidos (color amarillo), condición favorable para la cantidad y concentración de la floración, por lo que se tendrá una cosecha alta y concentrada en estas regiones. Las condiciones hídricas para el resto de año fueron adecuadas favoreciendo el desarrollo normal de los frutos.

En la Tabla 15 se presenta un resumen de distribución de la floración/cosecha a nivel mensual. En general, se observa que hacia la parte sur del país hay una

Tabla 15. Distribución mensual de la floración/cosecha 2011 en las estaciones Experimentales de Cenicafé

Epoca Floración (Decadal)	Porcentaje de floración ó cosecha								Epoca Cosecha (Decadal)
	Cauca	Quindío	Risaralda	Tolima	Caldas	Antioquia	Santander	Cesar	
	El Tambo 2°25' N 1700 m	Paraguaicito 4°23' N 1250 m	La Catalina 4°45' N 1310 m	Líbano 4°54' N 1430 m	Naranjal 4°59' N 1400 m	El Rosario 5°58' N 1600 m	Santander 7°06' N 1480 m	Pueblo Bello 10°25' N 1000 m	
My (2010)	14,7	4,7	1,7	15,9	1,6	4,6	1,6	0,0	En(2011)
Jn	6,2	3,6	1,6	1,1	3,7	1,4	1,8	0,0	Fe
Jl	6,3	4,0	3,1	1,5	1,7	0,3	2,7	0,0	Mz
Ag	9,9	14,3	2,3	6,8	2,4	1,1	1,9	0,0	Ab
Se	17,7	10,9	6,0	1,0	5,2	0,8	1,7	0,0	My
Oc	30,1	7,5	15,4	13,7	10,4	1,8	5,4	0,0	Jn
Porcentaje de la cosecha anual	85,0	45,0	30,0	40,0	25,0	10,0	15,0	5,0	Primer semestre
Nv	0,9	13,7	9,9	3,4	14,2	0,3	3,6	0,0	Jl(2011)
Dc	1,7	6,3	7,6	1,8	7,4	0,5	1,9	0,0	Ag
En(2011)	3,0	12,2	11,0	0,5	17,4	5,8	2,2	0,0	Se
Fe	1,4	9,1	20,5	34,2	14,7	45,9	38,4	55,4	Oc
Mz	2,4	9,4	19,9	14,0	19,8	15,8	19,2	38,7	Nv
Ab	5,6	4,2	1,1	6,1	1,4	21,7	19,7	0,8	Dc1
Porcentaje de la cosecha anual	15	55	70	60	75	90	85	95	Segundo semestre

tendencia al equilibrio de la cantidad de cosecha entre los dos semestres, mientras que para el centro y norte del país la cosecha tiende a concentrarse en los meses de octubre y noviembre, principalmente.

CAFICULTURA DE PRECISIÓN

Detección temprana de deficiencias de nitrógeno en el campo. Se ha avanzado en la evaluación y aplicación de técnicas que permiten la identificación temprana de deficiencias de nitrógeno en el campo, antes que éstas puedan ser percibidas a nivel visual, empleando la planta como indicador. Además de la detección temprana de deficiencias de nitrógeno en el campo, el uso de la técnica de los índices espectrales, permite evaluar la eficacia de la fertilización nitrogenada, lo cual se convierte en un complemento a las técnicas de diagnóstico de la fertilidad del suelo, en lo relacionado con el nitrógeno. El uso de índices espectrales, permite por lo tanto, la detección temprana de deficiencias de nitrógeno, y ha sido igualmente empleado en el cultivo de café para hacer recomendaciones de fertilización nitrogenada en Brasil.

FORESTALES

Biología, hábito y alternativa de manejo de *Corthylus* sp. en plantaciones de aliso (*Alnus acuminata* spp. *acuminata*) en la cuenca de Río Blanco, Manizales. Convenio CIAT – IICA – MADR – Cenicafé. FIT1817.

El aliso *Alnus acuminata* es la especie forestal nativa de mayor importancia económica para reforestación en altitudes por encima de los 1.900 m. Esta especie forestal es atacada por *Corthylus zulmae* (Coleoptero: Curculionidae, Scolytinae), insecto plaga que para ovipositar y cumplir con su ciclo biológico, barrena el fuste de los árboles, y que además para garantizar el alimento a su descendencia, se asocia con hongos fitopatógenos que le sirven de alimento y parasitan los árboles taponando los conductos vasculares, lo que trae como consecuencia el necrosamiento de los tejidos, defoliaciones y la muerte descendente, generando pérdidas de importancia económica para los agricultores. Es así como no se tienen conocimientos sobre el insecto plaga, su control y la asociación con los microorganismos fitopatógenos, se iniciaron estudios para darle respuesta a los agricultores y pequeños reforestadores, e incentivar la reforestación con esta especie forestal nativa. Se evaluó la biología y el comportamiento de *Corthylus zulmae* (Figura 14).

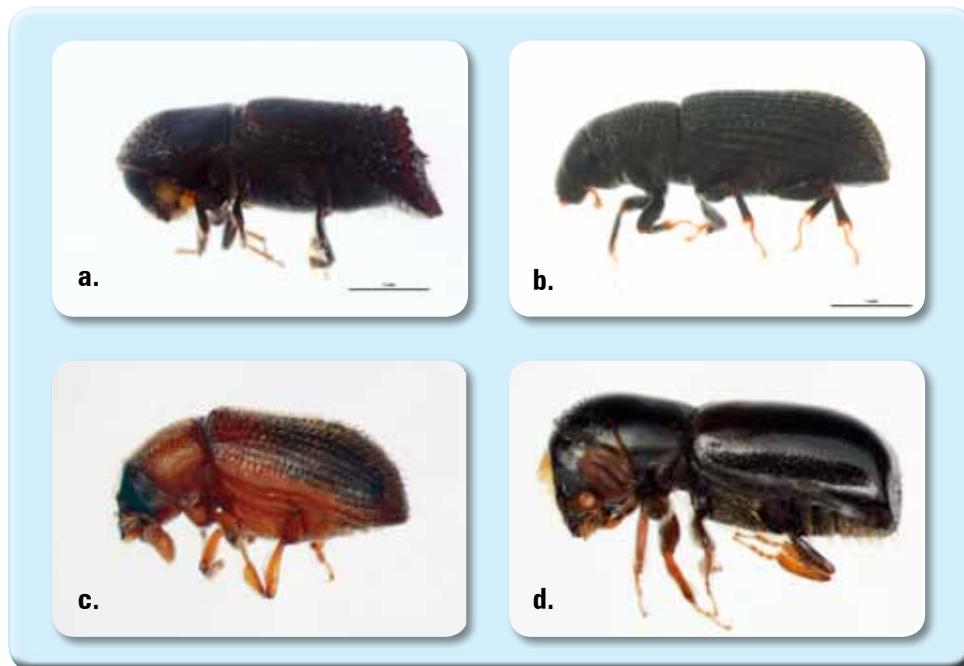


Figura 14. Registro de especies que se encontraron atacando plantaciones de aliso. a. Individuos del género *Chramesus* (Nariño); b. Individuo de *Corthylus* sp. Registrado en Duitama (Boyacá); c y d. *Hylesinini* sp. e. *Hylocurus* sp. en Salento (Quindío).

Se cuenta con dos alternativas biológicas de control de la plaga a nivel de laboratorio, con dos especies de biocontroladores; *Beauveria bassiana* y *Metharizium anisopliae*, en sus presentaciones comerciales Mycotrol, Brocaril y Metatrópico. Se están explorando alternativas de manejo silvicultural para evaluar el control del insecto plaga en el campo; entre ellas se cuenta con trampas pegajosas, árboles trampa, raleos y entomonematodos de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis*. Paralelamente, se está en la búsqueda de insectos coexistentes con miras a identificar posibles biocontroladores. Se han aislado microorganismos asociados a las lesiones originadas en las galerías y orificios de entrada de los insectos, y del suelo de las plantaciones infestadas. Se está estandarizando la metodología para buscar estructuras en el insecto (micangias) en las que posiblemente se transporten microorganismos patógenos.

Propuesta de manejo integrado de la chinche de encaje *Dictyla monotropidia* Stal (Hemiptera: Tingidae)

en plantaciones de nogal cafetero (*Cordia alliodora*). Convenio CIAT – IICA – MADR – Cenicafé. FIT1818. Debido a la importancia del daño causado por la chinche de encaje *Dictyla monotropidia* en plantaciones de *Cordia alliodora* en el país, y al desconocimiento que se tenía acerca del insecto plaga y de estrategias para su control, se iniciaron estudios que permitieron conocer el ciclo biológico, el comportamiento del insecto plaga en plantaciones de nogal cafetero y seleccionar preliminarmente biocontroladores para evaluar en el campo (Figura 15). De igual manera, se evaluaron métodos para cuantificar la población del insecto y poder seleccionar alternativas biológicas de control en el campo (Tabla 16). Se caracterizó la dinámica poblacional de la chinche de encaje en el campo y se describió la biología bajo condiciones de laboratorio. De igual manera, se evaluó el efecto de biocontroladores sobre la mortalidad de colonias del insecto plaga en el campo, en dos diferentes poblaciones de Quindío y Caldas. Se evaluó la acción de productos biológicos aplicados tanto a la copa del



Figura 15. Metodología para aplicación de biocontroladores a la hojarasca en el suelo de plantaciones de nogal cafetero. **a.** Limpieza de bandejas; **b.** Selección de hojas; **c** y **d.** Lavado de hojas; **e.** Pesaje del suelo; **f.** Insectos capturados y para infestar; **g.** Bandeja infestada; **h.** Bandejas listas para llenar; **i, j, k.** Bandejas instaladas en la plantación.

Tabla 16. Tratamientos aplicados para el control de la chinche de encaje en plantaciones de Manizales (Caldas) y Calarcá (Quindío).

Tratamiento	Nombre del producto y casa comercial	Componente
T1	Brocaril (Laverlam)	<i>Beauveria bassiana</i>
T2	Mycotrol (Tecnologías Naturales Internacional S.A.)	<i>Beauveria bassiana</i>
T3	Nemax-S (Bioagro)	<i>Steinernema</i> sp.
T4	Metarhiplant (Sanoplant)	<i>Metarhizium anisopliae</i>
T5	Testigo absoluto	Agua

árbol, como al plato de éste. Igualmente bajo condiciones de invernadero, se evaluó la eficiencia de productos químicos de baja toxicidad (categorías III y IV) en la mortalidad de colonias del insecto plaga, al igual que el efecto de algunos nutrientes en la tolerancia al daño causado por el insecto. De los resultados obtenidos se podrá establecer el protocolo para el manejo integrado de la chinche de encaje (*Dyctyla monotropidia*).

Caracterización de la biodiversidad de la Reserva Forestal Protectora de Planalto ubicada en Chinchiná, Caldas. FIT1819. Los inventarios que se han realizado sobre diferentes componentes de la fauna y la flora indican que la Reserva Forestal Protectora de Planalto alberga una biodiversidad que debe ser no solo conservada, sino referenciada y estudiada. Planalto, se caracteriza por una gran complejidad edáfica y florística que favorece la ocurrencia de una gran variedad de hábitats y microhábitats, posibilitando a la vez la presencia de una alta diversidad de especies. Está conformado por un mosaico de comunidades vegetales nativas y exóticas en diferentes estados de desarrollo y composición, y una parte importante del terreno la constituye un bosque secundario heterogéneo, con comunidades jóvenes y maduras en permanente sucesión.

Los resultados preliminares de estos inventarios reportan 256 especies de plantas nativas, pertenecientes a 49 familias, 180 especies de mariposas diurnas, 44 especies de escarabajos de la familia Melolonthidae, conocidos comúnmente como chisas (diez géneros), los cuales representan un papel importante en los ecosistemas. Igualmente, se han encontrado 47 especies de hormigas pertenecientes a 25 géneros. Teniendo en cuenta que

las hormigas y las mariposas se vienen empleando como grupos bioindicadores bien consolidados, estas cifras permiten afirmar que la Reserva de Planalto representa un refugio importante para estas especies y para otros organismos que con estos pueden encontrarse estrechamente relacionados.

Al ser estos inventarios de tipo puntual, es necesario la actualización y corroboración de las caracterizaciones mediante muestreos continuos en el tiempo, mediante una metodología que permita hacer monitoreos cuantificables y comparables que permitan catalogar la Reserva de Planalto como de alta biodiversidad para la zona cafetera central.

Conservación ex-situ de recursos genéticos en la Región Andina Colombiana. FIT1726. Cenicafé cuenta con un área de 18,7 ha donde se conservan y evalúan alrededor de 43 especies nativas de alto valor comercial y ecológico (Tabla 17). En el año 6,5 de desarrollo del banco de conservación de la Estación Experimental El Rosario, las especies de mejor desarrollo para la zona cafetera central son trapiche (*Prunus integrifolia*), cedro negro (*Juglans neotropica*), chingalé (*Jacaranda copaia*), aceituno (*Vitex cooperii*), jagua (*Genipa americana*) y tambor (*Schizolobium parahyba*), y para la zona alta, aquellas de mayor crecimiento son mondey (*Gordonia humboldtii*), roble de tierra fría (*Quercus humboldtii*), chaquiro (*Retrophyllum rospigliosii*), cedro de altura (*Cedrela montana*), arrayán de Manizales (*Laphoensia puniceifolia*), cucharo (*Myrsine guianensis*).

Jagua (*G. americana*) a los 6,7 años ha alcanzado un diámetro de 6,1 cm y una altura de 4,7 m, lo cual

Tabla 17. Área y especies forestales establecidos en los bancos de conservación de Cenicafé.

Departamento	Municipio	Finca	Altitud (m)	Área (ha)	Edad (años)	Especies destacables
Caldas	Chinchiná	Estación Central Naranjal	1.400	1,2	13,1	<i>Cedrela odorata</i> <i>Prunus integrifolia</i>
Risaralda	Belén de Umbría	La Cascada	1.736	2,5	12,5	<i>Vitex cymosa</i> <i>Tabebuia rosea</i> <i>Cordia alliodora</i>
Tolima	Líbano	Isidro Parra	1.590	1,8	11	<i>Tabebuia donell-smithii</i> <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> <i>Guarea guidonia</i>
Antioquia	Venecia	Estación Experimental El Rosario	1.420	1,4	6,7	<i>Cordia gerascanthus</i> <i>Schizolobium parahyba</i> <i>Jacaranda copaia</i> <i>Juglans neotropica</i>
Risaralda	Dosquebradas	Las Hortensias	2.033	3,8	12	<i>Montanoa quadrangularis</i> <i>Alnus acuminata</i> <i>Quercus humboldtii</i> <i>Otoba novogranatensis</i>
Tolima	Herveo	Galicia	2.098	4,8	12,5	<i>Gordonia humboldtii</i> <i>Retrophyllum rospigliosii</i> <i>Podocarpus oleifolius</i> <i>Gustavia superba</i>
Cauca	El Tambo	Estación Experimental El Tambo	1.750	3,2	6,5	<i>Ladenderbia macrophylla</i> <i>Laphoensia puniceifolia</i> <i>Myrsine guianensis</i>
				18,7	11,5	43 especies

implica un crecimiento medio anual de 0,9 cm/año en diámetro y 0,7 m/año en altura; para cedro negro (*Juglans neotropica*) el crecimiento ha sido de 0,97 cm/año en diámetro y 0,7 m/año en altura; cedrillo (*Guarea guidonia*) a los 5,7 años ha alcanzado un diámetro de 7,64 cm y una altura de 5,8 m, lo cual implica un crecimiento medio anual de 1,34 cm/año en diámetro y 1,01 m/año en altura. Cedro de la India (*Acrocarpus fraxinifolius*), es la especie de mejor crecimiento, con 2,91 cm/año en diámetro y 2,12 m/año en altura. Trapiche (*Prunus integrifolia*), ha crecido a una tasa de 1,12 cm/año en diámetro y 1,0 m/año en altura. Molinillo (*Magnolia hernandezii*), especie declarada en riesgo por el Instituto Von Humboldt, presenta un crecimiento medio anual de 1,04 cm/año en diámetro y 0,93 m/año en altura (Figuras 16 y 17).

Reconocimiento y estrategias de manejo de problemas fitosanitarios en especies forestales asociadas a café. FIT1727. A continuación se describen algunas de las

plagas encontradas en los bancos de conservación de especies nativas en Chinchiná y Manizales (Caldas) y en Venecia (Antioquia). Se encontraron hormigas del género *Atta* (Hymenoptera:Formicidae) causando defoliaciones hasta del 25% en árboles de tambor (*Schizolobium parahyba*), aceituno (*Vitex cooperii*), bala de cañón (*Courupita darienensis*), guayacán rosado (*Tabebuia rosea*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*) y guayacán amarillo (*Tabebuia chrysantha*). En *C. darienensis* se encontró con una severidad del 25%, larvas de *Automeris* pos. *atrolimbata* alimentándose de la totalidad del área foliar (Figura 18).

En Manizales, vereda San Peregrino, se encontraron adultos de *Compsus* sp. (Lepidoptera : Curculionidae), atacando árboles de nogal cafetero y considerada como una plaga de doble acción, debido a que en estado larval daña las raíces y estado adulto causa daños en hojas, flores y frutos (Figura 19). Además se registró una chinche verde *Edessa* sp. (Hemiptera: Pentatomidae)

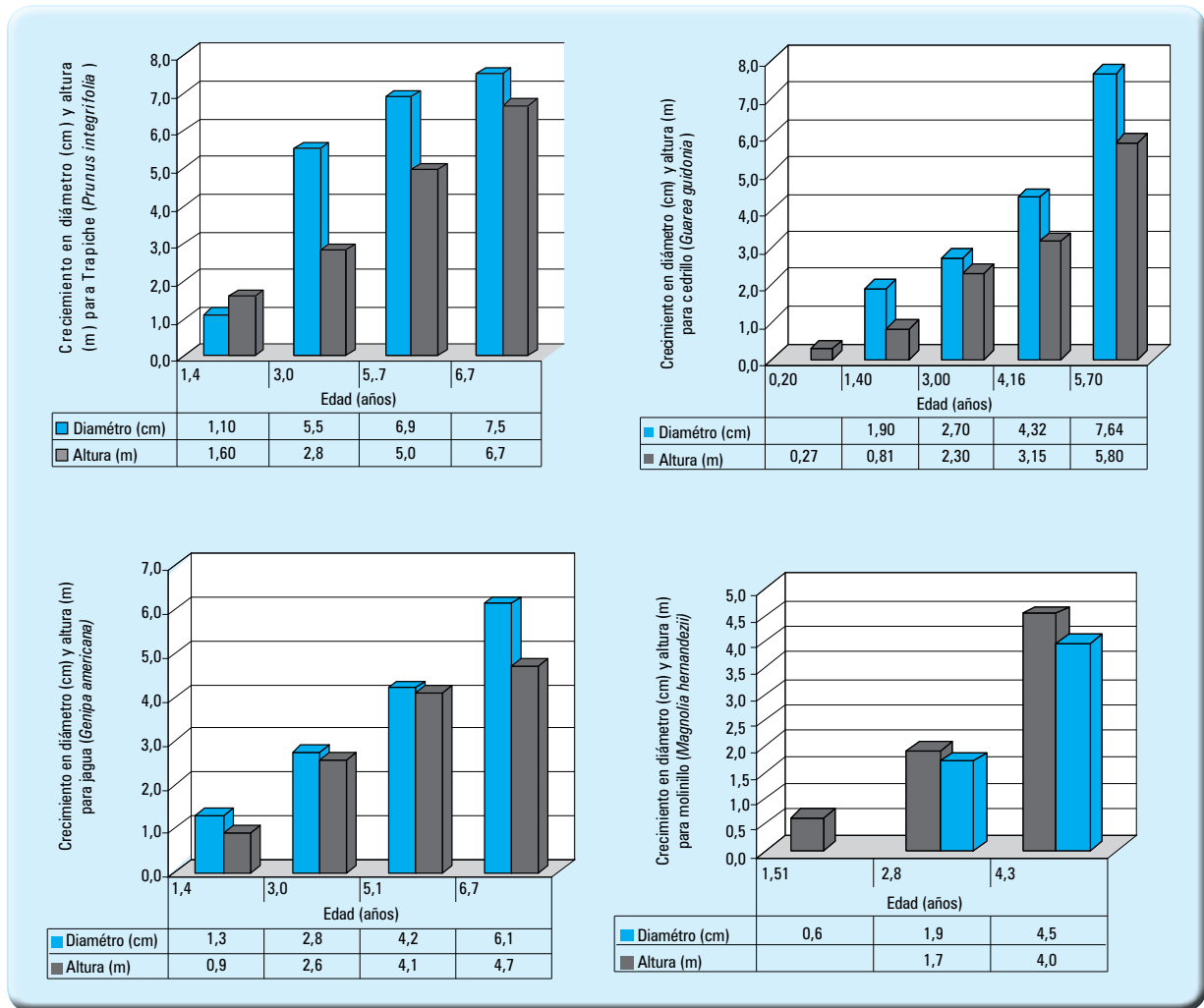


Figura 16. Desarrollo de algunas de las especies en el banco de conservación de la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia).

(Figura 20), causando daños (ninfa y adulto). El daño se produce al introducir su aparato bucal (sifón) en las hojas de nogal cafetero, para alimentarse directamente del floema, produciendo que las hojas se enrollen, al perder la turgencia además tienden a tornarse amarillentas.

En los árboles de cedro se encontraron yemas con síntomas del daño causado por *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae); sin embargo, en los rebrotes no se evidencia daño, ni estados biológicos del insecto

plaga, y los árboles presentan un mejor aspecto que el encontrado en las evaluaciones anteriores.

Con respecto a enfermedades en nogal cafetero lo más frecuente fue la presencia de la roya del nogal cafetero (*Puccinia cordicola*). La presencia de la roya se inicia con manchas de color naranja oscuro, dispuestas en forma irregular, localizadas principalmente en las nervaduras de la hoja y observables tanto por la haz como por el envés (Figura 21).



Figura 17. Desarrollo de algunas especies en el banco de germoplasma, ubicado en la Estación Experimental El Rosario. **a.** Jagua (*Genipa americana*); **b.** Cedro de la india (*Acrocarpus fraxinifolius*), **c.** Chaquiro (*Retrophyllum rospigliosii*); **d.** Cedro negro (*Juglans neotropica*); **e.** Molinillo (*Magnolia hernandezii*); **f.** Molinillo y cedrillo (*Guarea guidonia*); **g.** Cedrillo; **h, i.** Trapiche (*Prunus integrifolia*); **j.** Chingalé (*Jacaranda copaia*).



Figura 18. **a.** y **b.** Larva de *Automeris* pos. *atrolimbata* atacando árboles de *C. darienensis*; **c.** Daño causado por *Hypsipyla grandella* en árboles de *Cedrela odorata*.



Figura 19. Detalle de la acción de *Compsus* sp., en plantaciones de nogal cafetero. Obsérvese el corte en la margen de la hoja (aparición aserrada).



Figura 20. Chinche verde del nogal cafetero *Edessa* sp. (Hemiptera: Pentatomidae)

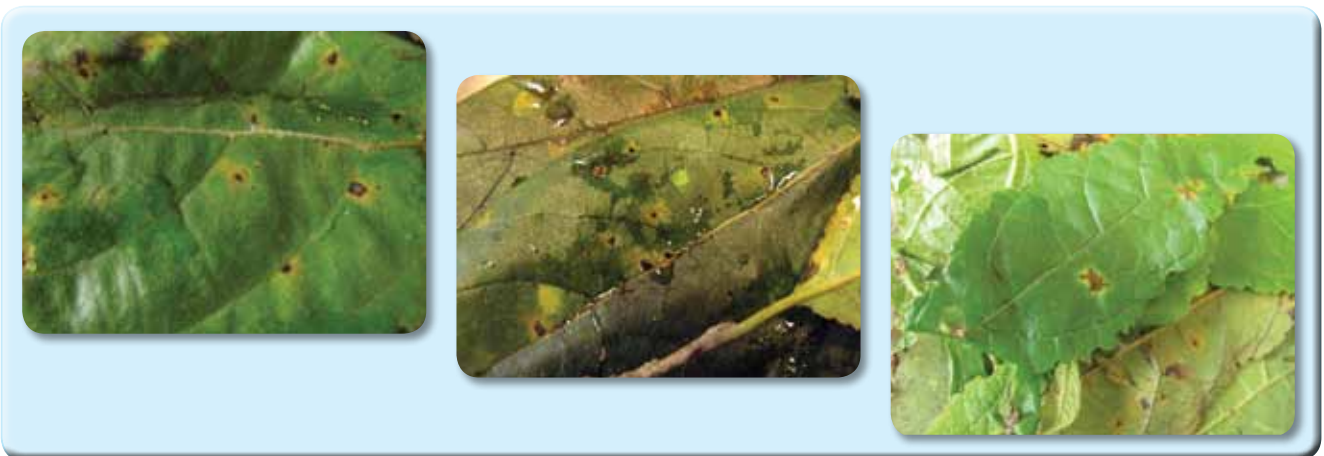
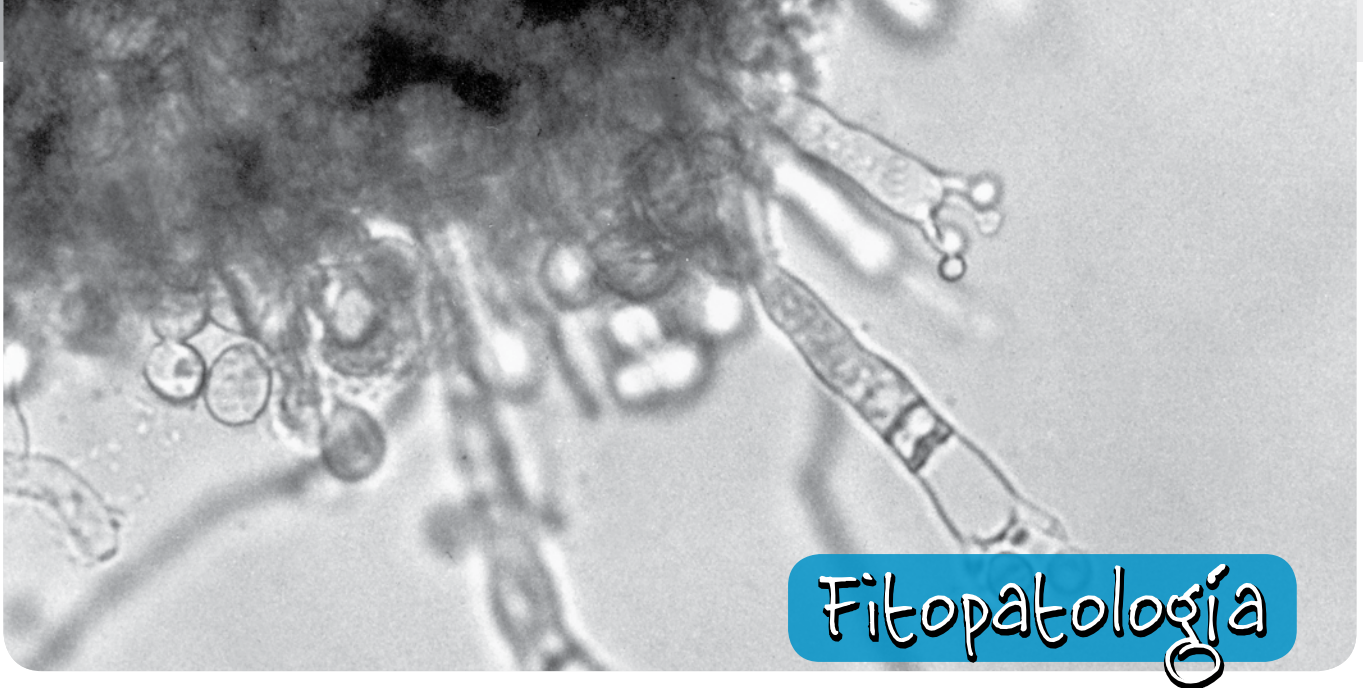


Figura 21. La roya del nogal cafetero (*Puccinia cordicola*).



Fitopatología

CARACTERIZACIÓN Y MANEJO DE ENFERMEDADES DEL CAFETO

La roya del cafeto. Luego de tres años consecutivos con registros de ataques severos de roya en todo el país, tanto las visitas realizadas a varios departamentos para recolectar aislamientos de la roya del cafeto como las evaluaciones del desarrollo de la epidemia permitieron verificar que para el 2011 se redujo la incidencia de esta enfermedad, con niveles de infección inferiores al 30%. En general, este año pudo determinarse que los caficultores han realizado controles a tiempo y con la tecnologías adecuadas, con las recomendaciones de Genicafé, apoyados en gran medida por el Plan de Choque adelantado a finales de 2010 y el programa “Colombia sin Roya”, pero donde también tienen cabida factores epidemiológicos como el aumento en el uso de fertilizantes, la eliminación de focos presentes en cafetales susceptibles envejecidos y la reducida carga de frutos como consecuencia de floraciones afectadas por el Fenómeno de La Niña; sin embargo, durante la presente vigencia y posiblemente a raíz de la mayor vigilancia sobre la roya, se incrementaron los reportes por presencia de gotera, mal rosado y muerte descendente en varias regiones del país. Nuevamente, se pudo apreciar que el impacto de la roya y otras enfermedades sobre los cafetales depende en gran medida del manejo agronómico de los cultivos de café, ya que en aquellos cafetales con control de arvenses, fertilizaciones adecuadas y a tiempo, y algún tipo de

manejo de enfermedades y plagas, se disminuye el efecto de las enfermedades sobre las plantas de café y su producción.

Se pudo constatar que la ineficacia de algunos productos para el control de roya en el campo se ha debido a aplicaciones deficientes, realizadas de manera inoportuna, cuando la epidemia está por encima del 60% de nivel de infección, haciendo mezclas entre productos incompatibles o aplicando dosis distintas de las recomendadas. Los experimentos realizados en el laboratorio e invernadero demostraron que los aislamientos de roya provenientes de diversas regiones cafeteras y de varios pisos altitudinales son igualmente susceptibles a los fungicidas de común uso para el control de la enfermedad, como el cyproconazole, y que no existe ningún indicio del desarrollo de resistencia de la roya a estos productos. Los datos confirman que hasta el momento no ha habido entrada de nuevos genotipos de la roya del cafeto, y que las nuevas razas fisiológicas encontradas se han originado de manera natural, a partir de las razas ya existentes en el país. Este comportamiento del patógeno permite pensar que, hacia el futuro, el incremento del área cafetera sembrada con variedades resistentes va a actuar como un factor de selección cada vez más fuerte para el desarrollo de nuevas razas, y que la calidad de la semilla entregada a los caficultores, en términos de su diversidad genética, así como la vigilancia continua de los niveles de la enfermedad, son fundamentales para extender la durabilidad de la resistencia en esos materiales.

Control químico. En plantaciones de café susceptibles al hongo *Hemileia vastatrix* Berk. y Br., y en condiciones ambientales diferentes, se está evaluando la molécula pyraclostrobin aplicada al follaje para el control de la roya y mancha de hierro del cafeto (*Cercospora coffeicola*) y su efecto sobre el desarrollo y la producción de plantas de café. Los resultados en las dos localidades sembradas con variedad Caturra (1.263 m y 1.423 m de altitud), teniendo como criterio para las aplicaciones los calendarios establecidos para el manejo de esta enfermedad en Colombia, muestran que la incidencia de la enfermedad no presenta diferencias estadísticas entre tratamientos, luego de dos meses de finalizada la epidemia hasta el inicio de la protección del nuevo follaje (mayo), momento en el cual se diferencia el efecto protector, curativo y erradicativo que ejerce el pyraclostrobin sobre el follaje al disminuir significativamente el porcentaje del área afectada por la enfermedad. En el mes de agosto del año 2011 la incidencia de la roya evidenció diferencias estadísticas significativas entre la dosis del producto de 0,6 L/ha (1,6%) y el testigo absoluto (17,5%) en la localidad a 1.423 m. Para la localidad a 1.263 m el testigo presentó los valores más altos (33,7%) en relación con el pyraclostrobin a la misma dosis (13,6%). La incidencia de la mancha de hierro en frutos, en la localidad a 1.263 m para el mes de septiembre de 2011, presentó diferencias estadísticas significativas en las plantas tratadas con pyraclostrobin a la dosis de 0,6 L/ha (7,4%) en relación con el testigo de referencia (cyproconazole) (20%) y el testigo absoluto (24,7%).

Nuevas fuentes de resistencia a enfermedades. En el proyecto sobre evaluación de genotipos de café con resistencia a los agentes causales de la llaga macana en café, *Ceratocystis colombiana* y *Ceratocystis papillata*, se comprobó la inmunidad de accesiones de la especie *Coffea liberica* y *C. canephora* presentes en la Colección Colombiana de Café, y la resistencia moderada del Híbrido de Timor 1343, en comparación con la alta susceptibilidad de las variedades Caturra y Colombia. En el desarrollo de material con resistencia simultánea a llaga macana y a roya, se seleccionaron en forma definitiva nueve plantas en F4 provenientes del cruzamiento entre (F3 de Borbón resistente a macana x Caturra) x Híbrido de Timor, que mostraron resistencia a las dos especies del patógeno. Igualmente, se seleccionaron en forma definitiva 13 plantas en F2, provenientes del cruzamiento entre (F3 de Borbón resistente a macana

x Caturra) x Variedad Castillo® con alta resistencia a las dos especies de *Ceratocystis*.

Con el fin de encontrar nuevas fuentes de resistencia genética que puedan tener efecto múltiple contra hongos e insectos, se estudiaron plantas transformadas con genes de organismos diferentes a *Coffea* sp., en particular enzimas quitinasas provenientes del microorganismo *Streptomyces albidoflavus*. La exposición *in vitro* de esporas de *H. vastatrix* a quitinasas recombinantes expresadas en *Escherichia coli*, resultó en la degradación total de los contenidos internos de las urediniosporas y de las paredes celulares en 18 horas, a concentraciones de enzima de 5 y 6 mg/ml, con un efecto mayor por parte de la endoquitinasa. Se inoculó por gota, roya compatible con el genotipo *C. arabica* BI625 sobre hojas desprendidas transformadas con una quitobiosidasa, bajo el control del promotor constitutivo de alfa tubulina de café, encontrándose en éstas una escasa o lenta producción de urediniosporas, comparado con lo ocurrido en hojas de Caturra y en hojas no transformadas de BI625. Con respecto a la enfermedad de las cerezas del café (CBD), problema aún no registrado en el continente americano y causado por el hongo *Colletotrichum kahawae*, hojas de plantas transformadas con quitobiosidasas fueron inoculadas con dos aislamientos de *Colletotrichum* sp. presentes en Colombia, mostrando daños foliares; sin embargo, se está evaluando si esta reacción se debe al efecto conjunto de la transformación y el choque térmico que se le aplica a las hojas para aumentar su susceptibilidad al patógeno. La resistencia a insectos en las plantas transformadas se está evaluando en la disciplina de Entomología. Se encuentra en proceso de estudio la reacción de las plantas transformadas con endoquitinasas frente a la roya y a *Colletotrichum* sp.

Efectos fisiológicos en la producción. Con el propósito de dilucidar la respuesta de las plantas de café frente a los atributos de estimulador de la producción de la formulación de cyproconazole + thiamethoxam, que ya ha sido corroborada como una novedosa opción en el manejo preventivo de la roya del cafeto, se han adelantado experimentos en etapa de almácigo y en el campo, buscando llenar las necesidades que tiene el gremio Cafetero de incrementar la productividad en este cultivo.

El vigor de las plantas de café y su efecto en el aumento de la producción se ha venido investigando con la aplicación de este producto en el almácigo, a

campo abierto y en invernadero, y en ambos casos, no ha sido posible encontrar la condición que le garantice al productor de café los beneficios esperados sin la presencia visible de síntomas de fitotoxicidad en las plantas que son tratadas tempranamente con esta formulación. La acción del cyproconazole aplicado al suelo en la etapa de almácigo, altera negativamente el crecimiento normal de las plantas. Con el thiamethoxam, que es el bioactivador, no se estimula el crecimiento de las plantas ni se obtiene un adecuado balance nutricional en el follaje de las plantas de café por un síntoma muy similar al de una deficiencia de nitrógeno. Las observaciones en plantas de café de mayor edad, sugieren que el producto potencia su modo de acción en condiciones donde los procesos morfológicos y fisiológicos involucran estrés para las plantas, pero se requiere de mayor soporte de datos experimentales. En chupones de café, de 30 días después del zoqueo hasta chupones de 5 meses de edad, se aplicó la formulación de cyproconazole + thiamethoxam, y 8 meses después del zoqueo no se ha evidenciado el beneficio en el vigor de esas zocas. Se valorará la acción sobre las plantas de café del thiamethoxam solo cuando se alterna con las aplicaciones de DAP, ya que pruebas preliminares indican que con la aplicación de cyproconazole + thiamethoxam se logra una sanidad del follaje por la ausencia de la roya y de la mancha de hierro, lo cual con la adición del DAP favorece el normal desarrollo de las plantas. Con el uso del thiamethoxam se ha apreciado, de manera preliminar, que las plantas no son atacadas por la acción de insectos plagas que afectan las raíces de plantas de café y su follaje.

En cuanto al efecto en el desarrollo y producción de plantas de café del ingrediente activo pyraclostrobin, en las dos localidades evaluadas (1.263 m y 1.423 m de altitud), la producción acumulada en kilogramos de café cereza por planta, para las cosechas de los años 2010 y 2011, muestra que las plantas de variedad Caturra tratadas con el pyraclostrobin a la dosis de 0,6 L/ha han alcanzaron las producciones más altas, con diferencias estadísticas altamente significativas con el testigo absoluto, de 7,31 y 6,85 y 3,86 y 3,12, respectivamente. Este mismo efecto se evaluó a 1.350 m y 1.382 m de altitud sobre la fisiología y productividad de plantas de café de la Variedad Castillo®, para eliminar el componente de control de la roya. Se está tratando este material con cuatro dosis del fungicida pyraclostrobin a 0,2; 0,4; 0,6 y 0,8 L/ha, teniendo como referente para las aplicaciones del producto el momento de las floraciones para cada

zona. En los meses de agosto y septiembre del año 2011, para la localidad a 1.382 m de altitud, el número de nudos de las ramas productivas mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre el pyraclostrobin a la dosis de 0,8 L/ha y el testigo (22,4 y 20,4, y 22,5 y 20,9, respectivamente), tendencia similar a la observada en las variables número de ramas secundarias (3,69 y 2,80, respectivamente) y número de nudos de ramas secundarias (16,93 y 13,00, respectivamente). La variable producción acumulada en los años 2010 y 2011, en las plantas de la Variedad Castillo® está presentando diferencias estadísticas significativas con el testigo cuando se aplica el pyraclostrobin en los períodos de floración principal y 60 días después de ésta (postfloración). Las plantas tratadas con pyraclostrobin, a la dosis de 0,8 L/ha, están registrando hasta el momento, la mayor producción de kilogramos de café cereza por planta, en las dos localidades (11,7 y 10,5, respectivamente), valores que fueron estadísticamente diferentes al testigo (10,2 y 9,1, respectivamente). Los anteriores resultados de producción, demuestran que la aplicación de pyraclostrobin, a la dosis de 0,8 L/ha, ejerce un efecto fisiológico favorable sobre el desarrollo de plantas de café en la etapa productiva, lo cual se está viendo reflejado en la mayor producción de éstas.

Los resultados obtenidos hasta el momento indican que el mejor control de la roya, los menores porcentajes de defoliación y los promedios más altos de producción de café cereza y en pergamino seco se han logrado con la aplicación del fungicida a la dosis de 0,6 L/ha, en las dos localidades estudiadas. Igualmente, los factores de conversión de café cereza a pergamino seco y el rendimiento en trilla han sido mejores en las plantas que han recibido la aplicación de este producto. Tendencias similares en producción a las encontradas en las variedades susceptibles a la roya están observándose en las dos localidades sembradas con plantas de café de la Variedad Castillo® cuando se emplean las dosis de 0,6 y 0,8 L/ha de pyraclostrobin.

Bionutrición de plantas de café. En el cuarto período de evaluación de plantas de café de la variedad Colombia renovadas por zoca, las variables altura y número de cruces muestran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos al interior de cada grupo (Grupo 1: fertilización química sola; Grupo 2: reducción del fertilizante químico + una aplicación del fertilizante biológico/año; Grupo 3: mayor reducción del fertilizante químico + dos aplicaciones del fertilizante biológico/

año). Se confirman los resultados de años anteriores, en los cuales las plantas tratadas con la dosis del fertilizante químico correspondiente a 118 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de N, 50 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de P y 130 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de K (dos aplicaciones/año) en alternancia con el insumo biológico Bacthon® (una aplicación/año), cuyo ingrediente activo está compuesto por bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*), bacteria degradadora (*Lactobacillus acidophilus*) y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, obtuvieron los registros más altos en las variables anteriormente indicadas. Con esta dosis, también se presentaron los niveles más bajos de incidencia de mancha de hierro en los frutos. En cada uno de los diferentes grupos de tratamientos, las plantas de café a las cuales se les aplicó la dosis más baja de fertilizante, tuvieron los más altos niveles de mancha de hierro en los frutos, siendo la dosis más baja del grupo uno (sólo fertilización química) la que mostró la mayor incidencia de la enfermedad en comparación con las demás dosis bajas de los otros grupos de tratamientos donde se alternaron las fertilizaciones químicas con las aplicaciones biológicas.

Con respecto a la variable producción de café, se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos al interior de los grupos 1 y 2, entre las plantas que recibieron la fertilización y el testigo absoluto. El grupo 3, donde se reduce en mayor proporción la fertilización química y se intercala con la aplicación biológica, no se detectaron esas diferencias estadísticas entre tratamientos. La dosis mencionada anteriormente está presentando la producción más alta de café. Al comparar este segundo ciclo de producción de las plantas

con el primer tratamiento (plantilla), se aprecia que en las condiciones experimentales de este estudio, la dosis del fertilizante químico se puede disminuir de 466 kg.ha⁻¹.año⁻¹ de N, P, K hasta 298 kg.ha⁻¹.año⁻¹, siempre y cuando se alterne con el producto biológico (una aplicación/año). Este resultado indica, que en la medida que se puedan ir restableciendo, protegiendo y mejorando las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo se puede estabilizar la sostenibilidad de las plantas de café. La aplicación sola del fertilizante biológico no es conveniente, debido a que las plantas requieren de nutrientes que son tomados y procesados a través de una biota nativa o introducida, interacción que finalmente puede beneficiar el crecimiento, desarrollo y la producción de las plantas. Por esta razón, cuando las plantas solamente están recibiendo el producto biológico, muestran menor tamaño, deficiencias nutricionales en el follaje y niveles más altos de mancha de hierro en los frutos, en comparación con las que reciben la adición del fertilizante químico.

Estos avances en la bionutrición de plantas de café, hacen aportes a la dimensión económica con la reducción en los costos por el uso de fertilizantes químicos; la dimensión ambiental porque la disminución de los fertilizantes químicos evita la degradación química de los suelos, la contaminación del aire y de las aguas, incrementando además la riqueza de los suelos al aumentar la flora nativa benéfica; y en la dimensión social al contribuir con la calidad de vida y disminuir los riesgos inherentes a los productos químicos en la salud humana.



ENTOMOLOGÍA

La disciplina de Entomología realiza investigaciones sobre las plagas de importancia económica que afectan el cultivo del café. Se ha hecho énfasis en la broca del café, *Hypothenemus hampei*, por ser el insecto plaga más limitante del cultivo del café. Este año se presentan resultados sobre la secuenciación del genoma de este insecto a partir de una representación 9,5X del genoma total y se presenta un protocolo para la transformación genética de este insecto, como una metodología de genómica funcional, que busca identificar la función de genes aun no descritos. Se presentan resultados promisorios sobre el desarrollo de una planta con resistencia a minador de las hojas del café y posible resistencia a la broca del café, mediante ingeniería genética. Se presentan estrategias novedosas de control biológico mediante el uso de hongos y nematodos entomopatógenos para controlar poblaciones de broca en frutos infestados del suelo, así como resultados de investigaciones que buscan la producción masiva de broca, para la posterior cría de parasitoides controladores naturales de la broca. Se validó una estrategia de control cultural en la renovación de cafetales infestados por broca. Se presentan los estudios de dinámica de poblaciones de la broca del café en dos sistemas de producción de café: plena exposición solar y sombrío en

caficultura orgánica, lo cual permite explicar el efecto de las variables de clima en el crecimiento poblacional de la broca en el campo. Igualmente, se realizó un estudio para determinar la variabilidad genética de la broca en Brasil, como estrategia para el desarrollo de marcadores moleculares que permitan avanzar en el conocimiento del movimiento de la broca en el campo.

Se avanzó en el conocimiento de dos plagas de importancia económico en cultivos de café en Colombia: la chinche de la chamusquina del café *Monalonion velezangeli* y la cochinilla harinosa de la raíz *Puto barberi*. Se presentan resultados para el manejo de esta última plaga en los almácigos de café, y avances en la biología del insecto en el laboratorio.

Se continúa estudiando la biodiversidad presente en la zona cafetera colombiana mediante la identificación de insectos plagas y sus enemigos naturales en varias regiones de la caficultura nacional. Es así como se reporta por primera vez al insecto *Clepsis abcisana* (Zeller) atacando cafetales en el municipio de Sevilla, Valle. Este es el primer reporte de esta especie en Suramérica y en Colombia.

BROCA DEL CAFÉ

Genómica de la broca del café

Secuenciación del genoma de la broca del café *Hypothenemus hampei*. Las nuevas tecnologías de secuenciación a gran escala han permitido incrementar la información genómica de la broca del café de manera exponencial. Del total de la información que se ha generado en Cenicafe y depositado en el CoffeeBank, cerca del 75% de las secuencias nucleotídicas corresponden a una secuenciación de 9,5X del genoma obtenido por pirosecuenciación 454-FLX. Los fragmentos secuenciados tienen un total de 2.018.819.694 bases nucleotídicas. La información genómica está ensamblada en 11.187 *scaffolds* con un N50 de 461.082, que a su vez está compuesto por 61.690 *contigs*, con un N50 de 6.931 pb. Se identificaron familias de genes asociadas con la respuesta de broca frente al ataque de *Beauveria bassiana* y genes parciales y completos relacionados con el metabolismo intrínseco de la broca tipo proteasas. Se identificaron genes que son exclusivos de la broca, en análisis de genómica comparativa con otros insectos, y que son candidatos para dilucidar el complejo enzimático que utiliza la broca para metabolizar los carbohidratos y demás compuestos asociados con el grano de café. Se obtuvieron 24.232 proteínas posibles, que son codificadas por el genoma de la broca secuenciado hasta el momento. Las proteínas predichas representan todas las funciones biológicas, de acuerdo a lo reportado en otros organismos, lo que sugiere que el genoma de la broca tiene un porcentaje funcional-codificante cercano al 13%. La información compilada de genoma y transcriptoma, permitió definir modelos génicos para ser aplicados en estudios de expresión diferencial asociado con fenotipos de interés.

Se han identificado marcadores microsatélites en el 0,017% del porcentaje repetitivo del genoma de la broca (11,36%), siendo el motivo más frecuente del tipo hexa-nucleotídico. Se realizó el mapeo del gen de resistencia al Dieltrin *Rdl* sobre cromosomas metafásicos de la broca del café, lo que permitió estandarizar un protocolo de Hibridación *in situ* Fluorescente sobre cromosomas de la broca del café. Se ha reconstruido el transcriptoma global de la broca del café de 13.179.516 pares de bases y se cuenta con un set de transcritos de 22.243 mayores a 200 pb y una mediana de 402 pb, que comprenden 18.557.373 lecturas (91,06%)

mapeados. Estos valores de mapeo reflejan tan solo un 8,94% de secuencias únicas o *singletons*, mejorando el ensamblaje del transcriptoma e incorporando al nuevo set de datos aproximadamente 4 Mb de información.

Entre los genes de interés identificados están aquellos de la familia cys-loop, cuyo producto es blanco de gran número de insecticidas y de los cuales se han identificado secuencias correspondientes a receptores de acetilcolina (8), isoformas de GABA (1), receptores de hidroxitriptamina (2) y de glicina (1), así como más de 150 unigenes detoxificadores de citocromo P450. De igual manera, se han identificado cerca de 150 secuencias de proteasas (incluyendo cisteín, serín y tripsinas), alrededor de 55 genes de respuesta común ambiental como proteínas de choque térmico y cerca de unos 12 unigenes relacionadas con proteínas receptoras de olor OBP. Con respecto a inmunidad de la broca del café se encontraron secuencias homólogas con taumatinas, un péptido antifúngico presente en *Tribolium* y no en otros insectos. Un evento de secuenciación 454-FLX en falsa broca (*Hypothenemus obscurus*) fue concatenado con datos previos de secuenciación de librerías cDNA normalizadas de todos sus estados biológicos. Esta información nueva ha enriquecido ampliamente el transcriptoma, se pasó de 9.824 *contigs* correspondientes a 2.591.722 pb de longitud, a 21.105 *contigs* que incorporan un total de 7.619.695 pb. Aunque la información de la falsa broca es cerca de la mitad de lo que se tiene para *H. hampei*, actualmente se adelantan análisis de comparación sustractiva entre las dos especies, con el fin de obtener unigenes específicos diferenciales de rutas metabólicas.

Estudios poblacionales de mutaciones de la broca del café asociadas al gen *Rdl* en el laboratorio y en el campo como aproximación al control genético. Se encontraron diferencias en parámetros demográficos de tres líneas de broca conteniendo el alelo de resistencia al Dieltrin gen *Rdl*, representados en disminución del 40% en la capacidad de fecundidad, distorsión en el radio sexual y diferencias en sobrevivencia en individuos homocigotos para el alelo A302S. Se evaluó la capacidad de infestación de tres genotipos de broca en el campo, en cuatro localidades. Sin embargo, no fue posible establecer diferencias en la dinámica de infestación en un ciclo productivo de café. Se confirmó resistencia cruzada en estos individuos al insecticida de nueva generación fipronil. Se explora la posibilidad de que *Rdl* haya actuado como un locus de mayor efecto dentro de complejos genéticos producidos por la selección continua

en el laboratorio, que haya generado el paso de una resistencia de carácter monogénico, a estar mediada por una resistencia poligénica. El análisis de resultados de RNAseq generado por Illumina, entre líneas de broca homocigotas para el alelo A302S y homocigotas para el alelo alternativo, permitió mostrar que, de un total de 12.392 transcriptos expresados entre líneas, se da una expresión diferencial significativa en 804 genes (ESTs), que en su anotación funcional corresponden en 188 secuencias asociadas con procesos biológicos, 241 secuencias asociadas con funciones moleculares y 157 como componentes celulares. Esta información será complementada en individuos con posible resistencia poligénica seleccionados.

Transgénesis en la broca del café como estrategia de genómica funcional. Con el propósito de desarrollar una tecnología de transformación genética en la broca del café *Hypothenemus hampei*, como herramienta en la búsqueda de función de genes, se estableció una metodología para la obtención de huevos de broca en dietas artificiales, se caracterizaron los procesos embrionarios de los huevos y se estandarizó el protocolo de transformación. La transformación se logró en el laboratorio de Insect Transformation Facility de la Universidad de Maryland, en Rockville Estados Unidos, mediante la transformación con el Vector *Minos* 3xP3

DsRed y *piggyBac* - 3xP3 *ECFP*, cuyos transgenes se expresaron con la proteína roja *DsRed* y azul *ECFP* fluorescentes, en las terminales nerviosas de los ojos del insecto (Figura 22).

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

Evaluación de la dinámica poblacional de la broca del café en el campo. Dentro de una estrategia de Manejo Integrado de la Broca, es necesario conocer la dinámica poblacional del insecto y su comportamiento en el contexto fenológico del cultivo, junto con los métodos de muestreo para determinar la dinámica de dispersión, densidad y crecimiento espacio temporal de la población en todo su ciclo productivo, y las múltiples interacciones agroecosistémicas, ambientales y climáticas que influyen en el crecimiento natural de las poblaciones. Para esto, se seleccionaron dos sistemas de producción de *Coffea arabica* var. Castillo®, de 1 ha de extensión, tanto a libre exposición como con sombra, en la Estación Central Naranjal, con un total de 7.000 árboles en cada lote.

La dinámica poblacional de la broca se ha evaluado durante tres ciclos productivos, desde enero de 2009

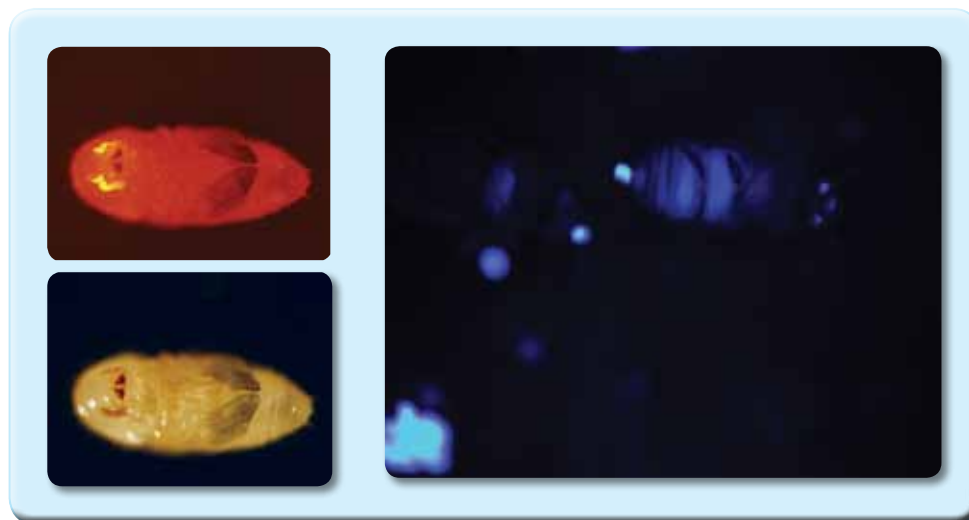


Figura 22. Pupa de la broca transformada mediante la combinación transposon – gen Minos - 3xP3DsRed (Izquierda). Nótese la fluorescencia de las ommatidias de los ojos compuestos en las pupas de las brocas. Adulto de broca transformada mediante la combinación transposon – gen piggyBac - 3xP3ECFP (blue eyes) (Derecha). Nótese la fluorescencia de las ommatidias de los ojos compuestos en los adultos de la broca en la derecha, y ausencia en la broca de la izquierda.

hasta septiembre de 2011. Los resultados muestran que el lote de café con sombrío presentó los niveles más altos de población de broca, con valores que oscilaron entre 14,3 y 2.674 brocas en promedio por árbol, en comparación con el lote a libre exposición, que presentó valores entre 12,6 y 1.326 brocas por árbol, es decir, la densidad poblacional de broca se duplicó en el lote con sombrío durante el evento climático El Niño del año 2010, a diferencia de los eventos La Niña 2011, donde los niveles de infestación y densidad poblacional de broca se redujeron significativamente en ambos lotes (Figura 23). La temperaturas por encima de 22°C y 23°C incrementaron significativamente los porcentajes de infestación hasta un 36,4% durante el evento El Niño en el lote con sombrío y 18,9% en el lote a libre exposición, y las temperaturas por debajo de 21°C durante los eventos La Niña disminuyeron los porcentajes de infestación hasta un 2,9% y 2,5%, respectivamente. Con relación al nivel de infestación de broca, a mayor número de frutos brocados en el suelo mayor fue el porcentaje de infestación en el árbol, durante un período El Niño, mientras que en períodos La Niña, independientemente del número de frutos brocados en el suelo, los niveles de infestación fueron bajos. Estos resultados corroboran el impacto que tienen los frutos infestados por broca en el suelo, y que sirven de reservorio y refugio al insecto para infestaciones posteriores en el árbol, produciendo focos permanentes de nuevas generaciones de brocas que emergen de los frutos para iniciar nuevamente el ataque a frutos sanos del árbol o del suelo, una vez las brocas emergen para colonizar nuevos frutos. Los

mayores vuelos de broca se presentaron cuando los niveles de infestación y densidad poblacional del insecto en el lote fueron altos.

Búsqueda de variabilidad genética y marcadores moleculares de la broca del café en Brasil. Continuando con la búsqueda de marcadores moleculares para realizar estudios ecológicos de la broca del café, se evaluó la variabilidad genética de la broca en poblaciones del Brasil usando la técnica AFLP. Para esto, se analizaron muestras de ADN de 150 familias de broca, provenientes de 15 localidades cafeteras de Brasil. Los resultados revelaron una baja variabilidad genética, pero suficientes polimorfismos para el desarrollo de nuevos marcadores moleculares como una herramienta en futuras investigaciones. Se observó que las poblaciones de broca del Brasil conformaron tres unidades genéticas, con un valor marginal de flujo génico direccional aproximado de 6% entre los grupos uno y dos, y ausencia de emigrantes desde los grupos dos y tres. El 96% de la variación genética de la broca de Brasil se encuentra al interior de las poblaciones. La diferenciación total poblacional fue moderada ($F_{ST} = 0,1679$), sin embargo, se observó heterogeneidad en los valores F_{ST} al comparar poblaciones por pares. El porcentaje de loci polimórficos promedio tuvo un valor de 16,89% entre todas las poblaciones, los valores más altos se observaron en la región de Santa Cruz Cabralia (34,09%), donde además se registró un mayor número de haplotipos únicos (siete). La broca de esta región podría servir para desarrollar los marcadores moleculares necesarios para estudiar el movimiento de la broca en el espacio y en el tiempo.

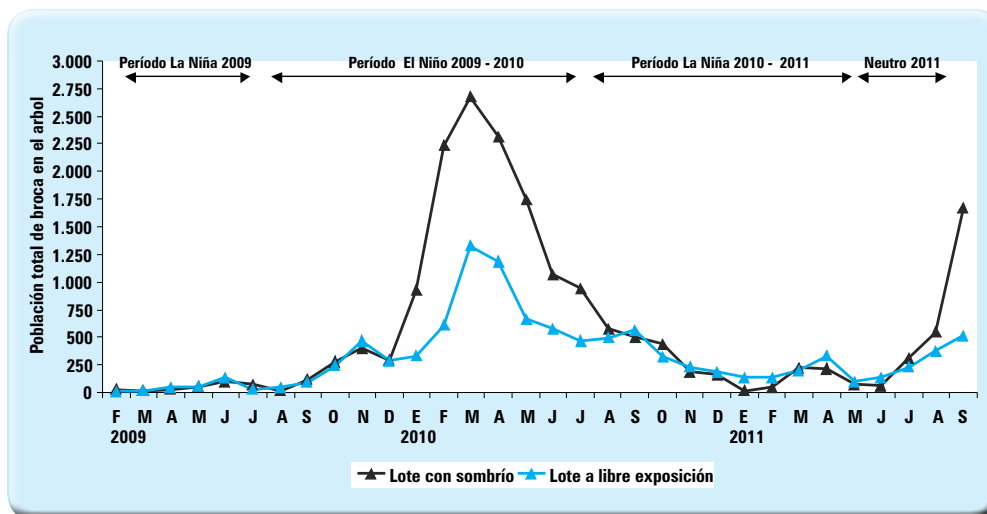


Figura 23. Población total de broca del café en dos sistemas de producción, durante tres ciclos productivos, abarcando tres periodos climáticos diferentes, durante los años 2009-2011.

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. Culminó la evaluación por PCR de las plantas de *C. arabica* BI620 propagadas luego de la transformación con quitinasas. Se analizaron 225 plantas alfatubulina/quitobiosidasa y alfatubulina/endoquitinasa, correspondientes a 15 líneas, con 15 plantas por línea, de las cuales el 84% y el 86% respectivamente, contenían el promotor y gen de interés. En los meses de abril y agosto del 2010, se transfirieron a invernadero 15 líneas con diez plantas por línea alfatubulina/quitobiosidasa, para un total de 150 plantas y 30 plantas control. En mayo del 2010 también se llevó a invernadero un grupo 70 plantas (siete líneas) alfatubulina/endoquitinasa y 20 plantas control. En el mes de septiembre de este año se transplantaron a invernadero un grupo de 50 plantas alfatubulina/endoquitinasa correspondiente a cinco líneas, y un grupo de 26 plantas control. Se determinó la actividad quitinolítica de 50 plantas (cinco líneas) alfa tubulina/quitobiosidasa y un grupo de diez plantas control. Aunque se observó variación en la actividad quitinolítica de las plantas transformadas dentro de

una misma línea, en general, las líneas transformadas mostraron actividad quitinolítica superior (40%-50% mayor) a los controles.

Se inició el pie de cría y mantenimiento del minador de la hoja del café, *Leucoptera coffeellum* (Guerin-Meneville), en el laboratorio, el cual tiene una duración promedio de huevo a adulto de 23 días. Se evaluó el daño ocasionado por minador sobre hojas de plantas transformadas y no transformadas usando la escala de Costa-Mondego, y se observaron mayores lesiones en hojas de las plantas control, debido a la presencia de minas activas grandes (3-4 según escala) con el desarrollo de las larvas que alcanzaron el estado adulto. En las plantas transformadas, las larvas eclosionaron y murieron, observándose la formación de minas pequeñas que no se desarrollaron (1-2 según escala) (Figura 24). Se demuestra el efecto de las plantas transgénicas en el desarrollo del minador de la hoja y se espera obtener resultados similares sobre la broca del café.

Mejoramiento por transgénesis empleando genes de quitinasas para la obtención de variedades de café resistentes a la broca del café. Este proyecto tiene como objetivo la transformación y regeneración de diez

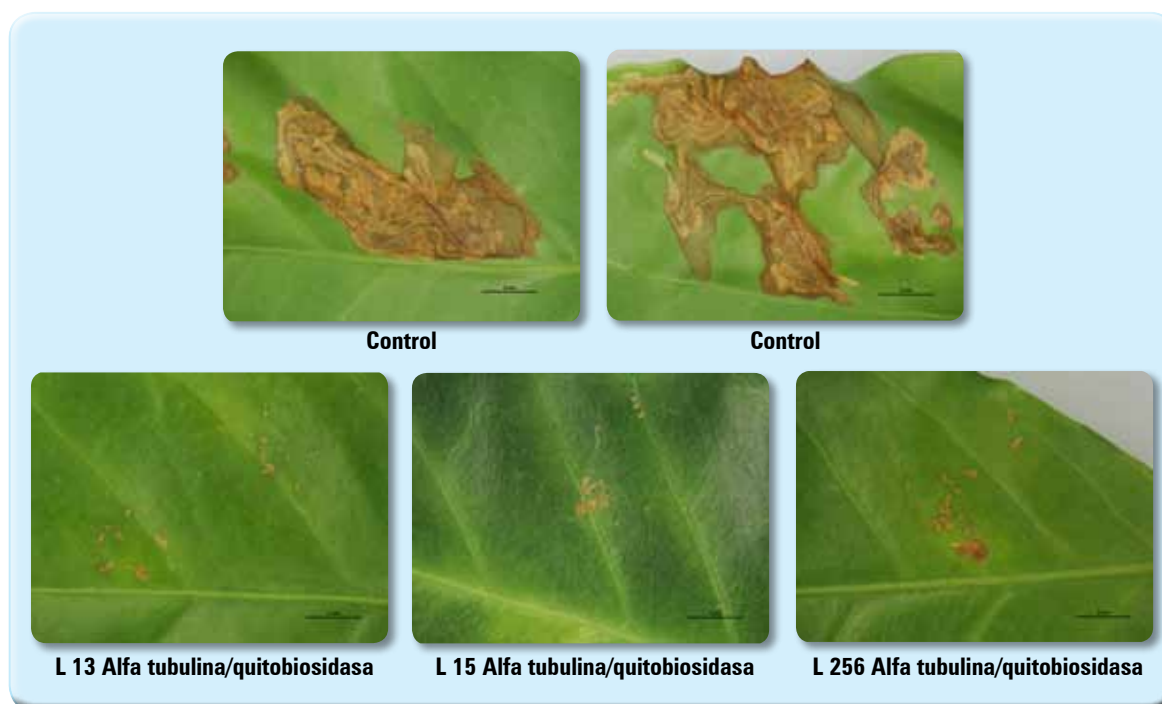


Figura 24. Lesiones ocasionadas por el minador de la hoja del café en plantas no transformadas, control Línea *C. arabica* BI625 y plantas BI 625 transformadas con alfa tubulina/quitobiosidasa.

líneas élite de Variedad Castillo® (CU1812, CU1991, CU1953, CU1827, CX2848, CX2178, CX2710, CX2720, CU1815, CU1997) con los vectores de quitinasas: endoquitinasa (E) y quitobiosidasa (B), para generar variedades resistentes a la broca del café. Aunque, tanto en el año 2010 como el 2011, se realizaron transformaciones, con nueve eventos y ocho eventos de transformación, respectivamente, solo se han obtenido regenerantes de las transformaciones realizadas en el 2009. Se cuenta con 43 plantas regeneradas luego de la transformación de la línea CX2720 con el gen endoquitinasa, y 47 plantas de la transformación de la línea CX2178 con el gen quitobiosidasa; de cada línea se tienen al menos 20 controles de regeneración positivos. Además, se cuenta con 45 plantas transformadas con la proteína GFP (proteína verde fluorescente), de la línea CU1997, algunas de estas plantas fueron observadas al microscopio con luz UV y se observa la presencia de la proteína GFP en las células de las hojas, esto confirma la presencia de la proteína y el carácter transgénico del material (Figura 25). Se realizaron nuevas siembras de explantes de las líneas élite para obtener nuevo tejido

embriogénico (TE) y realizar más transformaciones; en total 2.069 explantes fueron sembrados, los porcentajes de regeneración de TE son variables y continúan entre el 10% y el 70%. Todavía no ha sido posible obtener suficiente tejido de la línea CX2848, por lo tanto, se considera recalcitrante y se sacará de las evaluaciones. Las líneas CU1812 y CU1953 continúan siendo las más regenerantes (>50%), y entre las de menor regeneración está la CU1827 (<20%). Se continuó con la proliferación y el mantenimiento del TE producido y se realizaron ocho nuevos eventos de transformación, en cuatro de las líneas. Las nueve líneas se planean transformar, al menos tres veces con cada gen, por lo tanto, ya se realizó el 70% de las transformaciones planeadas para quitobiosidasa y el 50% para endoquitinasa.

Control biológico

Cría del parasitoide *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae) a partir broca del café obtenida en dieta artificial. *Prorops nasuta* es el parasitoide controlador natural de la broca del café, de origen africano, que mejor se ha adaptado a la geografía colombiana. Con el fin de determinar las condiciones adecuadas para la cría de esta avispa se evaluó el efecto de diferentes anticontaminantes en la dieta artificial, utilizada para la cría de broca del café, y se determinaron las condiciones ideales para la reproducción y desarrollo del parasitoide, utilizando las brocas criadas en dieta artificial y usando alimentos suplementarios. El uso de anticontaminantes en las dietas artificiales, son comúnmente utilizados para evitar la proliferación de microorganismo del ambiente, éstos pueden contaminar el alimento y espacio de los insectos criados. El objetivo de esta actividad fue evaluar el efecto de los anticontaminantes formaldehído y nipagin en la dieta artificial Cenibroca. Se determinó que usando la dieta Cenibroca, se obtiene el mayor número de estados biológicos de broca por centímetro cúbico (cm³) de dieta, pero además se obtuvo el mayor porcentaje de contaminación por los hongos *Aspergillus* sp. y *Penicillium* sp. Sin embargo, al aumentar la dosis de formaldehído en 2,65 ml/L de Cenibroca, se puede disminuir la contaminación en en 43%.

Posteriormente, se evaluaron diferentes alimentos complementarios para aumentar la longevidad y fertilidad de *P. nasuta*, se evaluaron diferentes temperaturas en la cría del parasitoide y se determinó el estado inmaduro de la broca ideal para la reproducción de *P. nasuta*. La adición de diferentes fuentes de azúcares permitió



Figura 25. Tejido de hojas de plántulas de café transformadas y no transformadas con Green Fluorescent Protein GFP, vistas al microscopio bajo luz UV.

mantener los adultos de la avispa vivos hasta por 34 y 60 días, en el 75% de la población, obteniéndose 3,15 y 3,04 individuos en la siguiente progenie del parasitoide respectivamente, siendo estadísticamente diferentes al testigo con agua (1,67 estados). El efecto de la alimentación de *P. nasuta* con diez soluciones de proteínas, permitieron una supervivencia de las avispas de solo 12 y 17 días y no se encontraron beneficios en la fecundidad. En la identificación de la mejor temperatura para la cría de la avispa y la edad de los estados de broca requeridos por la avispa para su cría, permitieron determinar que las temperaturas evaluadas de 22°C, 25°C y 28°C no tuvieron efecto en el número de parasitoide obtenidos; sin embargo, con las dietas de 35 días después de haberlas infestado con broca, se obtuvieron los mayores números de estados biológicos, de 2,5 avispas por cada 3 cm³ de dieta. La temperatura de 28°C afectó considerablemente el tamaño de la avispa. El parasitoide fue criado a 25°C y se determinaron los principales parámetros reproductivos de *P. nasuta*, que pueden ser utilizados en proyecciones poblacionales utilizadas en la cría masiva de este parasitoide.

Colección, 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. Se continuó con la actualización y sistematización de las bases de datos de los hongos del cepario de Cenicafé, al igual que la preservación de cepas. En total, se cuenta con 19 cepas viables de *Metharizium anisopliae*, 117 de *Beauveria bassiana*, 5 de *Verticillium* sp., 4 de *Lecanilicium* sp., 6 de *Trichoderma* sp., 17 de *Paecilomyces* sp., y 1 de *Fusarium*. Las cepas están preservadas en tres métodos de almacenamiento: nitrógeno líquido, glicerol-20°C y aceite mineral. Se está evaluando el método más apropiado para el mantenimiento del cepario. Para esto, se hicieron siembras de 32 cepas preservadas durante 13 a 16 meses, con los tres métodos descritos. Hasta los 16 meses no se observaron diferencias entre los métodos de preservación con respecto a su efecto en la viabilidad de las cepas. La mayoría de éstas (85%) mostraron germinaciones superiores al 70%. Desde el punto de vista económico y de espacio, la preservación con el método de aceite mineral parece ser el más adecuado hasta ahora. Es necesario continuar con las pruebas de viabilidad de las cepas a través del tiempo, para garantizar la integridad del cepario.

Evaluación de mezclas de hongos y nematodos entomopatógenos para el control de poblaciones de broca del café en frutos del suelo. Dadas las condiciones de sobrevivencia y multiplicación de la broca del café en frutos infestados en el suelo, se deben buscar y evaluar alternativas de productos biológicos de bajo impacto al medio ambiente, que limiten el desarrollo y permanencia de la plaga en este hábitat. Actualmente, se ha reconocido experimentalmente el efecto de dos agentes de control de poblaciones de broca, en frutos infestados del suelo por nematodos y hongos entomopatógenos, los cuales han sido evaluados individualmente; poco se conoce sobre su efecto en mezcla. Los resultados de la evaluación en el laboratorio, de la combinación de estos entomopatógenos, permitieron detectar reducciones de 68% de brocas emergidas, en comparación con un testigo agua, de frutos infestados del suelo con la mezcla de 60.000 nematodos del género *Steinernema* y 1x10⁹ esporas de *B. bassiana* aplicados en un volumen de 50 cm³ por plato del árbol. Las primeras evaluaciones en el campo permitieron registrar reducciones de hasta 50% en la infestación de los frutos en los árboles, con la aspersión de esta mezcla de entomopatógenos. El uso de mezclas de estos entomopatógenos podría ser una alternativa novedosa y viable para el control de la broca en el campo.

Control cultural

Evaluación de una estrategia para la cosecha sanitaria en el zoqueo de cafetales infestados por broca. La cosecha sanitaria es la estrategia más importante para evitar la dispersión de broca durante la renovación de cafetales, pero su costo es alto. Con el fin de reducir poblaciones de la broca y disminuir los costos de esta estrategia, se evaluó, en nueve lotes de las Estaciones Experimentales Naranjal y La Catalina, una estrategia de recolección sanitaria que consistió en la aplicación de un madurante (ethrel, 2 cc/L), 20 días antes de la recolección, y el uso del dispositivo "hamacafé" durante la recolección manual asistida con guantes de cuero (T2). Este tratamiento fue comparado con un tratamiento al cual no se le aplicó madurante (T1). Los resultados muestran que con la aplicación del madurante se retiraron, por sitio, en promedio 87,1% y 91,8% del café de los árboles en Naranjal y La Catalina, respectivamente, y sin el madurante 81,9% y 90,1%. En ambos tratamientos, la cantidad de broca retirada con la cosecha sanitaria estuvo entre 74,6% y 94,3%. Para el análisis económico y con el fin de lograr el mayor

aprovechamiento económico del café cosechado, se estimaron los costos de producción y los ingresos a partir de cuatro tipos de beneficio: (1) venta de café fresco en T1 y (2) secado en silo, y (3) venta de café fresco de T2 y (4) beneficio tradicional. Los resultados muestran un mejor aprovechamiento económico (mayor precio de venta) cuando el café se seca directamente en silos sin la aplicación de madurantes. El margen bruto de utilidad, para los dos tratamientos y todos los métodos de beneficios, dio un valor negativo, es decir, a pesar del aprovechamiento económico, siempre hubo un costo asociado a la cosecha sanitaria. Este valor osciló entre \$205.790 y \$555,170.

OTRAS PLAGAS DEL CAFÉ

Cochinillas harinosas. El diagnóstico nacional de cochinillas harinosas de la raíz en árboles de café, realizado en siete departamentos cafeteros, mostró que se presentan poblaciones altas de diferentes especies de insectos. Los muestreos realizados desde los 655 m de altitud, en el municipio de Farallones en Cundinamarca, hasta 1.987 m en Pensilvania (Caldas), en cafetales con edades entre los 2 meses y 23 años, en seis variedades de café, en dos sistemas productivos a libre exposición y con sombrío, permanente o transitorio, y en 900 árboles con síntomas de amarillamiento foliar por departamento, indicaron valores por encima del 90% de árboles con presencia de la plaga (Risaralda y Cauca), con intervalos de confianza para Risaralda entre 95,22% y 100%, y para Cauca entre 79,65% y 100%. Los departamentos de Caldas, Norte de Santander, Santander y Tolima presentaron una proporción media de árboles afectados entre 43,72% y 70,58%, y Cundinamarca presentó lo menores porcentajes de árboles afectados con un 33,93% (Figura 26).

Se observaron daños en árboles de siembras nuevas, situación que se encuentra cada vez más frecuente, al no realizar una planificación de siembras que tengan en cuenta los problemas fitosanitarios. De manera preliminar no se observaron diferencias en daños entre las variedades evaluadas: Caturra, Castillo®, Colombia, Típica, Costa Rica y Tabi. Los géneros de cochinillas harinosas encontrados fueron *Puto* Signoret, *Dysmicoccus* Ferris, *Pseudococcus* Westwood, *Neochavesia* nom nov, *Geococcus* Green y *Rhizoecus* Kunckel d'Hercolais; siendo la más prevalente *Puto* sp., en el 86% de los árboles

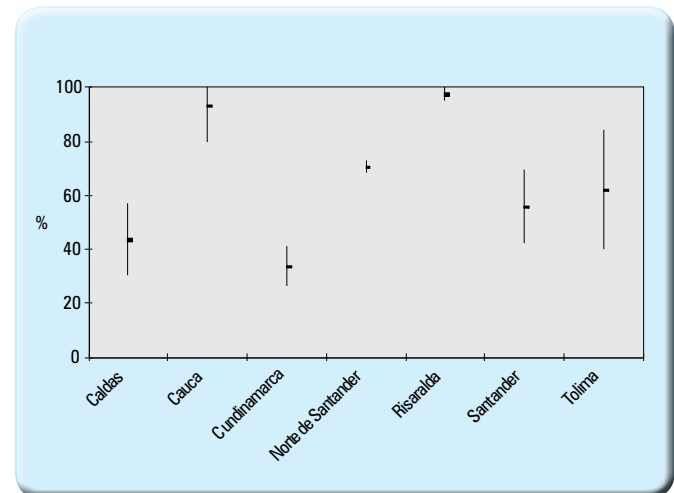


Figura 26. Proporción media de árboles afectados por cochinillas en cafetales afectados de siete departamentos cafeteros.

muestreados, y ocasionando los mayores daños en las raíces de los árboles de café, seguido de lejos por *Neochavesia* sp. en el 7% de los árboles, *Dysmicoccus* sp. en el 2,2%, *Geococcus* en el 1,6%, *Rhizoecus* en el 0,66% y *Pseudococcus* sp. en el 2,54%. Este último género de cochinilla ocasiona graves daños en las plantas, ya que se enquistaba al interior del hongo simbiote *Septobasidium* (Tabla 18).

Evaluaciones complementarias de otros daños en las raíces de los árboles evaluados permitieron registrar nematodos, llagas radicales y malformaciones de la raíz; sin embargo, se observa que la presencia de nematodos fue relativamente alta en Tolima y Santander, llagas radicales en Tolima y Santander y malformaciones de la raíz en Norte de Santander, Risaralda, Santander y Tolima (Figura 27).

Se evaluaron 22 productos comerciales de síntesis química, botánicos u orgánicos y biológicos, para el control de *P. barberi* en almárgicos de café, encontrándose que tanto los productos botánicos como los biológicos ocasionaron porcentajes de mortalidad bajos. Al menos cinco productos comerciales de síntesis química mostraron porcentajes de mortalidad por encima del 80%, de las poblaciones de las cochinillas harinosas en almárgicos de café, sin embargo, actualmente se encuentra restringido su uso por no tener registros ICA para el control de esta plaga en café. Se tienen como proyecciones a corto plazo, iniciar los trámites de registro con las casas

Tabla 18. Géneros de cochinillas registrados en los departamentos de Caldas, Cauca, Cundinamarca, Norte de Santander, Risaralda, Santander y Tolima.

	<i>Puto</i>	<i>Dysmicoccus</i>	<i>Neochavesia</i>	<i>Geococcus</i>	<i>Rhizoecus</i>	<i>Pseudococcus</i>
Caldas	85,29	2,69	3,34	1,02	1,03	0,52
Cauca	100	2,33		2		
Cundinamarca	94,86	1,79	0,94		0,09	1,52
Norte de Sant.	93,48	1,83	9,24	0,41		2,9
Risaralda	64,64	2,84	23,67	0,74	0,7	9,6
Santander	87,6	1,53	13	0,34	0,28	1,8
Tolima	76,16	2,44		7,3	2,5	1,5
Total	602,03	15,45	50,19	11	4,6	17,84
Promedio	86	2,2	7	1,6	0,66	2,54

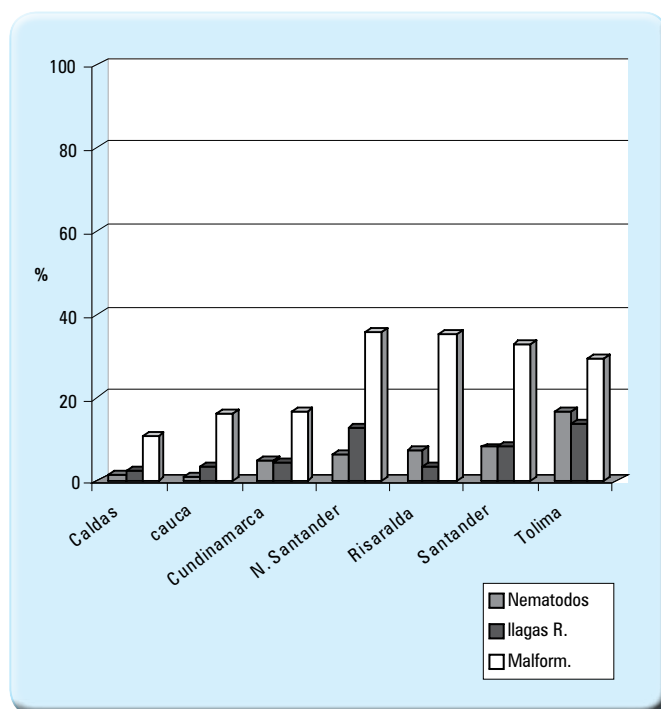


Figura 27. Porcentaje de nematodos, llagas radicales y maldormaciones de la raíz.

comerciales y adelantar investigaciones en control de *P. barberi* en renovación de cafetales por siembra y en cultivos establecidos menores de un año.

Evaluaciones sobre el ciclo de vida de *P. barberi* indican que es una especie que se reproduce por partenogénesis del tipo telitoquia, es decir, su descendencia es femenina. Es un insecto ovovivíparo, ya que los huevos eclosionan en el interior de la hembra y da lugar a

ninfas. Se observa eventualmente que algunos huevos no alcanzan a eclosionar en el interior de la hembra y son expulsados al exterior no siendo viables. La hembra oviplena deposita las ninfas en un número variable dependiendo de su edad. Cada hembra puede colocar hasta 182 ninfas en 26 días (Temp. de 25°C y 75-80% de humedad relativa). En cuanto a los registros sobre la frecuencia de ovoviposición, se observó que ésta es constante y continua hasta unos días antes de su muerte. No se observó formación de ovisacos, sino que las ninfas salen de la hembra en unos finos hilos (Figura 28).

La muda es visible y tiene una duración de pocas horas (47 minutos a 2,20 horas) (Figura 29). Se observa que



Figura 28. Hembra de *P. barberi* en su período de ovoviposición. Nótese la formación del ovisaco rudimentario (hilos finos).



Figura 29. Período de muda (izquierda) y formación de cera a las pocas horas (derecha).

la formación de la cera ocurre a los pocos minutos de haber cambiado de muda.

Hasta el 30 de septiembre *P. barberi* había pasado por tres instares ninfales, con la siguiente duración: Ninfa I: 17,85 días; Ninfa II: 24,4 días y Ninfa III: en proceso.

Estudio morfométrico de la chinche de la chamusquina del café, *Monalonia velezangeli* Carvalho & Costa, 1988. *Monalonia velezangeli* está actualmente atacando plantaciones de café en los departamentos de Huila, Valle

del Cauca, Cauca y Nariño. Dada la importancia que está adquiriendo este insecto, se realizó este estudio morfométrico con el fin de esclarecer la adaptación que existe entre este insecto de origen americano con la planta de café. Se recolectaron 240 individuos adultos (120 machos y 120 hembras) procedentes de café, cacao, guayaba, aguacate, té y eucalipto, con el fin de conocer la variabilidad morfológica que existe entre las poblaciones de estos cultivos. Se realizaron trece mediciones de vista dorsal, usando estereoscopio con software NIS Elements R2.30®. Las medidas permitieron corroborar una amplia variabilidad morfológica en las seis poblaciones de *M. velezangeli*, además se pudo observar que los insectos provenientes de té, las hembras y los machos son los de mayor tamaño en un 46% y 70%, respectivamente. De las 13 dimensiones corporales tomadas, en orden descendente, continúan las poblaciones de aguacate, guayaba, cacao, café y eucalipto. De igual manera, se encontró un marcado dimorfismo sexual, donde las hembras son de mayor tamaño en todas las poblaciones analizadas. Además, se encontraron diferencias cromáticas inter e intra poblacional, variaciones en el número de manchas rojas en la zona membranosa del hemiélitro (Figura 30) y se corroboró la especie mediante análisis de genitalia interna en ambos sexos.

Los resultados de estas mediciones sugieren que esta especie de insecto plaga se encuentra en un proceso de adaptación al cultivo del café, que podría llegar a desarrollar todo su potencial biológico y reproductivo en el tiempo, lo cual hace pertinente el estudio de su



Figura 30. Alas de *M. velezangeli*: a. Aguacate, b. Guayaba, c. Eucalipto, d. Café.

biología en el cultivo de té, como preparación al manejo en plantaciones futuras de café.

BIODIVERSIDAD DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA

Mantenimiento, recolección e identificación de artrópodos plagas y benéficos de la zona cafetera.

Se introdujeron 150 nuevos registros de insectos de la zona cafetera colombiana en la base de datos Specify del Museo Entomológico Marcial Benavides de Cenicafé. Se prestaron los servicios de diagnóstico de problemas de insectos plaga y se atendieron 25 consultas de caficultores, Comités Departamentales y Servicio de Extensión. Se destaca la identificación y registro de una nueva especie para Suramérica y Colombia: el enrollador de las hojas del cafeto *Clepsis abcisana* (Zeller) (Lepidoptera: Tortricidae), en los municipios de Sevilla y Bugalagrande, Valle del Cauca (Figura 31). Estos ataques se presentaron en resiembras de café, en el mes de mayo de 2011. Igualmente, se reporta un nuevo registro para Colombia del taladrador de las ramas de los cítricos *Megaplatipus mutatus* (Coleoptera: Platypodinae), en fincas cafeteras de Chinchiná, nuevos registros de presencia del perforador de las ramas del cafeto

Xylosandrus morigerus en Dagua, Valle del Cauca, y se evaluaron ataques causados por el minador de las hojas del cafeto *Leucoptera coffeellum* y de sus parasitoides en cultivos de Tolima, Valle, Caldas y Risaralda. El diagnóstico del barrenador de la macadamia y el cacao *Ecdytolopha aurantiana* (Lepidoptera: Tortricidae) en el Quindío y Caldas, el cual no estaba reportado atacando cacao, e igualmente infestaciones de *Heilipus lauri*, el perforador del fruto del aguacate en fincas cafeteras de Chinchiná y Palestina, Caldas. Se prestó apoyo al proyecto FIT1727 en el reconocimiento y diagnóstico del manejo de problemas fitosanitarios en especies forestales asociadas a café. Se atendieron 236 visitas en el Museo Entomológico de Cenicafé, de los cuales 31 fueron caficultores, 135 estudiantes y 70 profesionales de instituciones educativas y de investigación procedentes de diversas partes del país y del exterior. Dentro del apoyo a estudiantes universitarios, el Museo Entomológico colaboró con material de estudio para la elaboración de la tesis de grado de revisión del género *Meteorus* (Hymenoptera: Braconidae), un grupo importante de parasitoides de insectos plaga del orden lepidóptera en Colombia.

Determinación de las especies de moscas de las frutas y sus parasitoides en el cultivo del café. Esta investigación está siendo desarrollada con el fin de identificar las especies de moscas de las frutas y sus



Figura 31. Enrollador de las hojas del cafeto *Clepsis abcisana* (Zeller) (Lepidoptera: Tortricidae) en resiembras de café. a. Adulto; b. Daño en plántulas de café; c. Larva; d. Pupa.

parasitoides en tres sistemas de producción de café: plena exposición solar, sombrío tradicional y orgánico, en la zona central cafetera de Colombia. Desde enero de 2010 a septiembre de 2011, se recolectaron en total 46.292 especímenes del género *Anastrepha* (Tephritidae: Diptera), y no se reportó algún espécimen del género *Ceratitis*. *Anastrepha fraterculus* es la especie más frecuente, con el 72,1% del total de las capturas, seguida de *A. striata* (12,6%) y *A. distincta* (9,8%). Otras especies capturadas fueron *A. obliqua*, *A. grandis*, *A. mucronota*, *A. manihoti*, y *A. pallidipennis* representando el 5,5% restante. El valor máximo de infestación de frutos fue de 77 larvas/kilogramo de café cereza (Figura 10), donde el 99,8% fueron larvas de *A. fraterculus*.

Se evaluaron 126,5 kg de café cereza con el fin de determinar el porcentaje de parasitismo sobre las moscas de las frutas, y la posterior identificación de los parasitoides. Se encontró hasta un 38,8% de parasitismo de *A. fraterculus* causado por tres géneros de parasitoides: *Doryctobracon* sp. , *Microcasis* sp. y *Utetes* sp. (Braconidae: Hymenoptera) en cafetales bajo sombra. El género *Doryctobracon* fue el más frecuente (92%). Los resultados muestran que los cafetales con sombrío pueden albergar varias especies del género *Anastrepha*, poseen mayores niveles de infestación y mayores porcentajes de parasitismo. Es decir, el sombrío aumenta la biodiversidad tanto de moscas de las frutas como de sus controladores naturales. Se elaboró una clave ilustrada para apoyar el proceso de identificación de las moscas de las frutas que atacan las cerezas del café.

Desarrollo de un aplicativo Web sobre insectos y sus enemigos en Colombia: Wikinsecta. Al finalizar

este proyecto, el software del aplicativo Wikinsecta se encuentra totalmente implementado y funcionando, con más de seis meses de prueba y se ha migrado la información disponible, la cual se puede visualizar en la dirección URL, <http://wikinsecta.cenicafe.org> o en <http://www.wikinsecta.org>. Se realizó la instalación del aplicativo MediaWiki, con un sistema operativo Suse Enterprise Server 10 SP1, y motor de bases de datos MySQL Server Versión 5.090, servidor Web Apache/1.3.41 (Unix), PHP/5.2.6 mod_perl/1.30. Este servidor se encuentra en el centro de procesamiento de Bioinformática de Cenicafé. Se creó un usuario con los permisos para la administración del sitio en forma remota. Las pruebas realizadas al aplicativo fueron: pruebas de acceso, solicitudes recurrentes al servidor para probar su respuesta, pruebas de modificación dinámica de imágenes, pruebas de edición de documento y copias de seguridad de la base de datos. En cuanto a la conversión de datos, se migraron los datos almacenados en Specify, tanto de Cenicafé como de la Universidad Nacional de Medellín, para lo cual se extrajo la información pertinente en formato de texto plano, posteriormente, mediante el uso de expresiones regulares usando "Grep" (Utilidad de sistemas tipo unix), se eliminaron los caracteres innecesarios y se le dio formato Wiki. Se viene proporcionando administración y mantenimiento del aplicativo y se sigue alimentando con información de bases de datos históricas digitalizadas. El aplicativo contiene bases de datos de colecciones de insectos, registros de insectos de Colombia por cultivos, organismos benéficos que afectan los insectos plagas, e información no publicada sobre ponencias entomológicas en Congresos Colombianos. En total, existen 1.800 páginas en el aplicativo que se entrega a la comunidad científica y de agricultores de Colombia.



suelos

Actualización del programa de interpretación de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes y enmiendas para el cultivo de café. SUE0317.

Dimensión económica. En este trabajo se establecieron las bases para las recomendaciones del enclamiento y la fertilización de los cafetales en las etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo, de acuerdo a los resultados de los análisis de suelos. Posteriormente, con el fin de sistematizar dichas recomendaciones se desarrolló un programa en lenguaje CSharp bajo la plataforma .Net de Microsoft, el cual tiene en cuenta aspectos como la etapa del cultivo, la densidad de siembra y el nivel de sombra del cultivo de café. En la actualidad se viene desarrollando una versión del programa para ser utilizada desde la página web de Cenicafé, y otra para ser entregada a los Comités Departamentales. En la Tabla 19 se resume el número de resultados interpretados por Comité departamental, a través del programa, entre enero y septiembre de 2011.

Desarrollo de un modelo matemático para estimar los flujos de agua en suelos volcánicos de ladera. SUE0334. Dimensión ambiental. Debido a que el flujo del agua en el suelo presenta cierta complejidad y dificultad para su medición, y a la escasa información existente para los suelos de ladera de la zona cafetera colombiana, relacionada con las propiedades hidráulicas del suelo que determinan dichos flujos, se llevó a cabo un estudio detallado de las propiedades físicas e hidráulicas del suelo y se desarrolló y utilizó un

modelo matemático para la simulación del flujo del agua en el suelo bajo condiciones de ladera.

Inicialmente se realizó la caracterización física e hidrológica de dos *Andisoles* en condiciones de ladera. Propiedades del suelo como la distribución de partículas por tamaño, densidad aparente y real, porosidad, conductividad hidráulica saturada, retención de humedad a diferentes tensiones y contenido de materia orgánica, se determinaron en cada uno de los horizontes diagnóstico de seis perfiles de suelo. Los

Tabla 19. Número de resultados de análisis de suelos interpretados a través del programa entre los meses de enero y septiembre de 2011.

Departamento	Número de resultados interpretados
Caldas	374
Cauca	13
Cundinamarca	5
Huila	220
Norte de Santander	15
Quindío	589
Risaralda	269
Tolima	60
Total	1.545

resultados de las propiedades físicas e hidráulicas, están de acuerdo con los valores promedios reportados para *Andisoles* y permitieron confirmar que dichos suelos tienen propiedades únicas, que los hacen diferentes a los demás suelos.

Paralelamente a la caracterización física e hidrológica, se evaluó la dinámica de la humedad volumétrica y el potencial matricial en seis perfiles de suelo, a lo largo de un período de humedecimiento y secado, mediante el método del perfil instantáneo. En general, la humedad volumétrica se redujo drásticamente durante la primera etapa del drenaje (0-24 horas), posteriormente, siguió un drenaje lento, en el cual los cambios en la humedad volumétrica a través del tiempo fueron mínimos, esta condición se alcanzó alrededor del día 70; la reducción lenta de la humedad, puede estar relacionada con la alta capacidad de retención de humedad del suelo, propia de los *Andisoles* y con la presencia de un horizonte *BW* (a una profundidad entre 80 y 120 cm) que permanece a una humedad cercana a saturación durante todo el tiempo de drenaje.

En una segunda fase, se desarrolló un modelo matemático basado en la ecuación de Richards, con el fin de estimar los flujos del agua en el perfil del suelo en condiciones de suelos de ladera. Para resolver dicha ecuación se empleó una aproximación analítica, combinada con el método numérico de las diferencias finitas. Para aplicar el método de solución, el perfil del suelo se discretizó en una serie de nodos y se definieron e implementaron las funciones paramétricas para las relaciones de retención de humedad $\theta(h)$ y de conductividad hidráulica $K(h)$, se implementó la ecuación de Fredlund y Xing, para la función $\theta(h)$, y la ecuación de Gardner para la función $K(h)$. La solución del modelo de Richards para condiciones de suelos de ladera, consistió en la optimización de los parámetros de las funciones de retención de humedad y de conductividad hidráulica no saturada, posteriormente con esta información se estimaron las funciones hidráulicas y se simuló los flujos de agua en el perfil del suelo. El modelo se desarrolló en el programa MATLAB®, mediante librerías que contienen las subrutinas de cálculo, las cuales se ejecutan desde un programa principal.

El modelo propuesto en el presente estudio permitió realizar una descripción cuantitativa de las propiedades hidráulicas y de los flujos de agua a través del perfil del suelo, en dos *Andisoles* de la zona cafetera central

de Colombia. Una de las mayores ventajas de dicho modelo es que su base conceptual está desarrollado para suelos de ladera, y los valores de los parámetros obtenidos están ajustados a las condiciones reales del flujo del agua medidos directamente en campo. Dichas medidas de campo sirvieron además, para la comparación de las predicciones del modelo, encontrándose que el modelo estima la humedad volumétrica y el flujo del agua en el suelo con un buen nivel de precisión.

Lixiviación y volatilización del nitrógeno a partir de diferentes fuentes fertilizantes. SUE 0338. Dimensiones económica y ambiental. El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto del fertilizante Sulfammo®, en la reducción de las pérdidas de nitrógeno (N) por volatilización y lixiviación. Soporte económico: Cenicafé, Federacafé y Timac AGRO S.A.S.

Para esta vigencia, se presentan los resultados obtenidos con urea, sulfato de amonio (SAM) y nitrato de amonio.

Volatilización de N. Luego de aplicar urea, las pérdidas del elemento por volatilización fueron 3,4% y 8,1%, el primero y segundo día, respectivamente. La magnitud del fenómeno empezó a reducirse gradualmente, con valores de 1,7% en el día cinco y un nivel inferior al 1%, 30 días luego de adicionar dicho fertilizante. Esto, posiblemente como consecuencia del agotamiento de la fuente o de la incorporación de esta molécula en el suelo (Figura 32).

Para el SAM, tanto su composición estrictamente amoniacal como el ambiente ácido que genera su hidrólisis, pueden indicar en principio un fenómeno de volatilización de N casi nulo. Sin embargo, no se descarta que alguna fuente de alcalinidad presente en el suelo como OH^- o iones tipo bicarbonato, liberados durante el proceso de absorción de aniones por las plantas, pueda contribuir en alguna medida para que las pérdidas se presenten. Este tipo de argumentos pueden explicar la volatilización durante los dos primeros días de evaluación, cuyo valor máximo alcanzado fue 1,2% (Figura 33).

Pérdidas acumuladas de N por volatilización. Luego de 30 días, del total de N aplicado a través de la urea, cerca del 28% del mismo retornó a la atmósfera como N-NH_3 . Para el SAM el acumulado de pérdidas alcanzó valores de 0,24 durante el estudio (Figura 34).

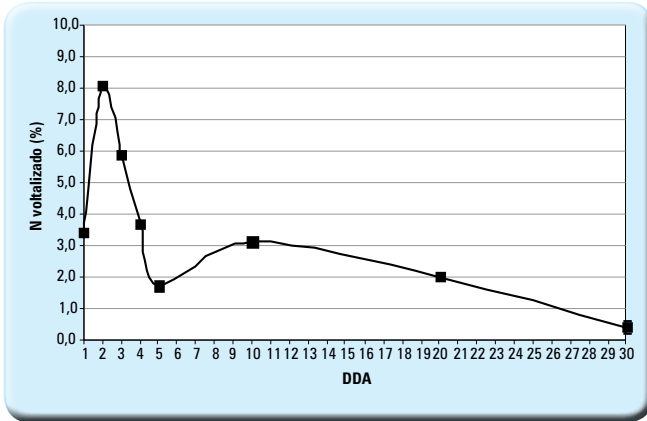


Figura 32. Volatilización de N-NH₃ a partir de la urea, durante los 30 primeros días después de su aplicación (DDA). **Nota:** Los valores de volatilización que se presentan a partir del día 10, corresponden al acumulado de los últimos cinco días. Entre los días 20 y 30 se ilustra el acumulado de diez días.

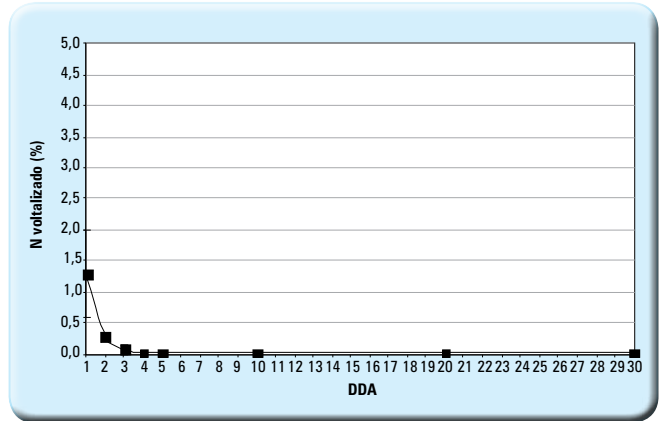
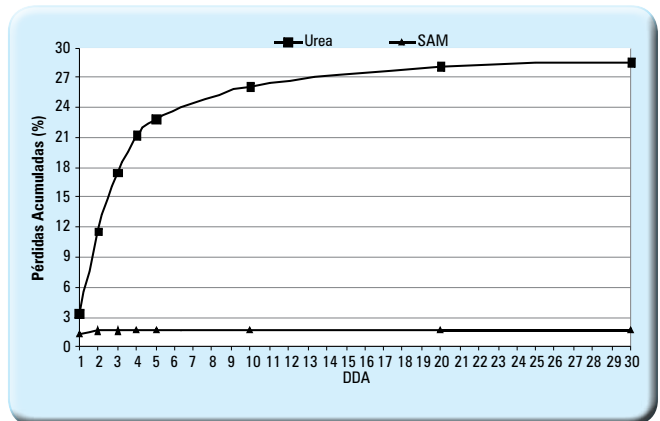


Figura 33. Volatilización de N-NH₃ a partir del SAM, durante los 30 primeros días después de su aplicación. **Nota:** Los valores de volatilización que se presentan a partir del día 10, corresponden al acumulado de los últimos cinco días. Entre los días 20 y 30 se ilustra el acumulado de diez días.

Figura 34. Pérdidas de N acumuladas a partir de la urea y el SAM.



Para el acumulado, la volatilización fue 96% inferior a la registrada para la urea, para estas dos últimas fuentes.

pH residual. Transcurridos 30 días, la acidez resultante de la aplicación de las fuentes objeto de estudio en los primeros 5 cm de profundidad, fue diferente según el fertilizante aplicado, pese a que el suelo sobre el cual se llevó a cabo el experimento, por su naturaleza mineralógica y altos contenidos de materia orgánica, exhibe una apreciable capacidad tampón (Figura 35). El pH se redujo con el SAM en 0,3 unidades. Para el caso de la urea, también se hubiera esperado un aumento en la acidez, pues de acuerdo a los reportes, los suelos de la zona cafetera de Colombia experimentan una reducción en sus valores del pH, 30 días luego de aplicar este fertilizante. Este resultado sugiere un

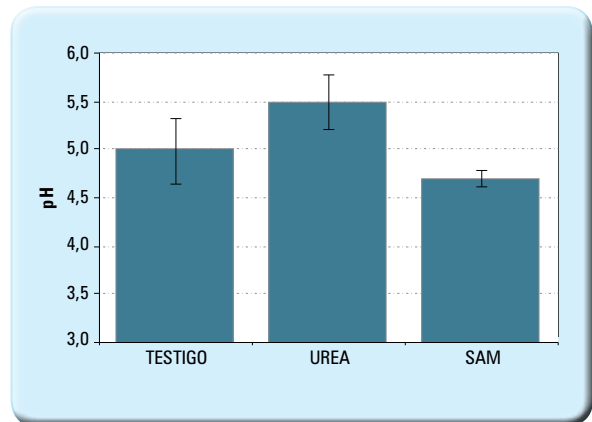


Figura 35. Cambios en el pH consecuencia de los tratamientos evaluados. Barras verticales indican intervalos de confianza para la variable pH, con un coeficiente de confianza del 95%

tiempo más prolongado para las diferentes reacciones requeridas en la transformación de la urea.

Lixiviación. A través de la técnica de columnas de lixiviación, ésta se evaluó en las unidades de suelos Chinchiná, Doscientos y Quindío. El suelo correspondiente a cada localidad, se llevó al laboratorio de Cenicafé. Los tratamientos evaluados fueron: 1,0 g de N, suministrado a través urea (46% de N), SAM (21% de N) y nitrato de amonio (26% de N) como fuentes fertilizantes. Además, se contó con un testigo absoluto, al cual no se le adicionó fertilizante alguno. Por lo tanto, se tuvieron cinco tratamientos.

Lixiviación de N. La lixiviación de N en sus formas aprovechables nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), fue diferente según el tipo de suelo y la fuente fertilizante evaluada. Para la unidad Quindío, la mayor cantidad de N en la solución, tanto nítrico como en forma de amonio, se presentó entre el día 10 y 40, luego de aplicar las diferentes fuentes fertilizantes, siendo el N del SAM y el del nitrato de amonio, el de mayor susceptibilidad a perderse por el mecanismo citado (Figura 36).

Para la urea, el bajo nivel de N observado puede atribuirse en primera instancia, al sellamiento superficial de algunas unidades experimentales. Este fenómeno se explica porque la reacción alcalina de esta fuente, pudo contribuir a la disolución parcial de algunos compuestos en estado intermedio de humificación que fueron conducidos por el agua lixiviada al recipiente colector, de allí la coloración marrón de la misma. Ante este fenómeno, pueden quedar expuestos algunos

radicales orgánicos con terminaciones tipo polar, que exhiben propiedades tales como repeler el agua.

La baja concentración de N, puede deberse también al agotamiento del elemento durante el fenómeno de volatilización ya discutido.

Para la unidad Chinchiná se mantuvo la tendencia registrada para suelos de Quindío, sólo que la magnitud del fenómeno fue 30% superior. En este sentido, la lixiviación del N aprovechable comenzó a ser evidente 20 días luego del suministro del SAM y el nitrato de amonio, alcanzando un máximo nivel 20 y 30 días luego de este evento (40 – 50 días luego de iniciar el experimento). Con la urea, se presentó un fenómeno similar al descrito anteriormente (Figura 37).

Finalmente, en suelos de la unidad Doscientos, las pérdidas de N a partir del SAM y el nitrato de amonio fueron inferiores a las de Quindío y Chinchiná, en 30% y 50%, respectivamente (Figura 38).

Con la urea no se presentó sellamiento de las unidades experimentales ni evidencia de disolución de ácidos orgánicos en el agua lixiviada, fenómeno que pudo haber estado asociado con la ausencia en este suelo de materiales en estado de humificación parcial.

A nivel general, se considera que en los suelos la capacidad de intercambio catiónico (CIC) supera ampliamente la capacidad de intercambio aniónico (CIA). Bajo estas circunstancias, se esperaría menor cantidad de NH_4^+ en los lixiviados. Pese a ello, los

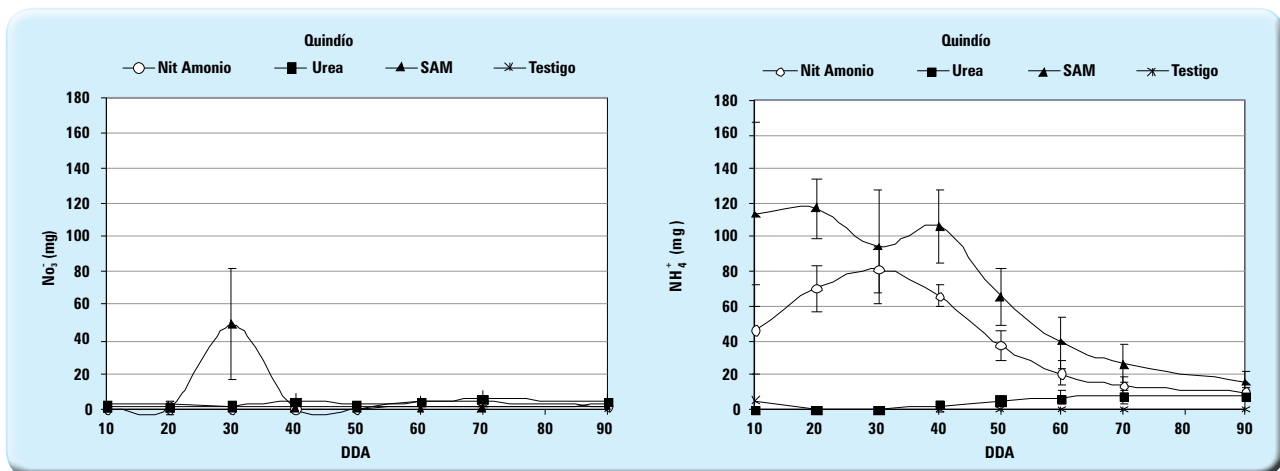


Figura 36. Lixiviación de NO_3^- y NH_4^+ a partir de diferentes fuentes nitrogenadas en suelos de la Unidad Quindío.

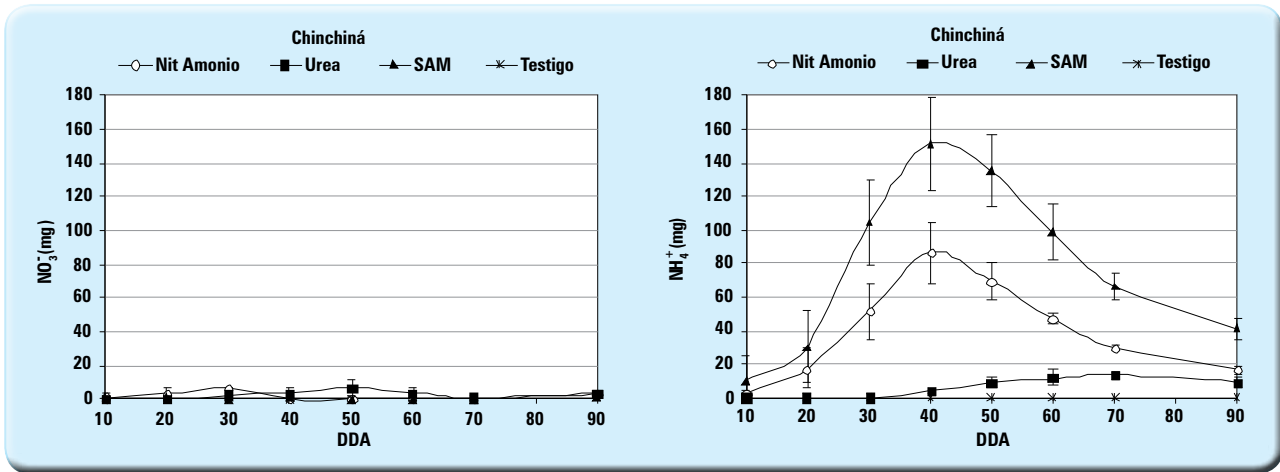


Figura 37. Lixiviación de NO_3^- y NH_4^+ a partir de diferentes fuentes nitrogenadas en suelos de la Unidad Chinchiná.

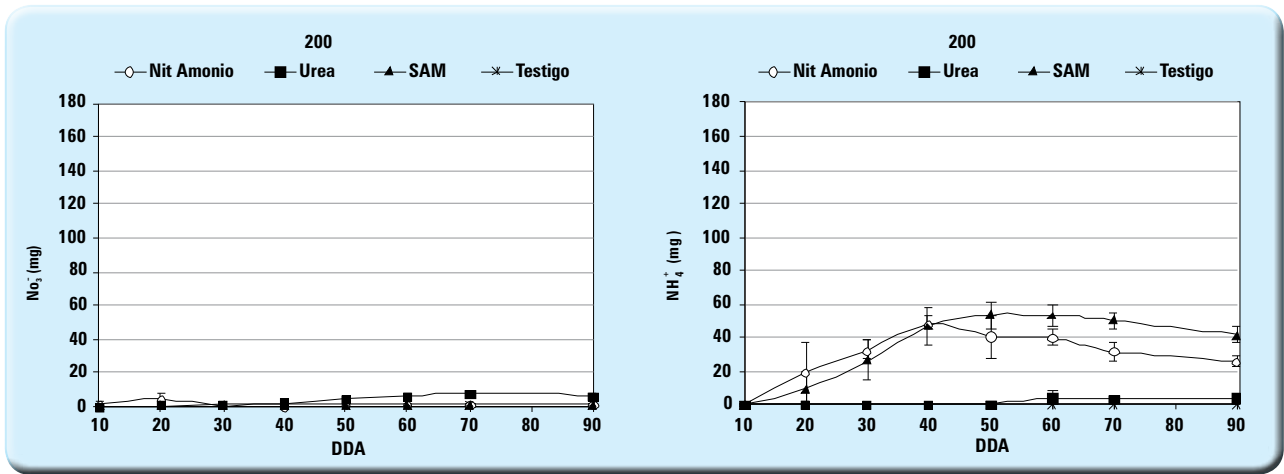


Figura 38. Lixiviación de NO_3^- y NH_4^+ a partir de diferentes fuentes nitrogenadas en suelos de la Unidad Doscientos.

bajos niveles de NO_3^- encontrados en la solución pueden estar asociados entre otros, con la acidez residual de las fuentes empleadas, las cuales al reducir el pH en suelos de carga variable ocasionan la manifestación de cargas positivas sobre las negativas. En este sentido, a través de un análisis complementario pudo detectarse que para los andisoles contemplados en el estudio (Unidades Chinchiná y Quindío), el SAM y el nitrato de amonio ocasionaron el efecto citado (Figura 39).

En la Unidad Doscientos, dicho fenómeno no se presentó.

Pérdidas de nitrógeno por lixiviación y volatilización a partir de diferentes fuentes fertilizantes. SUE 0339. Dimensiones económica y ambiental. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las pérdidas de N por

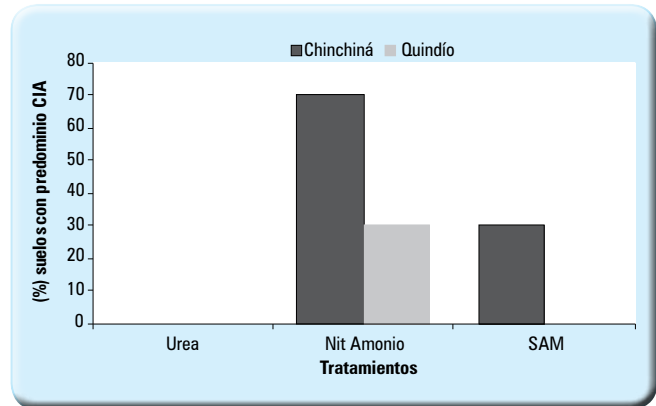


Figura 39. Cambios en la carga predominante del suelo 90 días luego de aplicar los tratamientos en las unidades Chinchiná y Quindío

volatilización y lixiviación de fertilizantes nitrogenados con recubrimiento para inhibir la actividad de la ureasa (reducción de la volatilización de N) y la actividad de la nitrogenasa (disminución de la lixiviación de nitratos). Soporte económico: Cenicafé – Monómeros S.A. Para esta vigencia se presentarán los resultados de volatilización.

Se evaluaron los siguientes tratamientos: urea perlada (prilled), fertilizante con inhibidor de la ureasa y un testigo absoluto (sin fertilización nitrogenada). En la Tabla 20 se presenta la cantidad de cada tratamiento a aplicar.

El fertilizante propuesto como inhibidor de la ureasa no redujo la volatilización de N. Las pérdidas por este fenómeno fueron similares a los presentados cuando se aplicó la urea convencional (Figura 40).

El acumulado de pérdidas para ambos productos en los 20 días después de la aplicación (DDA), alcanzó valores cercanos al 30%, tal como se presenta en la Figura 41.

Efecto de la fertilización de cafetales antes y después del zoqueo. SUE0520. Dimensión económica. El experimento finalizó en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguicito en diciembre de 2010 y en la finca La Arcadia en Líbano, en junio de 2011. Su objetivo fue determinar el momento oportuno de realizar la fertilización antes y después del zoqueo del cultivo de café. Para este período se analizó la cosecha después del zoqueo, obtenida desde octubre de 2007 hasta diciembre de 2010, en Naranjal y Paraguicito, y desde abril de 2008 hasta junio de 2011, en la finca La Arcadia. Se registró el comportamiento de los factores de rendimiento en trilla y de conversión

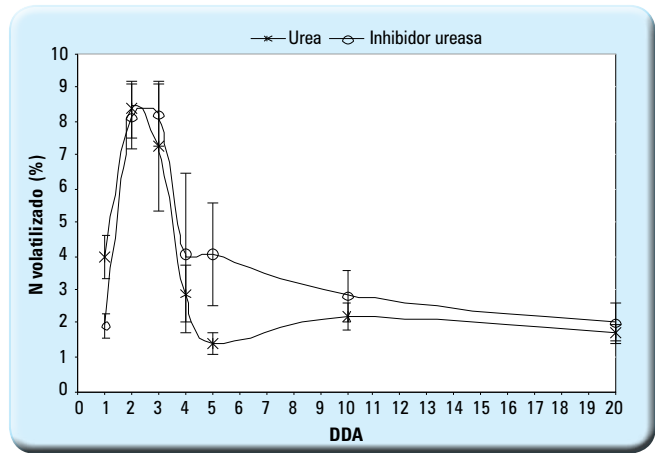


Figura 40. Volatilización de N-NH₃ a partir de la urea y el fertilizante nitrogenado recubierto con un inhibidor de la ureasa, durante los 20 primeros días después de su aplicación (DDA).

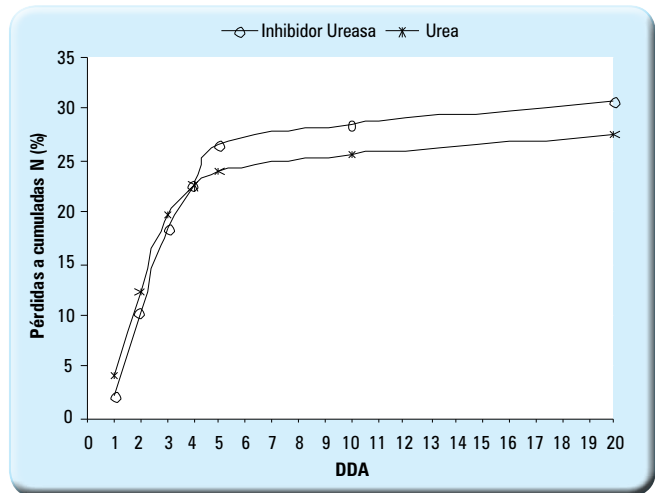


Figura 41. Pérdidas de N acumuladas a partir de la urea y el fertilizante inhibidor de la ureasa.

Tabla 20. Descripción de los tratamientos y la cantidad de N a aplicar

Tratamiento	Dosis N (g/colector)	Fuente fertilizante (g)
1. Testigo	0	0
2. Urea	3	6,5
3. Fertilizante con inhibidor de la ureasa	3	7,5

cereza–pergamino durante la cosecha principal de octubre de 2010 en Naranjal y Paraguaicito, y junio de 2011 en La Arcadia.

Resultados del efecto de la fertilización antes del zoqueo sobre la producción. En Naranjal, el análisis de varianza mostró efecto de la fertilización anterior al zoqueo sobre la producción. La producción acumulada promedio más alta se logró con los tratamientos correspondientes a la fertilización 10 meses antes del zoqueo, y 10 y 3 meses antes del mismo, sin diferencias estadísticas entre éstos (Figura 42). En La Arcadia y Paraguaicito no hubo efecto de

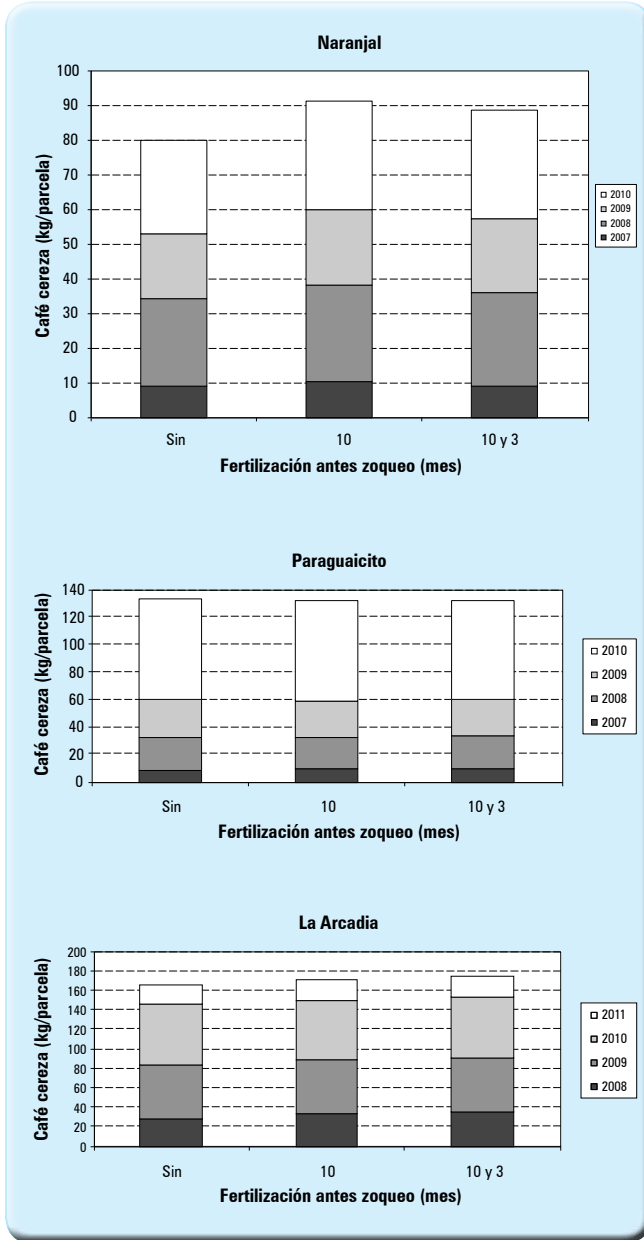


Figura 42. Efecto de la fertilización antes del zoqueo sobre la producción acumulada y anual promedio obtenida después del mismo. Área de la parcela efectiva 12 m², 16 m² y 20 m² para Naranjal, Paraguaicito y La Arcadia, respectivamente.

la fertilización anterior al zoqueo sobre la producción acumulada promedio.

Los mayores promedios de las producciones anuales se obtuvieron como efecto de la fertilización 10 meses antes del zoqueo y 10 y 3 meses antes del mismo, sin diferencias estadísticas entre éstos. Lo anterior se reflejó principalmente en Naranjal para la producción

promedio obtenida en el tercer y cuarto años de cosecha (2009 y 2010), y en La Arcadia para el primer año de cosecha (2008).

Resultados efecto de la fertilización después del zoqueo sobre la producción. En ninguna de las localidades se encontró efecto de la fertilización después del zoqueo sobre el promedio de la producción de café cereza acumulada (Figura 43). En Paraguaicito, la producción

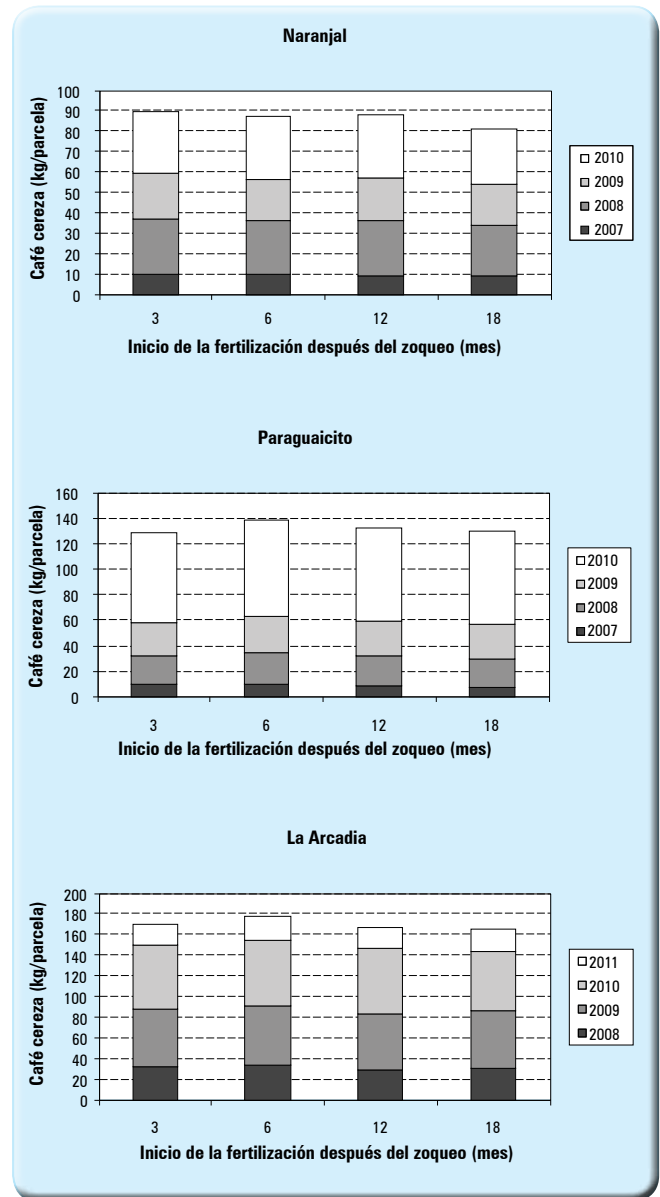


Figura 43. Efecto de la fertilización después del zoqueo sobre la producción acumulada y anual promedio obtenida después del mismo. Área de la parcela efectiva 12 m², 16 m² y 20 m² para Naranjal, Paraguaicito y La Arcadia respectivamente.

promedio del primer año de cosecha (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 se afectó negativamente en La Arcadia al iniciar la fertilización a los 18 meses después del zoqueo.

Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del café. SUE0528. Dimensión económica. En esta investigación se evalúa el efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del café.

El estudio se adelanta en seis localidades de la zona cafetera colombiana: Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), Estación Experimental Paraguaicito (Buenavista, Quindío), Estación Experimental Santander (Floridablanca, Santander), Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia), finca El Porvenir (Manzanares, Caldas), y por solicitud del Comité de Cafeteros del Quindío, se instaló una réplica en la finca El Agrado (Montenegro, Quindío). Los tratamientos, consisten en distribuir el fertilizante requerido según el análisis de suelos en diferentes proporciones en el año, éstos son:

Tratamiento 1 (testigo relativo): Recomendación actual. Se aplica el fertilizante requerido fraccionado en dos épocas del año (50% en el primer semestre y 50% en el segundo)

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 para cada tratamiento se presentan en la Tabla 21.

En enero de 2012, las plantaciones de Santander, Paraguaicito, El Porvenir y El Agrado cumplen un año de haber recibido los tratamientos. Por lo anterior, el presente informe se centrará en los avances correspondientes a los 12 y 24 meses de evaluación en El Rosario y Naranjal, respectivamente.

Con el número de repeticiones se obtuvo una confiabilidad en los resultados superior al 90%. De esta manera, para las condiciones de El Rosario, fraccionar más de dos veces la fertilización requerida para cafetales en edad productiva, según el análisis de suelos, no afectó la producción de café cereza (c.c.) durante el primer año de cosecha (Figura 44). Para Naranjal, transcurridos

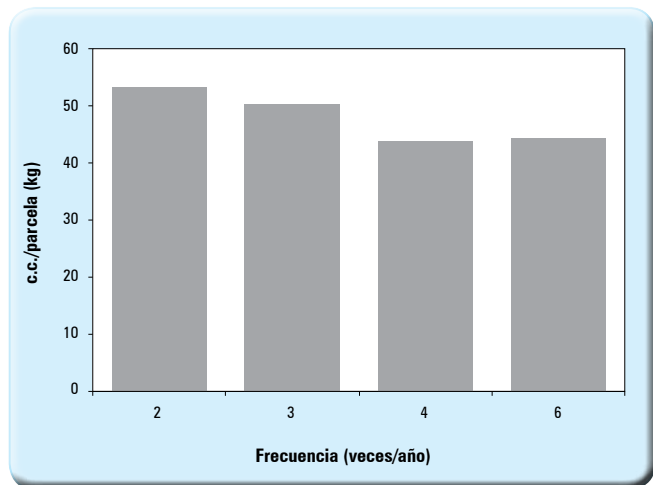


Figura 44. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción de café cereza (c.c.), en la Estación Experimental El Rosario.

Tabla 21. Distribución del fertilizante requerido de acuerdo con el tratamiento evaluado.

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

dos años de evaluación, dicha práctica tampoco ha mostrado efectos satisfactorios en la producción anual ni en el acumulado (Figuras 45 y 46).

Descriptivamente, los tratamientos objetos de estudio tampoco han contribuido a modificar el patrón de distribución de la cosecha, en esta localidad tal como se presenta en la Figura 47.

Fertilización con cinc en el cultivo de café. SUE0533. Dimensión económica. Su objetivo es evaluar la respuesta del cultivo de café a la fertilización con cinc (Zn) en tres

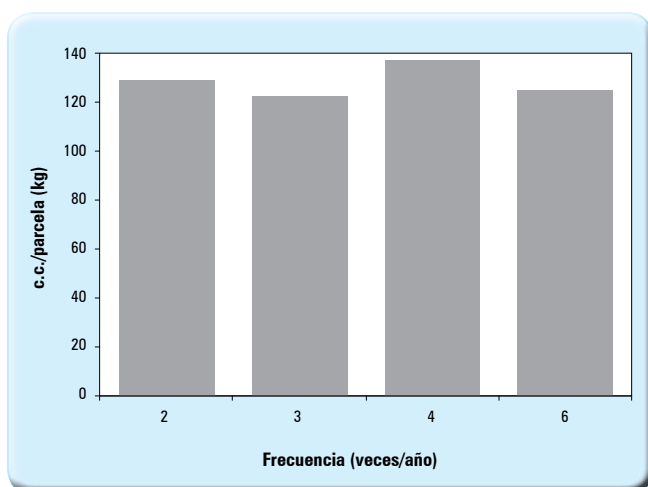


Figura 45. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción de café cereza (c.c.), para la Estación Central Naranjal, durante 2010.

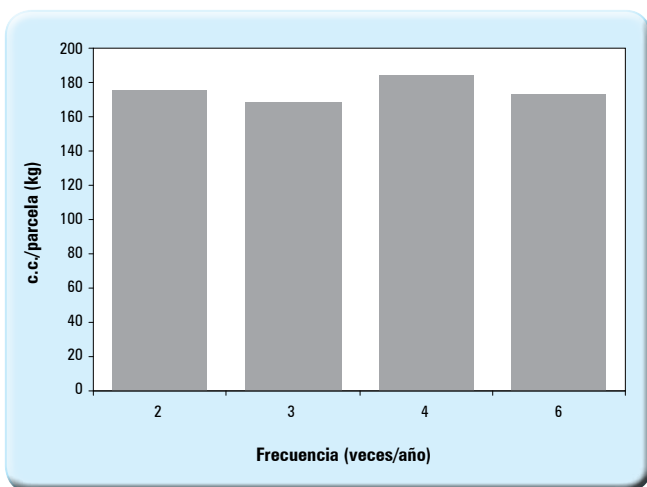


Figura 46. Acumulado de producción de café cereza (c.c.), entre 2009-2010, para la Estación Central Naranjal

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 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 Zn 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 2011 en El Rosario, desde febrero de 2009 hasta septiembre de 2011 en Gigante, y desde abril de 2010 a julio de 2011 en la finca El Troje (Timbío, Cauca). Para los tres sitios evaluados no se encontró efecto de los tratamientos sobre la producción anual y acumulada (Figura 48). Se observó una tendencia lineal positiva en el aumento de los tenores foliares promedio de

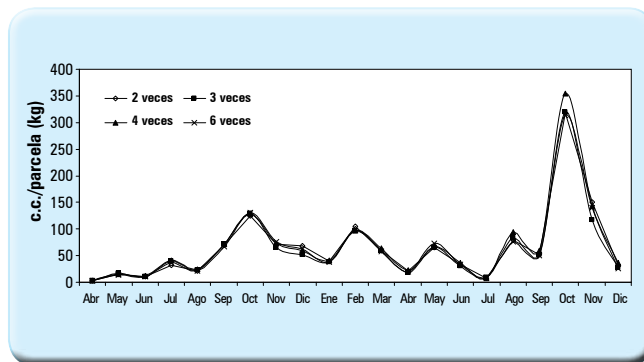


Figura 47. Distribución de la producción en Naranjal por efecto de los tratamientos.

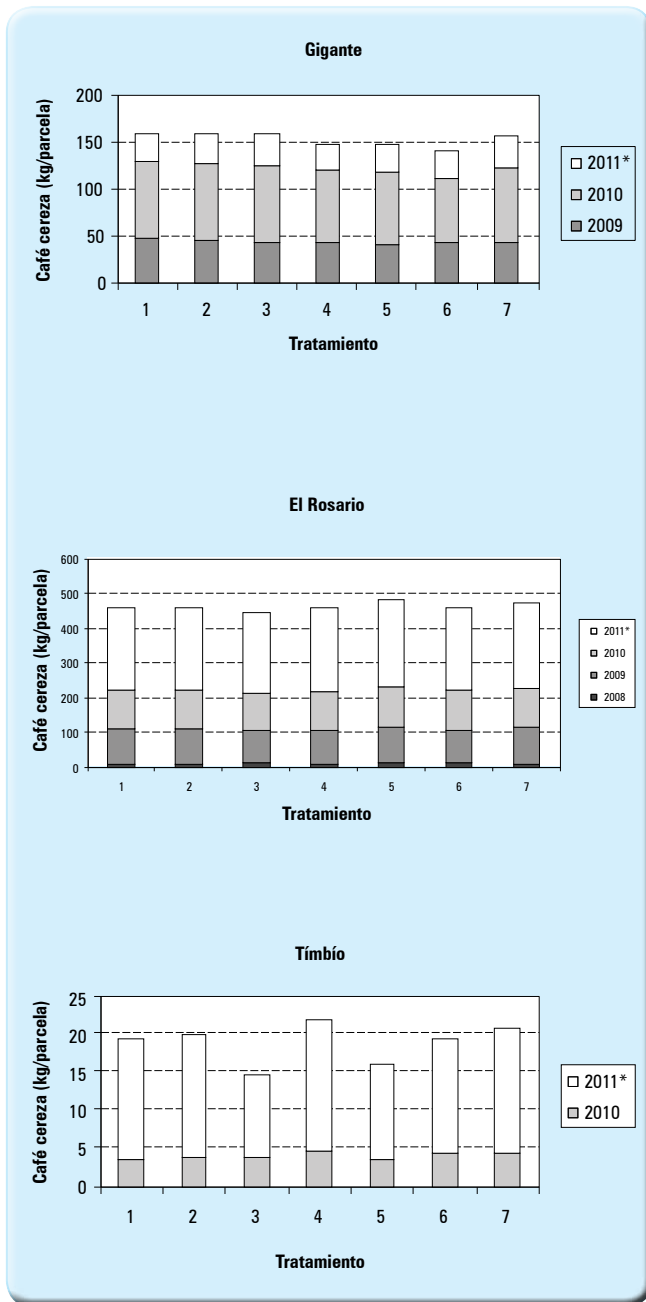


Figura 48. Efecto de la aplicación de Zn sobre la producción de café en tres localidades de la zona cafetera Colombiana. *Resultados parciales del 2011.

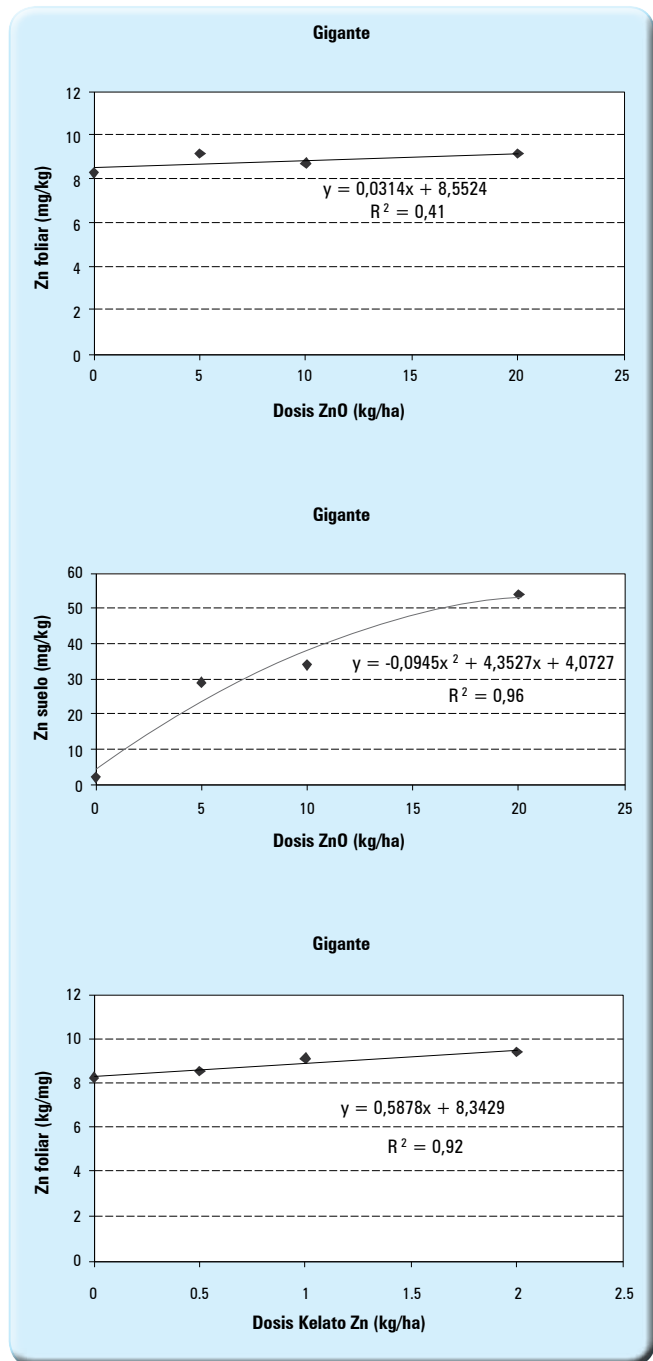


Figura 49. Efecto de las dosis de Zn sobre los contenidos promedio de Zn foliar y del suelo en Gigante (Huila).

Zn, como efecto de las dosis de ZnO y Kelato de Zn, en Gigante y El Rosario (Figuras 49 y 50), y una tendencia cuadrática en la finca El Troje (Figura 51). Los contenidos promedio de Zn en el suelo aumentaron siguiendo una tendencia cuadrática como resultado de las dosis de ZnO (Figuras 49, 50 y 51).

Alternativas para la fertilización de cafetales en producción, con fuentes simples en mezcla física y complejos granulados. SUE0534. Dimensión económica. La investigación se concentra en evaluar el efecto de fertilizantes en mezcla física, fertilizantes en mezcla química y fertilizantes complejos granulados en la

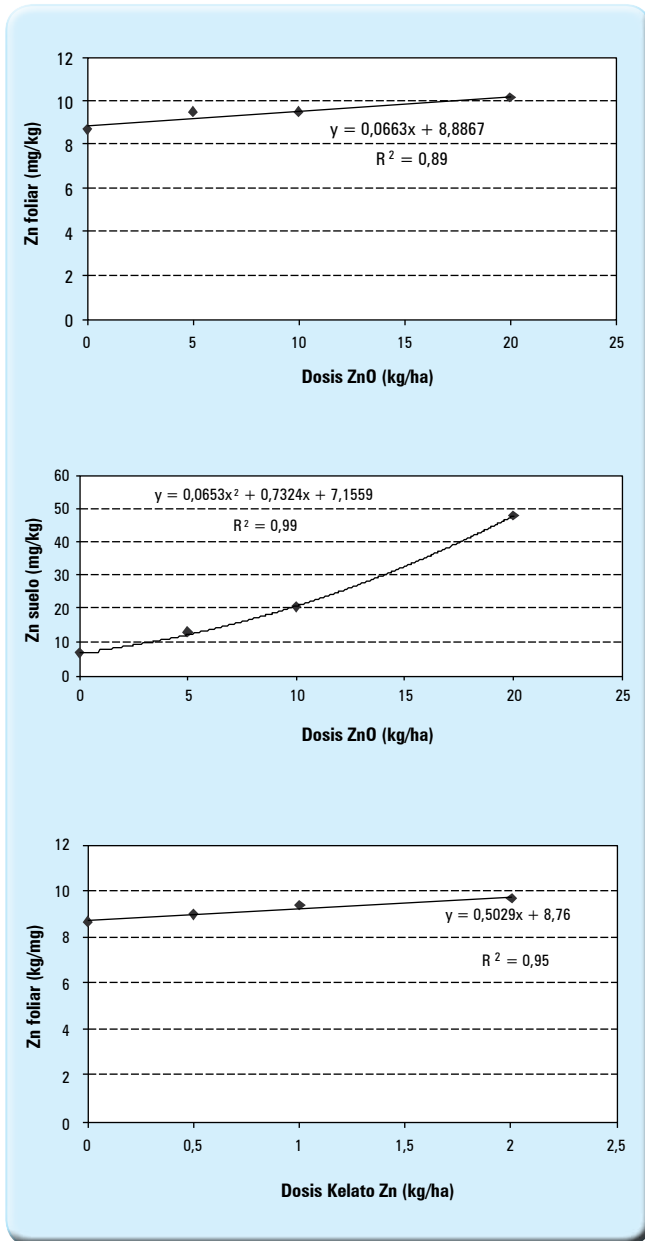


Figura 50. Efecto de las dosis de Zn sobre los contenidos promedio de Zn foliar y del suelo en la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia).

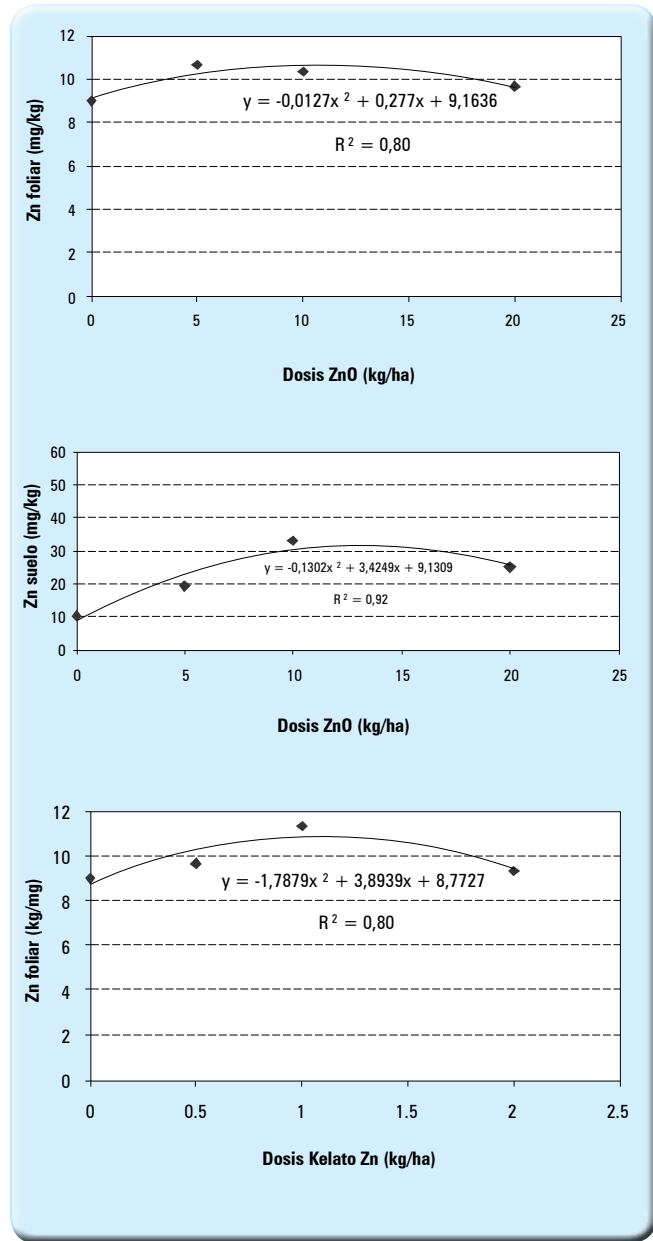


Figura 51. Efecto de las dosis de Zn sobre los contenidos promedio de Zn foliar y del suelo en la finca El Troje (Timbío, Cauca).

producción y calidad del café. Soporte económico: Genicafé – Federacafé y Yara Colombia Ltda.

El experimento evalúa tres aspectos: i) La eficiencia agronómica del complejo granulado Hydrán 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; y iii) La respuesta en producción y calidad del grano a la aplicación de calcio y boro.

Para alcanzar los objetivos propuestos, la investigación se realiza en cinco localidades de la zona cafetera colombiana contrastantes en clima y suelos: Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), Estación Experimental Paraguaicito (Buenavista, Quindío), Estación Experimental Santander (Floridablanca, Santander), Estación Experimental El

Rosario (Venecia, Antioquia) y por solicitud del Comité de Cafeteros del Quindío, se instaló una réplica en la finca El Agrado (Montenegro, Quindío).

Se inició la aplicación de los tratamientos en el segundo semestre de 2010, para los lotes en El Rosario y El Agrado. En las demás localidades las plantaciones se encuentran en su fase de crecimiento vegetativo. Por lo anterior, no se cuenta con información de la producción de los lotes experimentales.

Efecto de la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre la producción del café. SUE0536. Dimensión económica. Su objetivo es determinar el efecto de la combinación de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la producción del cultivo de café. El experimento se realiza en las Estación Experimentales Naranjal, Paraguaicito y Santander, y la Concentración Jorge Villamil, en el municipio de Gigante (Huila). Los tratamientos aplicados se detallan en la Tabla 22.

Para este período se analizó el promedio de la producción acumulada desde junio de 2009 a septiembre de 2011, en Gigante, desde agosto de 2009 hasta enero de 2011 en Santander, desde julio de 2009 hasta septiembre de 2011 en Naranjal, y desde enero de 2010 a septiembre de 2011 en Paraguaicito.

En Naranjal, Santander y Gigante hubo efecto de los tratamientos sobre la producción acumulada promedio

de café cereza; en estas localidades el tratamiento 12 (fertilización orgánica al 100%) obtuvo la menor producción y fue diferente del tto. 2 en Santander, el tto. 8 en Naranjal y los tto. 3, 4 y 8 en Gigante. En ningún sitio se registraron diferencias entre el tto. 11 (fertilización química al 100%) con los demás tratamientos (Tabla 23).

En Paraguaicito no se presentó efecto de los tratamientos sobre la producción acumulada promedio. El alcance de estos resultados aún es de carácter informativo, debido a que los datos de producción no son concluyentes y falta por analizar la cosecha principal del 2011 y la producción del año 2012. En términos descriptivos, se observó que en Naranjal el mejor tratamiento fue el 8 [fertilización química (75%) + Lombricompuesto (125 g /planta año) (fraccionado)], en Paraguaicito el tto. 1 [fertilización química (100%) + Lombricompuesto (250 g /planta año)], en Santander el tto. 2 [fertilización química (100%) + Lombricompuesto (125 g /planta año)] y en Gigante el tto. 4 [fertilización química (75%) + Lombricompuesto (125 g /planta año)] (Figura 52).

Evaluación de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción de café. SUE0537. Dimensión económica. A través de esta investigación se evalúa la respuesta de café a cuatro dosis de nitrógeno (0, 200, 300 y 400 kg/ha/año), suministradas mediante tres fuentes (Urea, nitrato de amonio y urea recubierta con una molécula para inhibir la nitrificación del amonio) en

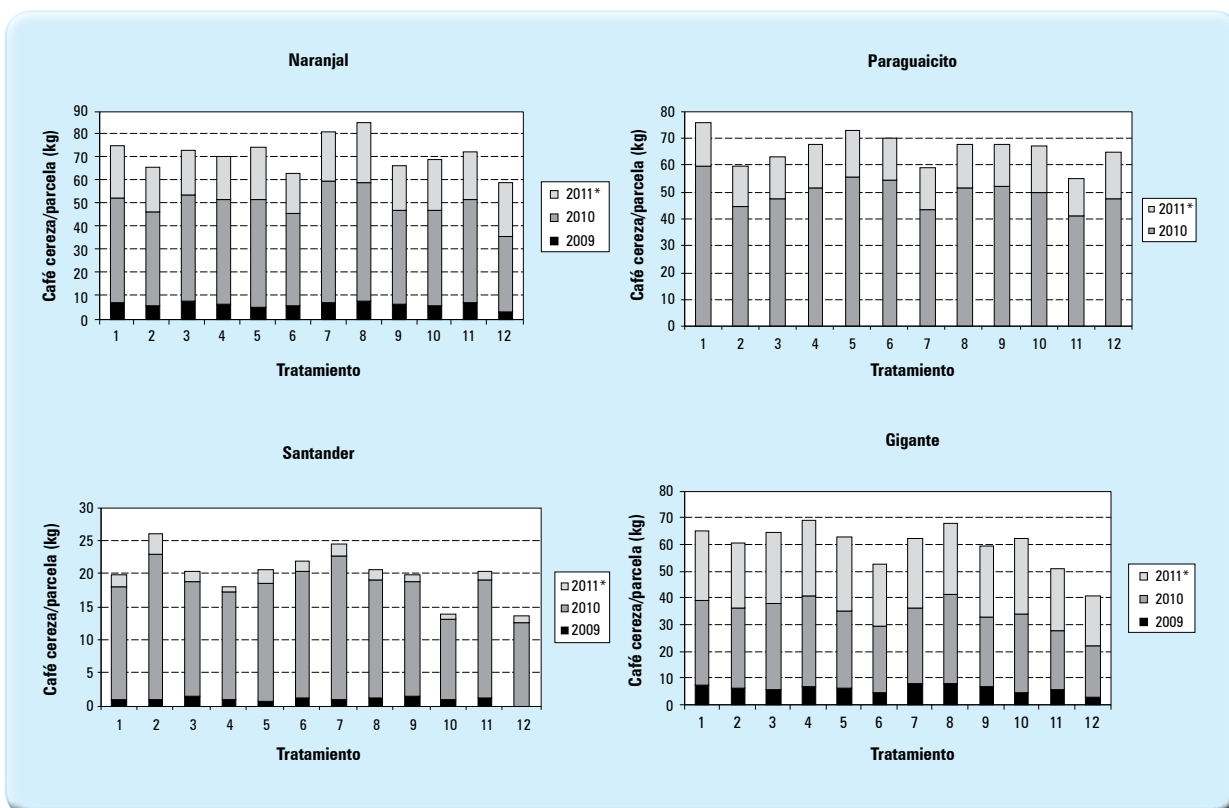
Tabla 22. Tratamientos de fertilización química y orgánica.

Tratamiento	Descripción
1	Fertilización química (100%) + Lombricompuesto (250 g* /planta año)
2	Fertilización química (100%) + Lombricompuesto (125 g /planta año)
3	Fertilización química (75%) + Lombricompuesto (250 g /planta año)
4	Fertilización química (75%) + Lombricompuesto (125 g /planta año)
5	Fertilización química (50%) + Lombricompuesto (250 g /planta año)
6	Fertilización química (50%) + Lombricompuesto (125 g /planta año)
7	Fertilización química (75%) + Lombricompuesto (250 g /planta año) (fraccionado)
8	Fertilización química (75%) + Lombricompuesto (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

Tabla 23. Producción acumulada promedio de café cereza (kg/parcela).

Tratamiento	Producción de café cereza/parcela (kg)			
	Naranjal	Paraguacito	Santander	Gigante
1	75,0 ab*	75,9 a	20,0 ab	65,2 a
2	65,7 ab	59,9 a	26,1 a	61,0 ab
3	73,3 ab	63,1 a	20,4 ab	65,0 a
4	70,8 ab	68,1 a	18,2 ab	69,3 a
5	74,6 ab	73,1 a	20,6 ab	63,2 ab
6	63,1 ab	70,3 a	21,9 ab	52,7 ab
7	81,4 ab	59,1 a	24,7 ab	62,3 ab
8	85,1 a	67,9 a	20,6 ab	67,9 a
9	66,4 ab	68,0 a	19,9 ab	59,8 ab
10	69,0 ab	67,4 a	14,1 b	62,2 ab
11	72,7 ab	55,4 a	20,4 ab	50,9 ab
12	59,4 b	64,7 a	13,7 b	41,2 b

**Figura 52.** Efecto de los tratamientos de fertilización química y orgánica sobre la producción anual y acumulada en diferentes localidades de la zona cafetera Colombiana.

cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé: Naranjal (Caldas), El Rosario (Antioquia), Paraguaicito (Quindío) y Líbano (Tolima). Durante esta vigencia se evaluó la producción de café cereza y se realizaron lecturas con SPAD (Soil Plant Analysis Development) en la Estación El Rosario, en el mes de junio. SPAD es un instrumento que se viene empleando como un medidor portátil de clorofila y sus lecturas han sido correlacionadas con el nitrógeno foliar y la producción en diversos cultivos, incluyendo el café.

Producción de café cereza. En Naranjal, Paraguaicito y Líbano no hubo efecto de los tratamientos sobre la producción para la primera cosecha; comportamiento que puede considerarse como normal, pues en muchas ocasiones el efecto de nitrógeno (N) se manifiesta a partir del segundo año de evaluación (Figura 53). En

la Estación El Rosario el análisis de varianza detectó respuesta de los tratamientos al 7%.

Lecturas de SPAD. En la Figura 54 se observa el efecto de las dosis de N sobre la concentración promedio de N foliar y lecturas de SPAD para el promedio de las tres fuentes empleadas. Tanto la concentración de N foliar como las lecturas de SPAD se incrementaron en cuanto aumentaron las cantidades de nitrógeno suministradas, siendo mayores los efectos de la primera dosis; en este sentido, el N foliar presentó un promedio de 2,4% para el testigo y valores entre 2,6% y 2,65% para las dosis de 200 a 400 kg/ha/año. En cuanto a las lecturas de SAPD, se registró un promedio de 70 unidades para el testigo y entre 75 y 76 unidades al aplicar los tratamientos con N. Las mayores producciones se obtuvieron con concentraciones foliares de N cercanas

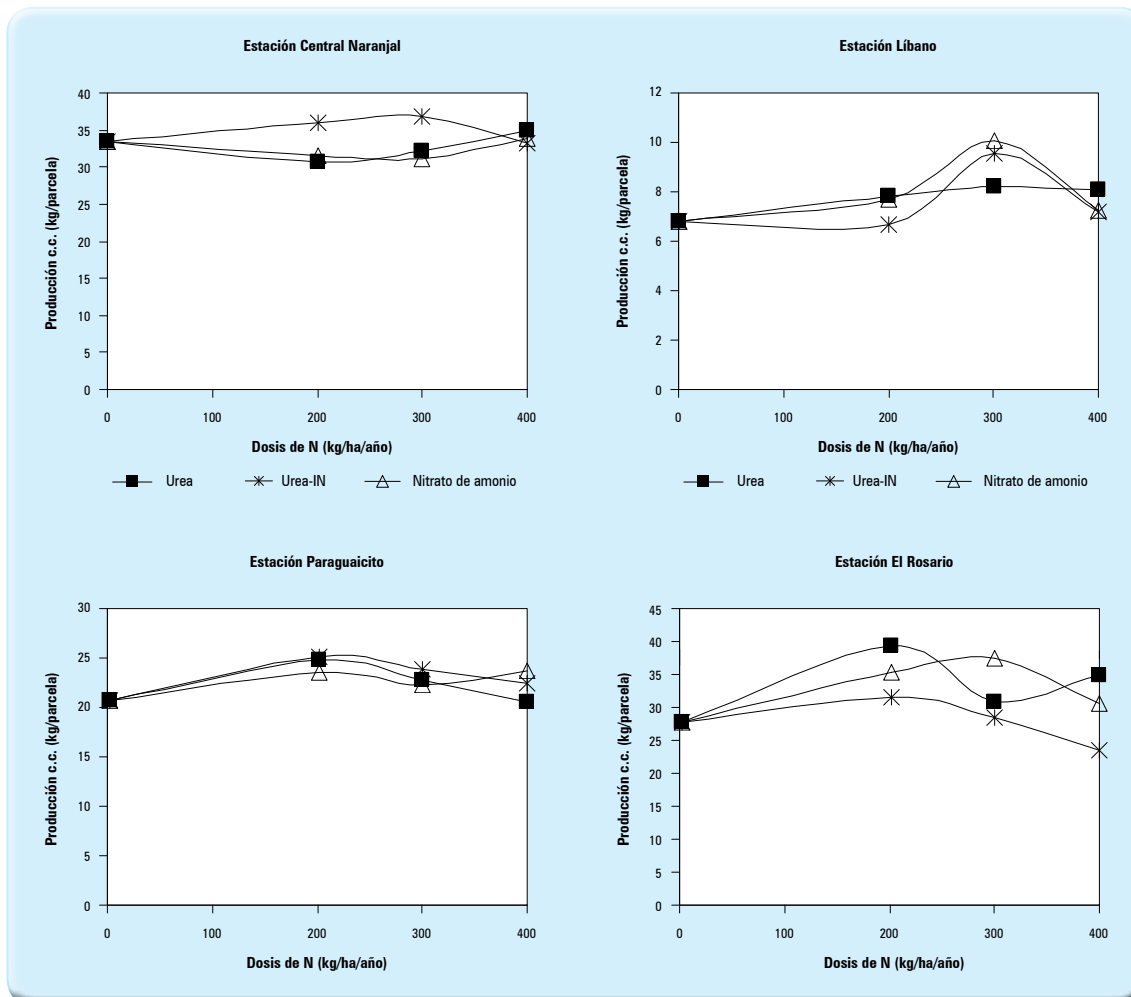


Figura 53. Respuesta de café en producción a dosis y fuentes de nitrógeno (N) en el año 2010.

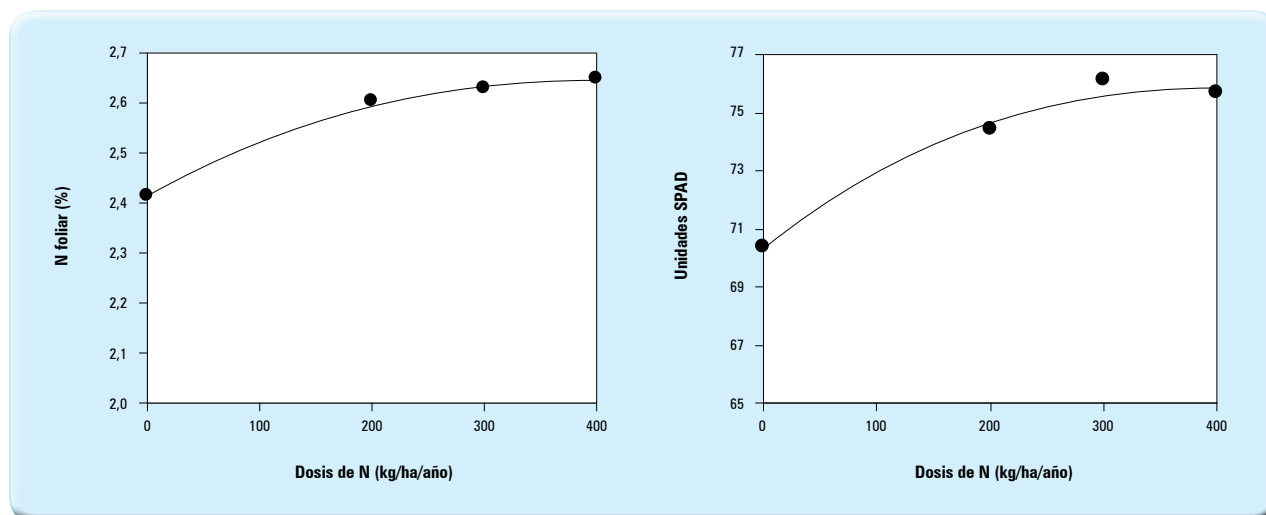


Figura 54. Nitrógeno foliar (N) y lecturas de SPAD en función de dosis de nitrógeno en la Estación Experimental El Rosario. Datos promedios de las tres fuentes empleadas.

a 2,5% (Figura 55), y dada la correlación entre el nitrógeno foliar y las lecturas de SPAD (Figura 56), se encontró cierta relación entre la producción de café y lectura de SPAD (Figura 57).

Efecto de fuentes y dosis de potasio sobre la producción y calidad del café. SUE0540. Dimensión económica. En esta investigación, se contó con el apoyo económico de la empresa SOPIB, y tuvo como objetivo determinar el efecto de fuentes y dosis de potasio sobre la producción y calidad de café, durante cuatro años (2007 a 2010). Se evaluaron siete tratamientos,

resultantes de la combinación de cuatro dosis (0, 100, 200 y 400 kg de K_2O /ha/año), y dos fuentes (Cloruro con 60% de K_2O y Sulfato con 50% de K_2O).

Producción de café cereza. Durante los primeros dos años de evaluación no se presentó efecto de los tratamientos en la Estación Central Naranjal, en tanto que sí hubo efecto para la tercera y cuarta cosechas (años 2009 y 2010), resultado que se reflejó en el acumulado de los cuatro ciclos productivos (Figura 57). El efecto de las dos fuentes sobre la producción fue igual para todos los años; por lo tanto, se puede tener

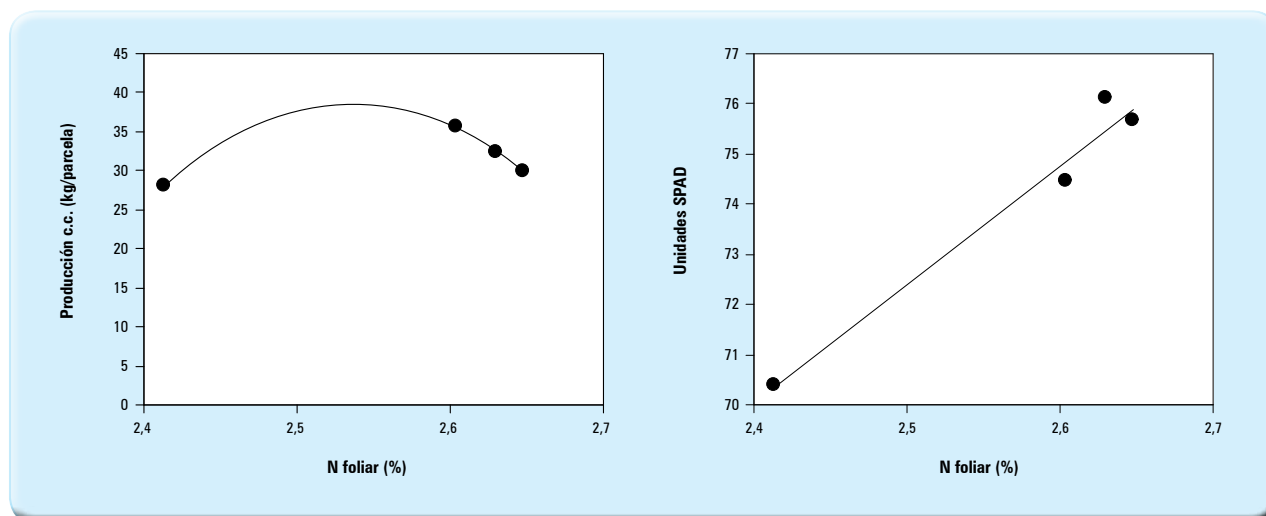


Figura 55. Producción de café y lectura de SPAD en función de la concentración foliar de nitrógeno en la Estación Experimental El Rosario. Datos promedios de las tres fuentes empleadas.

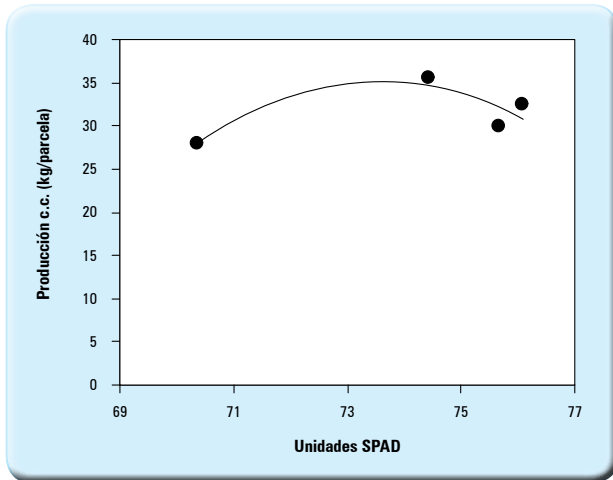


Figura 56. Producción de café en función de la lectura de SPAD en la Estación El Rosario. Datos promedios de las tres fuentes empleadas.

en cuenta el promedio obtenido con las dos fuentes como criterio para conocer el comportamiento de la respuesta y definir los planes de manejo nutricional con este elemento. En general, para esta localidad la primera dosis, es decir 100 kg/ha/año de K_2O , fue suficiente para alcanzar las máximas producciones. Cabe resaltar que el aumento obtenido en este último ciclo equivale al 15% de la producción, y del 7% para los cuatro años.

En la Estación Paraguaicito, al igual que los demás años, no hubo efecto de los tratamientos en este período (Figura 58), resultado que se relaciona con los altos contenidos de los elementos objeto de estudio en el suelo. Un comportamiento similar se reportó para la Estación Líbano (Figura 59).

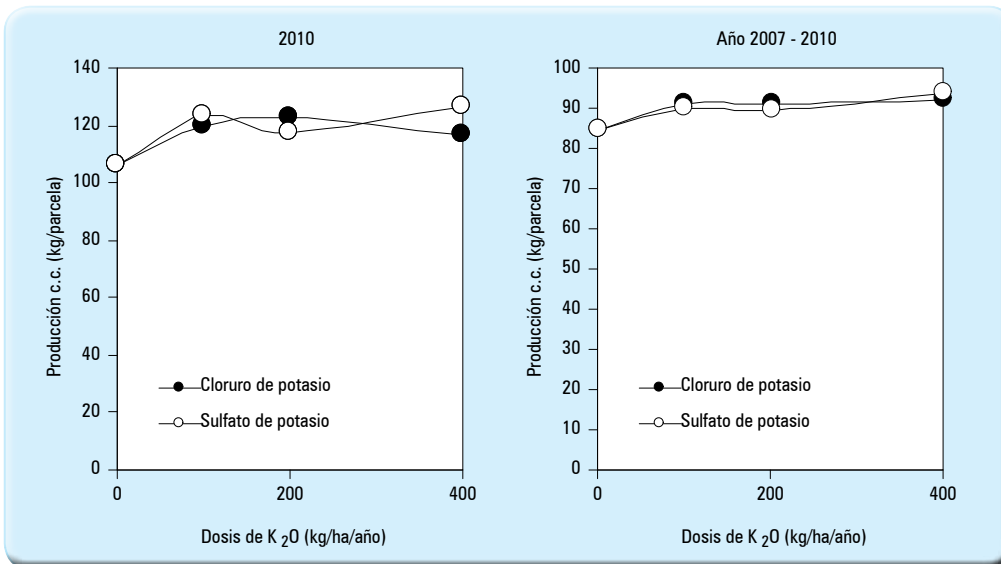
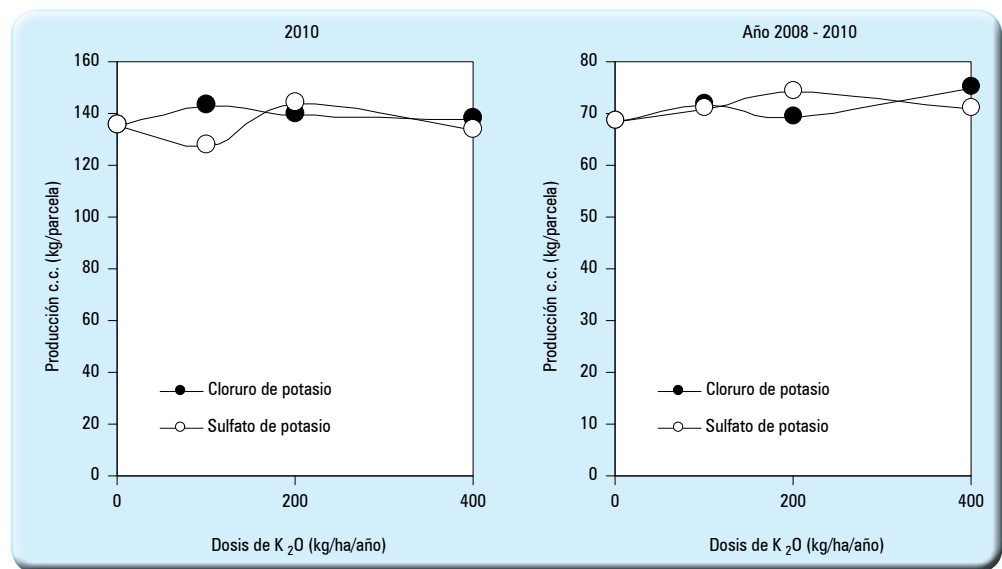


Figura 57. Efecto de dosis y fuentes de potasio sobre la producción de café cereza (c.c.) en la Estación Central Naranjal durante el año 2010 y el promedio obtenido entre 2007 y 2010.

Figura 58. Efecto de dosis y fuentes de potasio sobre la producción de café cereza (c.c.) en la Estación Paraguaicito durante el año 2010 y el promedio obtenido entre 2008 y 2010.



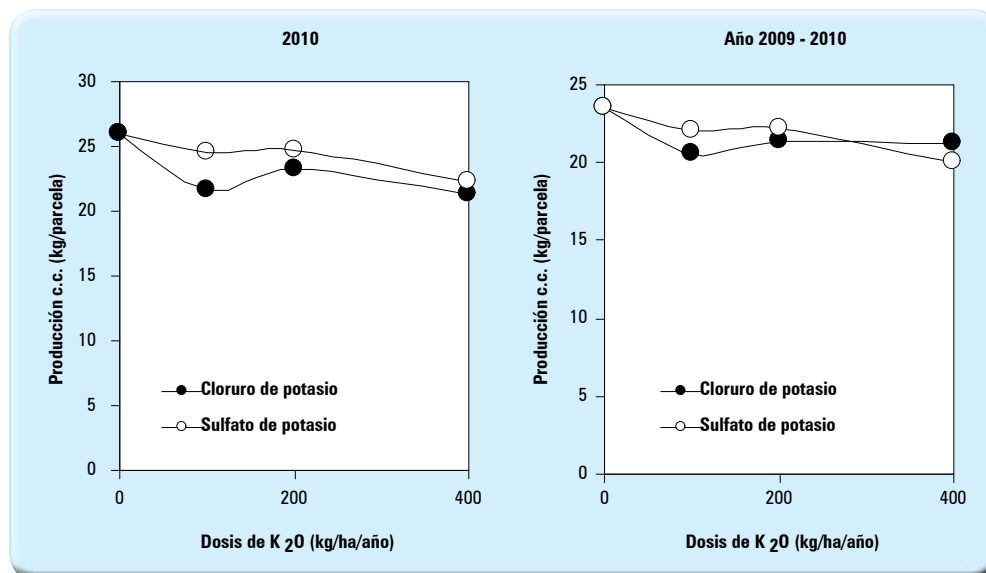


Figura 59. Efecto de dosis y fuentes de potasio sobre la producción de café cereza (c.c.) en la Estación Líbano durante el año 2010 y el promedio obtenido entre 2009 y 2010.

Concentración foliar de nutrientes. Dado que en la Estación Central Naranjal, en cada parcela están dispuestas siete líneas de la Variedad Castillo® Santa Bárbara, se realizó un muestreo foliar por línea y tratamiento. Los resultados en términos de la concentración de potasio sugieren diferencias en el comportamiento de las líneas (Figura 60).

Calidad del grano y de la bebida. Al realizar los análisis de la calidad de la bebida en taza, en este período se halló efecto de los tratamientos en la Estación Paraguaicito; en este sentido, la acidez de la bebida disminuyó, independiente de la fuente de potasio empleada (Figura 61). En la Estación Central Naranjal también se detectó efecto sobre la acidez de la bebida, pero con resultados diferentes a la anterior localidad, pues se encontró una tendencia tipo cuadrático, siendo diferente el comportamiento de las fuentes (Figura 62). Los anteriores resultados pueden considerarse puntuales y poco concluyentes, por lo tanto, no existen evidencias claras para atribuir las diferencias en la calidad a las fuentes empleadas.

Calibración de los análisis de suelos y foliares. Con base en los resultados obtenidos en la Estación Central Naranjal durante el año 2010, para la fuente cloruro se realizó la respectiva calibración de los análisis de suelos y foliares. En la Figura 63 se presenta el

rendimiento relativo (RR) en función del contenido de K en el suelo y en la Figura 64 lo correspondiente los contenidos foliares de potasio.

Efecto de fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café después de la zoca. SUE0546. Dimensión económica. En esta investigación se contó con el apoyo económico de las empresas Kali Und Salz y Monómeros S.A., y tuvo como propósito evaluar el efecto del magnesio (Mg) y el azufre (S) en la producción y calidad del café después de la zoca.

Bajo el diseño de bloques completos al azar, se evaluaron 11 tratamientos (Tabla 24), durante los años 2007 y 2010, en las Estaciones Experimentales Naranjal, La Catalina y Santander. Éstos constaron de un Testigo sin Mg ni S, tres dosis de S que se aplicaron como Sulfato de amonio – SAM, tres dosis de Mg en combinación con S en forma de Kieserita, tres dosis de Mg suministrados como óxido y el fertilizante 17–6–18–2.

En la Figura 65 se presentan los promedios de la producción de café cereza de todos los tratamientos durante el año 2010, y promedio desde 2007 hasta 2010. Al analizar los tratamientos de manera conjunta no se registró efecto de los tratamientos sobre la producción; sólo en el año 2010 se presentaron diferencias estadísticas entre los promedios obtenidos

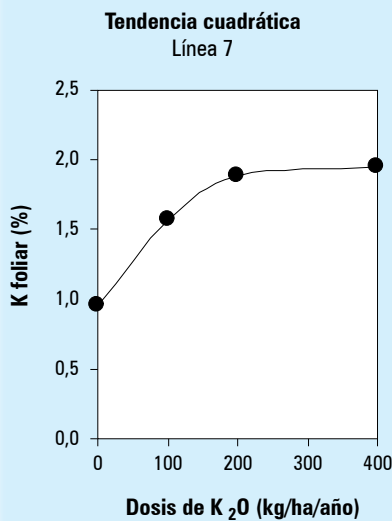
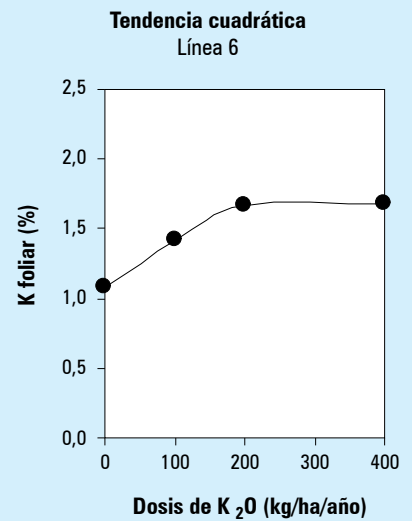
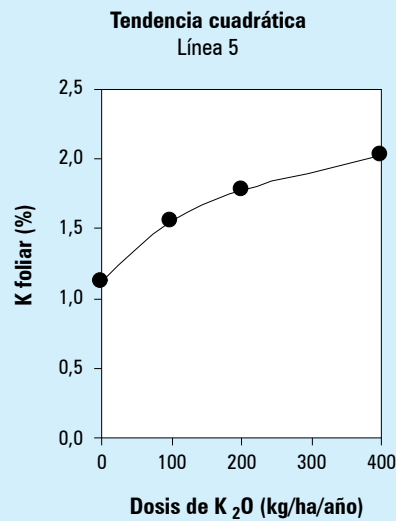
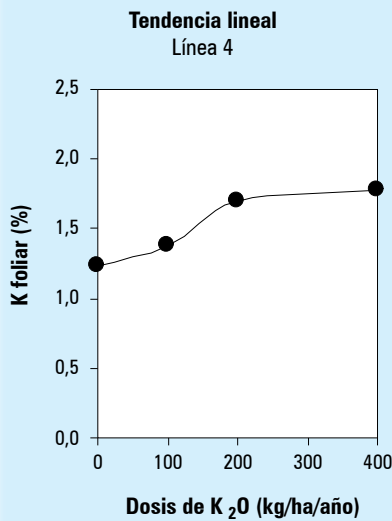
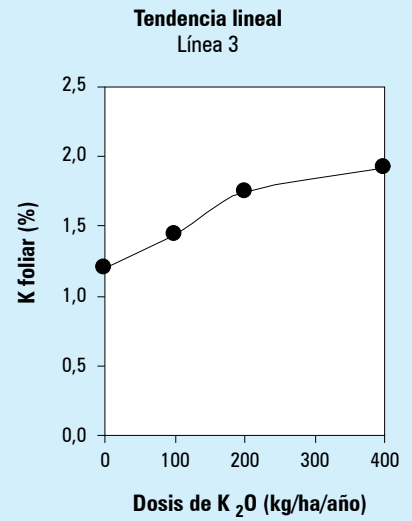
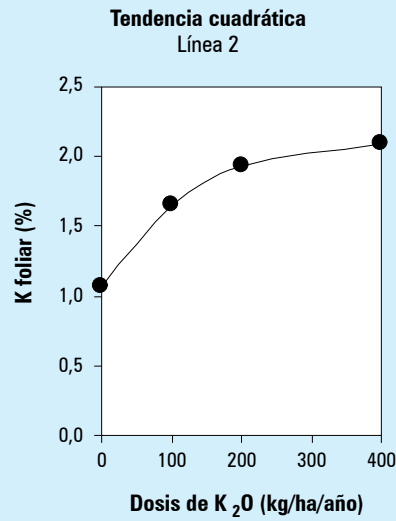
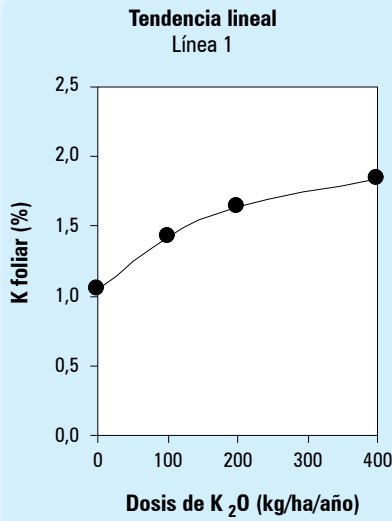


Figura 60. Concentración foliar de potasio (K) de siete líneas de la Variedad Castillo® Santa Bárbara, en respuesta a dosis de potasio en la Estación Central Naranjal.

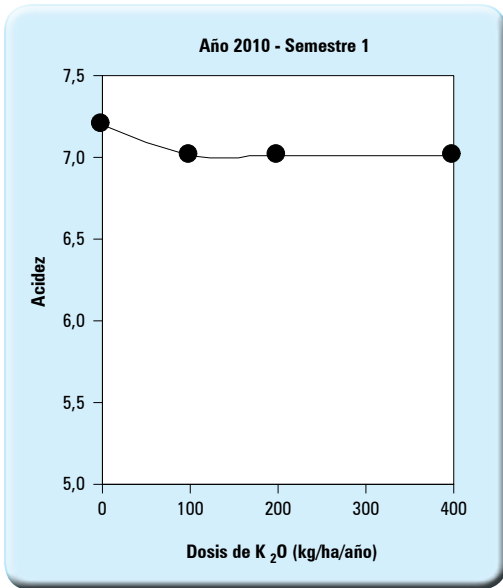


Figura 61. Acidez de la bebida en función de las dosis de potasio durante el primer semestre de 2008, en la Estación Paraguaitico.

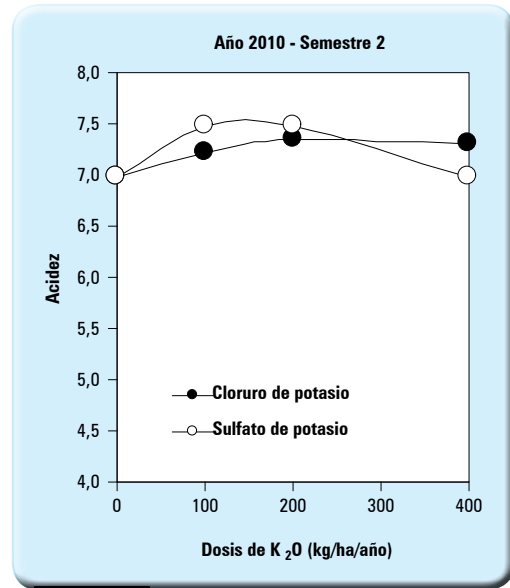


Figura 62. Acidez de la bebida en función de las dosis y fuentes de potasio durante el segundo semestre de 2010, en la Estación Central Naranjal.

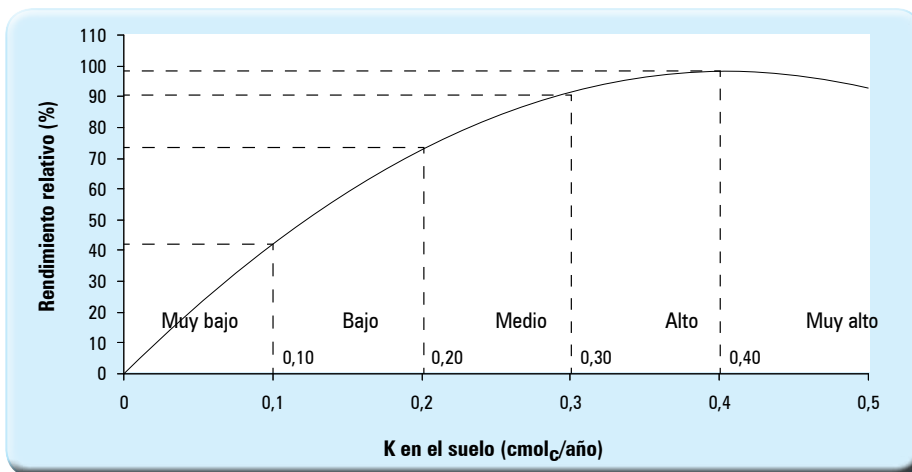


Figura 63. Rendimiento relativo en función del contenido de potasio en el suelo para la Estación Central Naranjal. Análisis realizado con base en la producción obtenida en el año 2010.

Figura 64. Rendimiento relativo en función de la concentración foliar de potasio para la Estación Central Naranjal. Análisis realizado con base en la producción obtenida en el año 2010.

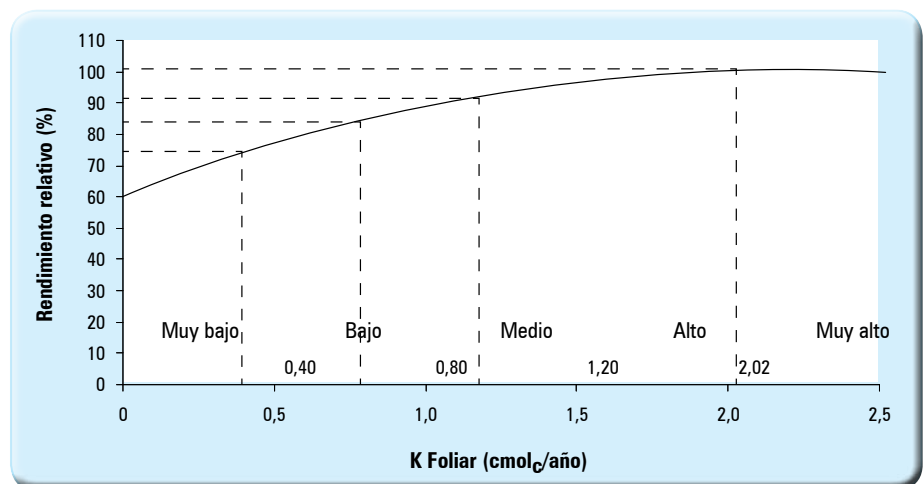


Tabla 24. Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento SUE0546.

Tto	Fertilización básica	MgO	S	Kieserita	Oxido Mg	SAM	17-6-18-2
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

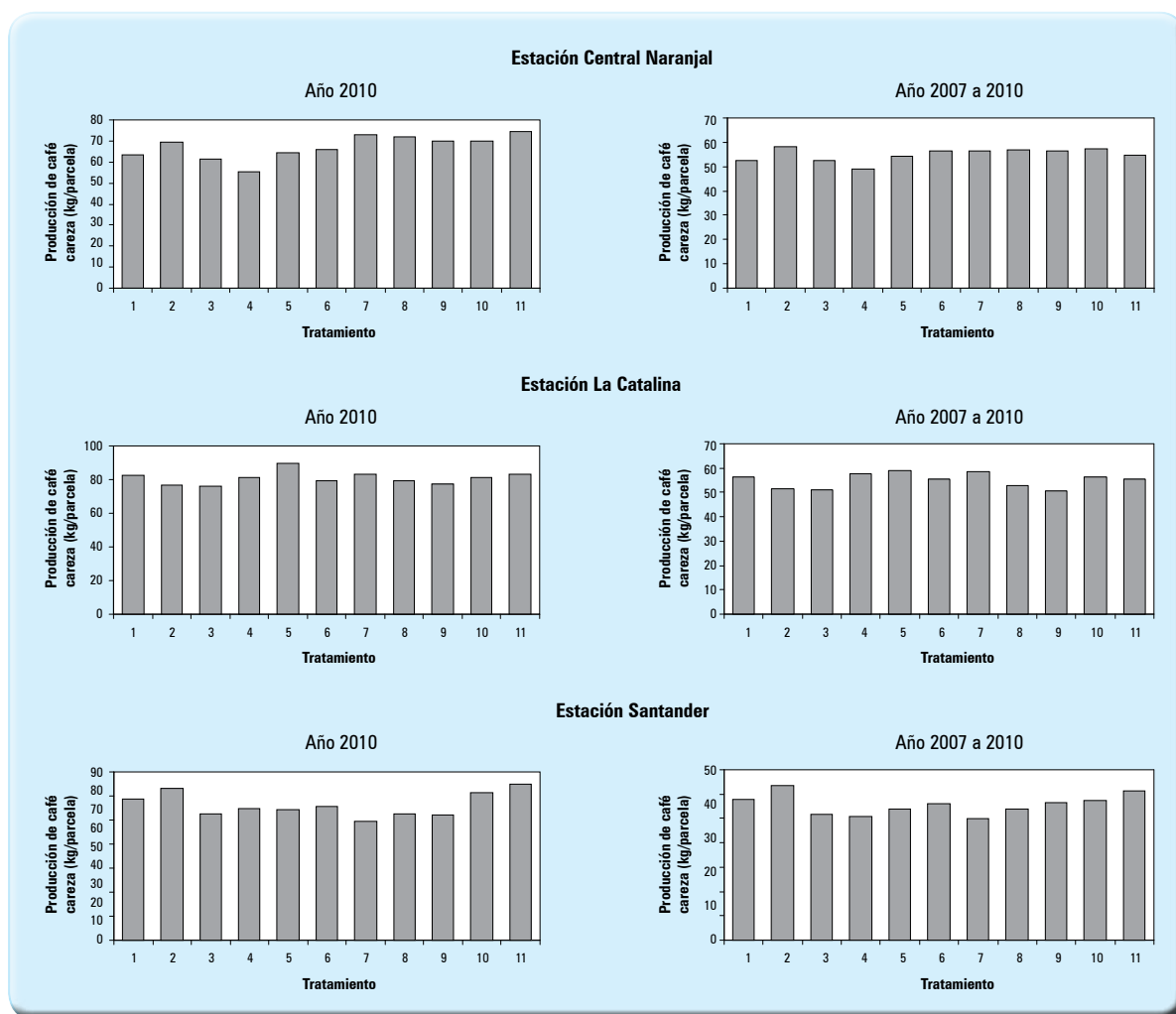


Figura 65. Promedio de producción de café cereza obtenida en respuesta a la aplicación de los tratamientos, durante el año 2010, y el promedio en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé.

con la dosis más alta de azufre aplicada en forma de SAM (tratamiento 4) y con la aplicación del fertilizante 17-6-18-2 (tratamiento 11). Cuando se hizo el análisis por elemento (fuentes y dosis de magnesio o fuentes y dosis de azufre), tampoco hubo diferencias entre los tratamientos. Estos resultados difieren de los obtenidos en la fase de siembra (no zoca), evaluada entre los años 2003 y 2006. Pese a lo anterior, las tendencias en el comportamiento de la respuesta se conservan; por ejemplo, las menores producciones se obtuvieron con las dosis altas de sulfato de amonio, empleado como fuente de azufre.

Determinación del estado de la humedad del suelo para la ocurrencia de movimientos en masa. SUE0923.

Dimensión ambiental. Con el fin de contribuir a la determinación del grado de saturación presente al inicio de los movimientos en masa, en suelos de la zona cafetera colombiana, se tomó el suelo de la Unidad San Simón, ubicado en la zona cafetera del municipio de Ibagué (Tolima). Para tal fin se tomaron muestras de cajón de 25 cm x 25 cm x 25 cm, inalteradas, con cilindro de pared delgada, y suelo alterado hasta los 1,60 m de profundidad, para el análisis físico, mecánico y químico. En dos lotes cercanos se recolectaron 3 t de suelo aproximadamente hasta los 1,6 m de profundidad, con éste se conformaron siete taludes modelo, según la densidad aparente ($1,5 \text{ g.cm}^{-3}$) y disposición de los horizontes (A, AB y B), las dimensiones de los taludes fueron de 1,0 m de altura, con base de 1,0 m de ancho x 1,5 m de longitud y una pendiente de 32° . En cada talud, se ubicaron ocho tensiómetros de succión matricial de 0 a 85 kPa y se estimó el grado de saturación, mediante la obtención de las curvas características de retención de humedad en el laboratorio a partir de los mismos tensiómetros.

Se aplicaron diferentes cantidades de lluvia simulada, así: 680 mm en forma intermitente en 34 horas, de igual forma 685 mm en 180 horas y 150 mm en 14 horas. Por otro lado, se simuló un flujo subsuperficial en la cabeza del talud de la siguiente manera: Incremento de la cabeza de agua en forma lenta (70 a 74 cm en 8,2 horas), aumento de la cabeza de agua en forma lenta (70 cm a 75,5 cm en 29,5 horas, seguido de un incremento rápido de 75,5 cm a 87,5 cm en 0,16 horas después de alcanzar el punto de saturación) y aumento de la cabeza de agua en forma rápida (70 cm a 92,5 cm en 1,5 horas); finalmente, se ensayó la simulación del flujo subsuperficial en la cabeza del

talud, seguido por una lluvia simulada de 100 mm/h después de alcanzarse la saturación del talud.

Los resultados se limitan a lo obtenido para la condición del suelo y en condiciones del modelo experimental. La investigación fue de tipo exploratorio y cada caso se analizó en forma individual.

Con el patrón de lluvia más alto, 680 mm en 34 horas, el primer sector del talud en llegar a la saturación (succión matricial igual a cero) fue el pie del mismo y se causaron desgarres superficiales y signos de erosión laminar severos (surcos, salpique y formación de pedestales). Este patrón de lluvia intensa no necesariamente causó la saturación inmediata del subsuelo (horizonte B), ya que generó principalmente la saturación de la base de ladera, la erosión laminar y desgarres superficiales someros. En tanto, el patrón de lluvia de 685 mm en 180 horas, además de causar la saturación del pie de la ladera permitió la saturación más rápida del subsuelo.

Se observó que poco después del inicio de la infiltración por la lluvia, la succión matricial se incrementó, seguido de una caída por debajo del valor inicial al finalizar la misma. Al terminar las lluvias, la succión matricial continuó su disminución en la base de la ladera y el subsuelo, mientras que ésta se incrementó nuevamente en la sección media y corona de la misma.

Al partir de un estado inicial del talud, con una succión matricial alta (-300 hPa) y con grietas de tensión, producto de la evaporación y el humedecimiento, la lluvia favoreció la saturación de la base del talud y de los horizontes más superficiales, y no contribuyó a la saturación inmediata del subsuelo. El agrietamiento del suelo debido a los procesos de secado y humedecimiento puede tener impacto en la estabilidad del mismo, dado que se demostró la pérdida más rápida de succión al inicio de las lluvias después de un período de sequía y al estar el suelo afectado por grietas de tensión.

En el caso de la simulación de la infiltración subsuperficial de agua en corona del talud, se demostró en términos relativos de escala, que la falla puede ocurrir distante al sitio de infiltración del agua y se puede generar por el inicio en la pérdida de succión de la base del talud o por los cambios rápidos en la cabeza de agua o nivel freático.

Contrario a lo ocurrido con la lluvia simulada, los modelos físicos evaluados con filtración de agua en la espalda o corona en este tipo de suelo, presentan mejor comportamiento experimental al causar procesos de falla más relevantes.

Una vez saturado el talud, una lluvia intensa de muy corta duración puede desencadenar flujos de suelo superficiales, movimientos lineales y en cuña retrogresivos. El incremento rápido del nivel freático, una vez se encuentra saturado el talud puede desencadenar movimientos en masa mayores, su tamaño y mecanismo de falla posiblemente se debe a las características físicas de los horizontes de suelo, en especial las diferencias en la permeabilidad.

Se demostró que este suelo puede fallar en diferentes condiciones de saturación, suelo no saturado, saturación parcial de algunos sectores del talud y suelo saturado. Las fallas en el pie del talud y el movimiento vertical en la corona del mismo, fueron las fallas más recurrentes

en los modelos investigados. Hasta el momento la investigación ha permitido explorar y afinar modelos experimentales para el estudio de los movimientos en masa en suelos de la zona cafetera e introducirse parcialmente en la comprensión de algunos de los procesos involucrados en la falla de las laderas, lo anterior para contribuir a la sostenibilidad de las zonas cafeteras colombianas.

Servicio de análisis material vegetal y bromatológico. SUE0611, SUE0609. Durante el período de la referencia se recibieron 71 solicitudes para análisis foliar y bromatológico. En total total se analizaron 1.762 muestras a las cuales se les realizaron 19.649 determinaciones.

El 45,05% de las muestras analizadas correspondieron a experimentos de la Disciplina de Suelos, 39,56% de la Disciplina de Mejoramiento, 7,04% de la Disciplina de Fitotecnia y 0,68% de Fisiología. Las muestras particulares correspondieron a un 7,66%.



Mejoramiento Genético

El objetivo del Mejoramiento Genético de Café en Cenicafé es la producción de variedades mejoradas para Colombia. Éstas deben tener buenas características agronómicas, excelente calidad del grano y de la bebida, y alta producción. Además, resistencia durable a uno, pero preferiblemente a varios, de los principales problemas fitosanitarios: la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), la broca (*Hypothenemus hampei*) o la enfermedad de las cerezas del café (CBD) (*Colletotrichum kahawae*).

En la obtención de estas variedades se siguen dos métodos: la hibridación y la transformación genética; y se desarrollan procedimientos de evaluación confiables económicos y rápidos. Simultáneamente, se busca más eficiencia, tanto en los métodos como en las evaluaciones (Selección asistida, Espectroscopia de Infrarrojo cercano -NIRs-), que permitan caracterizar mejor y más rápidamente el germoplasma de café y evaluar las poblaciones segregantes. Para lograr esta eficiencia, se requieren conocimientos científicos que permitan conocer mejor la especie (*C. arabica*) y el género (*Coffea* spp), los organismos que están afectando la producción y sus interacciones, y entender las diferencias en comportamiento, sus causas y los caracteres asociados. Estos conocimientos son entre otros de citogenética, bioquímica, biología molecular y proteómica.

Adicionalmente, como resultado de las investigaciones básicas o aplicadas, se logran avances y aplicaciones en otros campos, como el industrial o en la protección del café de Colombia.

En este resumen del año 2011, de la disciplina de Mejoramiento Genético de Cenicafé, se presentan los resultados más destacados en: 1. Investigación básica y selección asistida. 2. Caracterización y evaluación del germoplasma 3. Búsqueda de resistencia y desarrollo de genotipos mejorados; y 4. Otras aplicaciones.

Citogenética. La citogenética es el estudio citológico de los cromosomas de una especie. Los cariotipos de las especies *Coffea arabica*, *C. liberica* y *C. eugenioides*, revelaron diferencias en tamaño. Los cromosomas de *C. arabica* tienen un promedio de longitud de 2,3 μm y un rango entre 1,5 y 3,0 μm . Los cromosomas de *C. liberica* fueron más pequeños (1,5 μm , rango 1,0-2,0), mientras que en *C. eugenioides* se observaron cromosomas mucho más grandes, con una media de 2,6 μm y un rango entre 1,3 y 4,4 μm .

Al examinar los híbridos interespecíficos con *C. arabica* se observó que todos ellos presentaron 33 cromosomas, tal como se esperaba, por el diferente nivel de ploidía de los progenitores. El análisis de sus cariotipos mostró la presencia de cromosomas

de tamaños diferentes, pudiéndose distinguir varios grupos. En los híbridos de *C. arabica* x *C. eugenioides*, se observaron dos grupos (G1 y G2,) con diferente tamaño, el cual fue en promedio de 1,5 μm (rango 1,0-2,2). En los híbridos de *C. arabica* x *C. liberica* se observaron tres grupos de cromosomas (G1, G2 y G3), con un tamaño promedio de 1,3 μm (rango 0,8-2,1).

Proteómica. Se realizó un análisis preliminar de los mapas proteómicos de los genotipos *C. arabica* var. Caturra (4X), dos cruces interespecíficos entre Caturra x *C. liberica* (3X) y una planta haploide de *C. arabica* (2X). En general, se observa un patrón proteómico muy similar entre los individuos, a pesar de sus diferencias en ploidía. Sin embargo, el análisis de los geles mediante el programa *PD-Quest* mostró que la planta haploide de Caturra (2x) presentó un número similar de puntos (proteínas) que la planta normal de Caturra (4x) (540 y 542, respectivamente), lo cual se espera pues aunque es haploide (dos copias por gen), posee todos los genes de la especie. Al parecer, la falta de dos de las cuatro copias, no limita la expresión de proteínas en el haploide.

También se observó que los dos híbridos triploides (3x) presentan un proteoma con un promedio significativamente mayor de puntos (594 puntos), respecto a Caturra (540 puntos), lo que sugiere que, como resultado de la fusión entre los genomas de las especies parentales, se expresan más proteínas.

En el estudio de la interacción café-roya se identificaron cerca de 30 proteínas diferencialmente expresadas durante el reconocimiento del patógeno. Estas proteínas candidatas servirán para iniciar la caracterización de genes potencialmente involucrados en la resistencia.

Para identificar las proteínas responsables de la respuesta diferencial en oviposición de la broca, se hicieron mapas proteómicos de semillas de las introducciones CCC 534 (menor oviposición) y Caturra (mayor oviposición). Las proteínas totales de las semillas de las introducciones evaluadas fueron extraídas y separadas por (2-D) y (2D-DIGE). Los geles bidimensionales fueron teñidos y digitalizados, procediendo a detectar y comparar un total de 32 manchas proteicas que estuvieran expresadas diferencialmente

o sobre-expresadas entre la introducción CCC 534 y Caturra, para ser secuenciadas por espectrometría de masas. En los geles se detectaron en total de 230 puntos; de las 39 expresadas diferencialmente, 11 fueron específicas de Caturra, 9 específicos de CCC 534, 12 sobre-expresadas en Caturra y 6 sobre-expresados en CCC 534 (Figura 66). Esta información es el comienzo de investigaciones diseñadas para descifrar los factores de resistencia que tienen las introducciones, donde la oviposición de la broca es menor, y podrían permitir descubrir los mecanismos de defensa del café contra esta plaga.

Selección asistida. Para encontrar la asociación entre características de grano y compuestos químicos asociados a la calidad de la bebida, con marcadores moleculares, en progenies F3 de Caturra x Etiopía 910, sembradas en cinco localidades, se evaluaron las características organolépticas y granulométricas, y se establecieron perfiles NIRs.

En la distribución de las progenies basada en espectros NIRs, en la Estación Central Naranjal, se observa que todas tienen espectros muy semejantes, excepto las progenies 110, 156, 118, 98, 152 y 95 (Figura 67).

El contenido de compuestos químicos asociados a la calidad, estimados a partir de los perfiles NIRs, fue variable (Figura 68). Por ejemplo, el contenido de cafeína está entre 1,0 y 1,6, que es la concentración que se encuentra en los arábigos, pero permite la selección para genotipos con alto o bajo contenido.

En Almacafé, los resultados de la evaluación de la calidad en taza de las progenies F3, en muestras de las cinco Estaciones Experimentales de Cenicafe, de la cosecha principal del 2010, mostraron que ésta se comporta de manera similar en estos ambientes, con una calificación alrededor de 5,2 (Figura 69). Sin embargo, en la Estación Líbano se presenta una mayor variabilidad en la calidad en taza y se encuentran los genotipos con mejor calidad, con progenies excelentes, con una calificación de 9,0.

Dentro de la búsqueda de marcadores asociados con la resistencia a la roya, proveniente del Híbrido de Timor, en el mapa genético de *C. canephora* se identificó la región genómica (grupo de ligamiento K, en el mapa

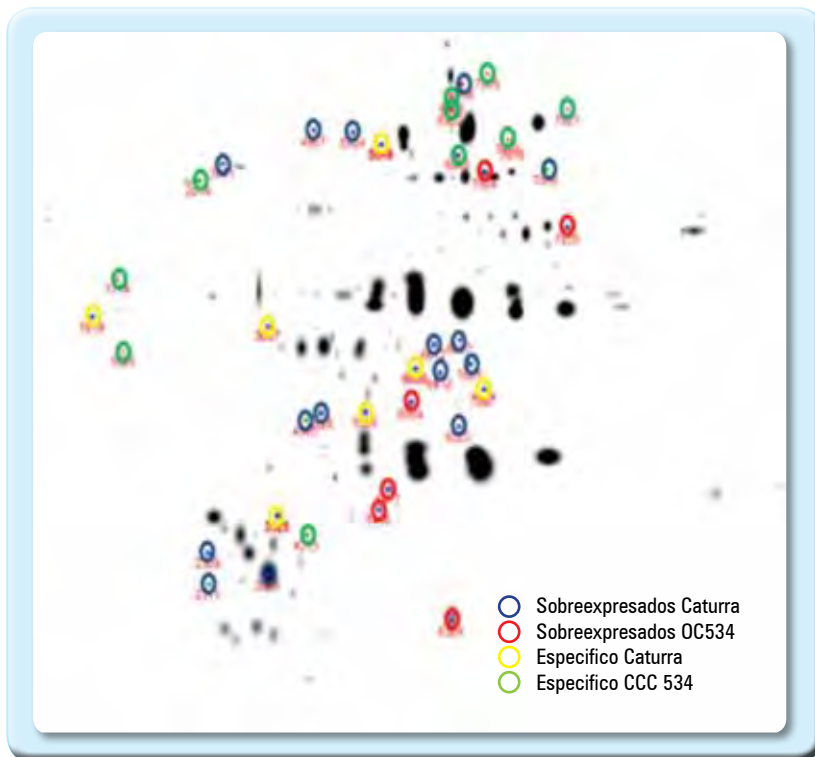


Figura 66. Expresión diferencial de proteínas de semilla en la introducción CCC 534 y en Caturra.

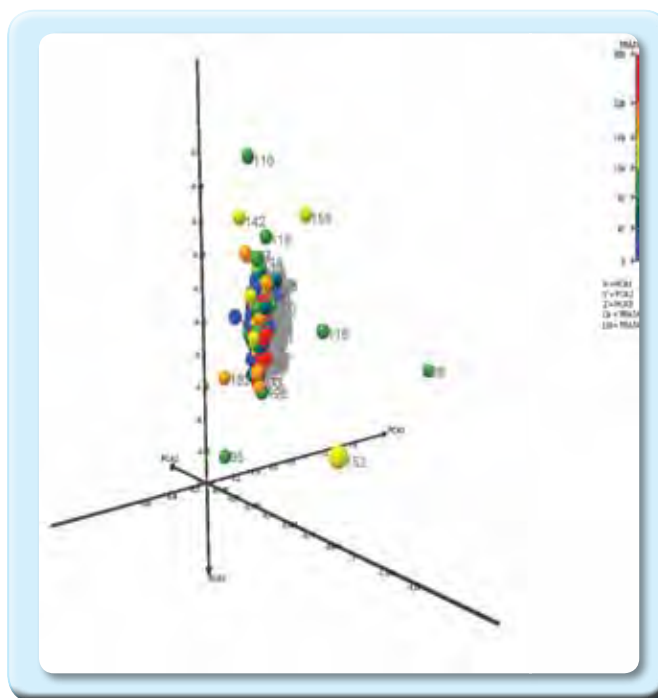


Figura 67. Distribución de las progenies F3 de Caturra x Etiópia 910, en la Estación Central Naranjal, con base en el perfil NIRs.

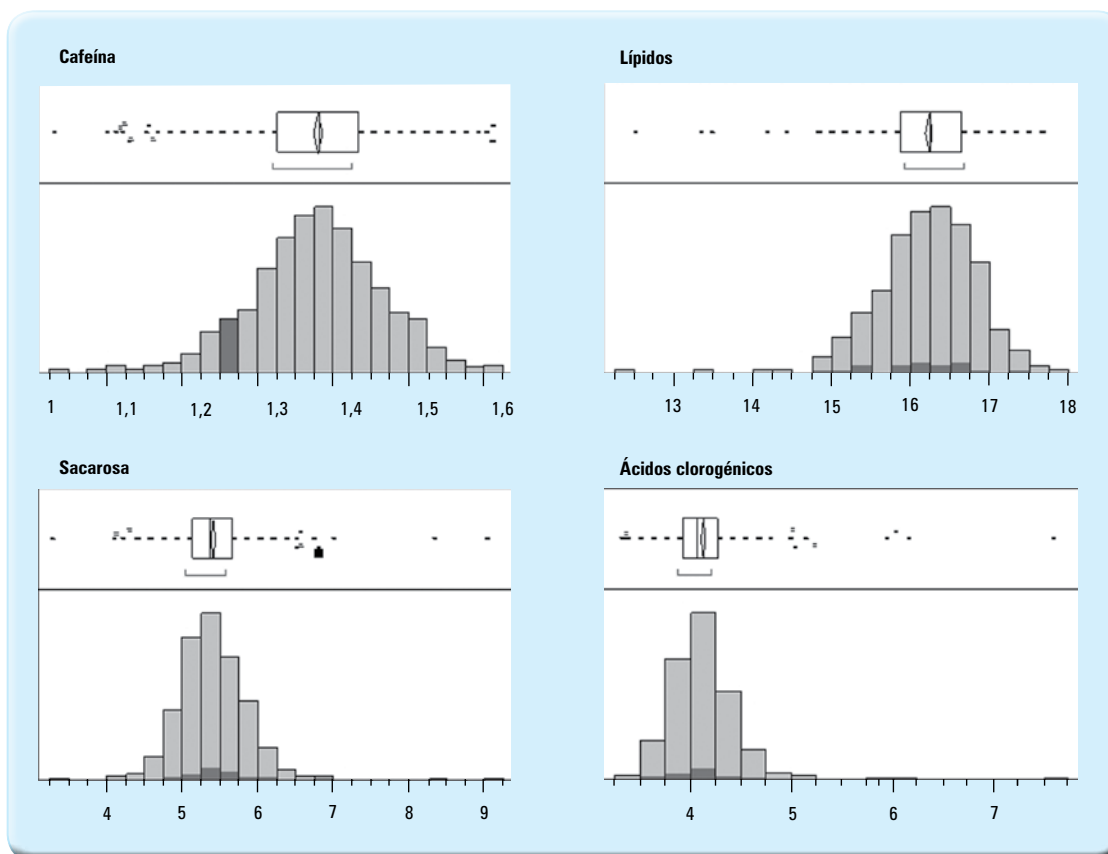


Figura 68. Distribución de las progenies F3 de Caturra x Etiopía 910, en la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), con base en los contenidos de compuestos químicos estimados por NIRs.

internacional del IRD), donde se encuentra al menos un gen de resistencia a la roya, derivado de la planta DI.200 (Cat x Híbrido de Timor). Se adicionaron cinco nuevos marcadores microsatélites, provenientes de *C. canephora*, al mapa de ligamiento de esta región de resistencia identificado en la población F2 de Caturra X DI.200. También se identificaron nuevos marcadores que permitirán refinar el mapeo de los genes involucrados con la resistencia. Paralelamente, se aislaron diferentes fragmentos genómicos, a partir de una librería BAC del híbrido de Timor, siguiendo una estrategia de *PCR pooling*. Estos fragmentos servirán para validar la localización física de la resistencia.

Caracterización del germoplasma. Utilizando las muestras recolectadas en la cosecha del 2010, se caracterizaron los granos de 100 introducciones de la Colección Colombiana de Café (MEG1601 y MEG1602). En las Figuras 70 y 71 se presenta la distribución

de los frutos vanos y los granos caracol para los dos experimentos.

Se observa que la variación en las dos características es similar en ambos experimentos. La frecuencia de frutos vanos está dentro de los rangos aceptados comercialmente, sin embargo, los granos caracol que tienen como media 59% (Meg 1601) y 66% (Meg 1602) son muy altos, si se tienen en cuenta para la selección referencias de frecuencias inferiores al 10%.

El tamaño de grano, medido como promedios de porcentaje de café supremo (café retenido en una zaranda de orificios circulares de 17/64") debe ser superior a 65%. En la Variedad Castillo® es superior al 70%. En estas accesiones se encuentra una amplia variación, y aunque la media es muy baja, alrededor del 40%, hay accesiones con tamaños superiores a 80%.

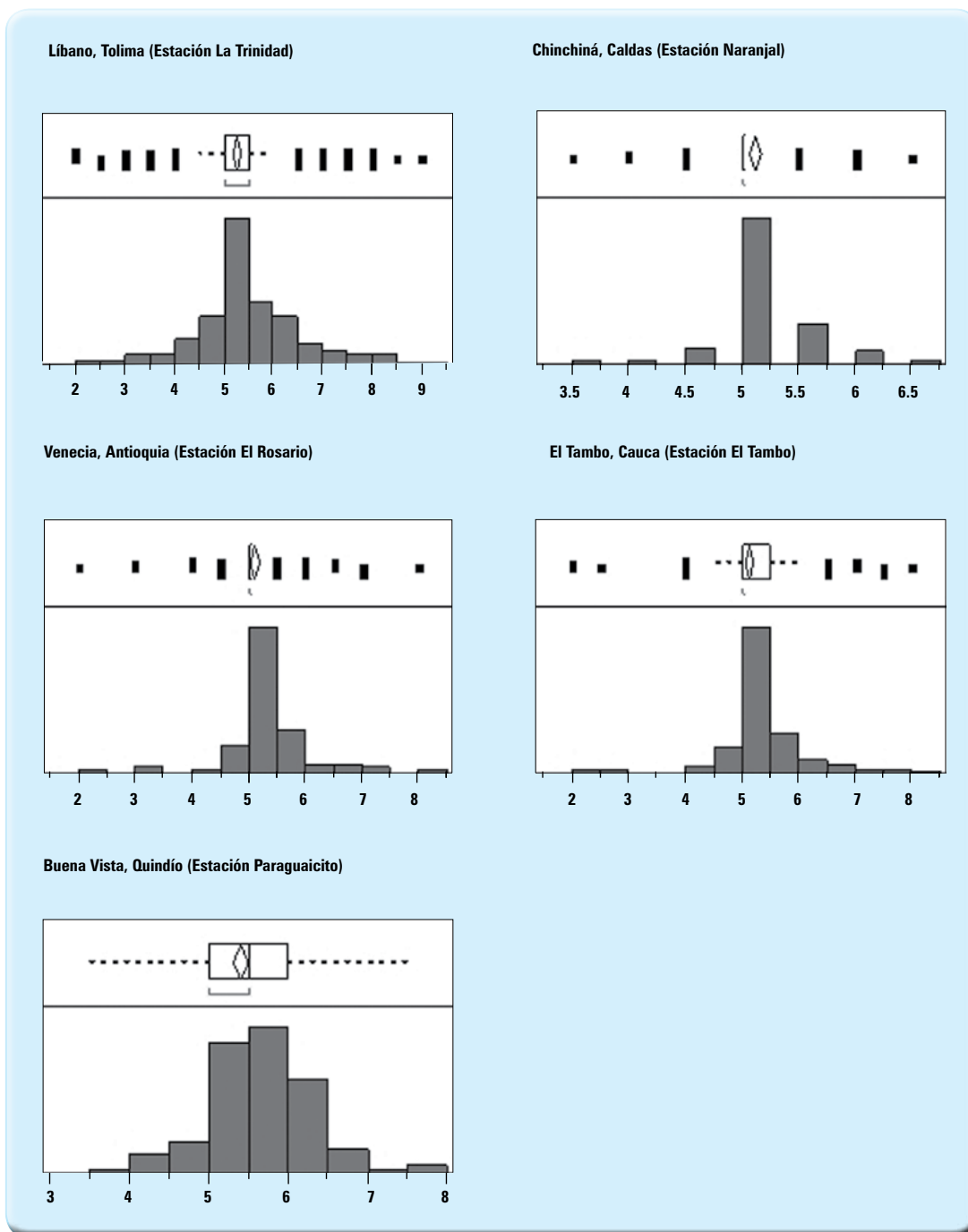


Figura 69. Calidad en taza de plantas F3 de Caturra x Et 910, en cinco Estaciones Experimentales de Cenicafé.

En el Experimento MEG0671 se iniciaron la caracterización y evaluación fenotípica y molecular de las 18 accesiones de *C. liberica* presentes en la Colección Colombiana de Café (CCC). Hasta ahora se han evaluado 30 combinaciones de marcadores de Sitios Intermedios de Unión del Primer

(iPBS), que son altamente informativos, los cuales serán utilizados para determinar la variabilidad genética intra-específica. Igualmente, se inició la caracterización morfológica de hojas, ramas y frutos de las distintas accesiones de *C. liberica* de la CCC.

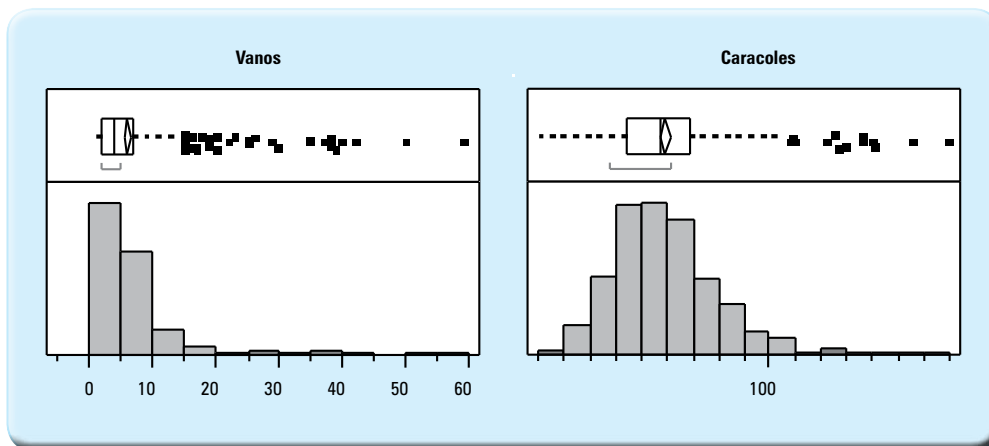


Figura 70. Distribución de las características de los granos de 100 introducciones de la Colección Colombiana de Café de grano. Experimento MEG1601.

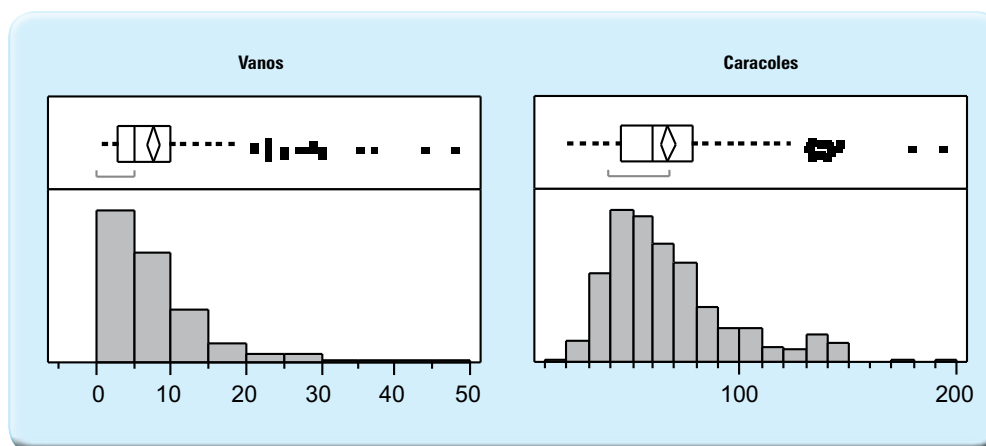


Figura 71. Distribución de las características de los granos de 100 introducciones de la Colección Colombiana de Café de grano. Experimento MEG1602.

DESARROLLO DE GENOTIPOS

Resistencia a roya. Se terminó la evaluación de 18 progenies F1, de segundo retrocruzamiento de *C. arabica* x (*C. arabica* x *C. canephora*), de plantas seleccionadas por su alta resistencia a la roya (Experimento MEG0661), pero que tienen algunos defectos agronómicos que no permiten avanzar sus progenies en un programa para la obtención de líneas mejoradas, sin que estos defectos se mejoren. Se encontró que el 10% de las plantas nunca presentaron roya y alrededor del 17%, tuvieron calificaciones muy bajas, de 1 a 2 en la escala de 0 a 9 Eskes y Braghini, mientras que la variedad Caturra, tuvo calificaciones máximas, en su mayoría superiores a 6. Todas las progenies fueron, como se espera, de porte bajo, sin embargo, algunas fueron estadísticamente

más grandes que la Variedad Colombia ($p < 0,05$), entre las que se encuentran dos progenies muy resistentes, dentro de ellas, se seleccionarán las plantas más bajas. La frecuencia de frutos vanos fue del 11%, superior al de las variedades comerciales, algunas progenies fueron estadísticamente superiores en cuanto a granos vanos, en comparación con la variedad Colombia, por lo que fueron descartadas. La frecuencia de granos caracol fue del 14%, y cercano al aceptado comercialmente, aunque estadísticamente todas fueron superiores a la variedad Colombia. Sin embargo, se encuentran muchas plantas de buenas características, con porcentaje de granos caracol dentro de lo aceptado comercialmente (12%). En este experimento, no será una característica crítica para selección. El tamaño de grano promedio del experimento fue de 61%, y todas las progenies fueron estadísticamente iguales al testigo. Las producciones

de las progenies fueron estadísticamente iguales o superiores a las de la variedad Colombia ($p < 0,05$), lo cual puede ser consecuencia del vigor híbrido que todavía se manifiesta. Por el contrario, la producción de la variedad Caturra, como resultado de la epidemia de roya, fue de las más bajas. Al hacer el análisis conjunto de todas las características, se seleccionaron 18 plantas pertenecientes a cuatro progenies, las cuales tuvieron calificaciones máximas de roya, menores a 2, buenas características agronómicas (1,4 m de altura promedio a los 23 meses) y de grano (6,9% promedio de vanos, 14,2% promedio de caracol y 74,6% de supremo) y alta producción (Tabla 25). Con ellas se avanzará la próxima generación.

Para mantener la resistencia a la roya, frente a las nuevas razas del patógeno, se está buscando ampliar los genes de resistencia; especialmente incorporar en las variedades el gen SH_3 , proveniente de *C. liberica*, para lo cual se tienen plantas F1 (Experimento MEG0291), preseleccionadas, usando marcadores moleculares asociados a la resistencia (selección asistida).

Resistencia a la enfermedad de las cerezas del café (CBD). Los resultados de las pruebas de resistencia de este año, se presentan en la Tabla 26. Se emplearon los aislamientos de Camerún, Kenia y Zimbabwe (Z1, Z12). El aislamiento de Zimbabwe Z9, utilizado hasta el año pasado, se cambió por el aislamiento Z12, debido a su mayor virulencia. Cuatro plantas de la población F2 de Caturra x HT1343 fueron resistentes a los cuatro aislamientos de CBD, incluyendo el de Camerún, que es el más agresivo. De las 72 evaluadas, 34 presentaron resistencia a por lo menos uno de los aislamientos.

Resistencia a broca. En el Experimento MEG2201, se evaluaron para resistencia a la broca, 21 cruzamientos y cinco introducciones etíopes, en condiciones controladas. Se encontró que las introducciones etíopes usadas como padres para los cruzamientos, mantienen las características de resistencia que presentaron en experimentos anteriores. Hubo cinco progenies destacadas, cuyos resultados fueron consistentes en las dos evaluaciones realizadas (Figura 72).

Tabla 25. Características de las plantas seleccionadas en el Experimento MEG0661.

Cruzamiento	Planta	Producción acumulada	Vanos	Caracoles	Supremo	Roya V/máx	Altura (23 m)	Altura (35 m)
DF.146 x MEG642.504	36	24,8	10,3	17,0	81,5	3	160	210
DF.146 x MEG642.504	270	20,6	12,2	14,0	76,7	1	120	160
DF.99 x MEG642.267	147	20,1	6,8	19,0	71,3	2	125	180
DF.99 x MEG642.267	148	10,6	9,0	18,8	62,9	1	110	165
DF.99 x MEG642.267	150	14,6	10,3	17,9	70,6	1	110	165
DF.99 x MEG642.267	245	10,0	9,7	18,2	71,9	1	110	150
MEG160.1126 x MEG642.267	1	17,7	4,8	12,6	74,8	0	170	210
MEG160.1126 x MEG642.267	2	19,9	3,7	12,8	60,0	0	145	195
MEG160.1126 x MEG642.267	8	17,6	6,8	15,8	62,6	0	180	205
MEG160.1126 x MEG642.267	393	12,7	6,0	11,8	76,0	0	145	200
MEG160.1126 x MEG642.267	395	19,6	3,6	14,7	83,0	0	145	195
MEG160.1126 x MEG642.267	399	16,7	6,3	12,6	80,9	0	155	190
MEG160.1126 x MEG642.427	186	29,9	9,0	12,9	71,9	2	160	215
MEG160.1126 x MEG642.427	361	31,4	4,6	15,8	69,5	1	140	200
MEG160.1126 x MEG642.427	364	30,1	5,3	10,1	85,6	2	135	205
MEG160.1126 x MEG642.427	366	32,0	8,1	13,2	81,8	0	150	205
MEG160.1126 x MEG642.427	367	31,0	4,2	9,5	83,5	0	135	200
MEG160.1126 x MEG642.427	368	24,3	4,2	8,6	77,7	0	130	200
Promedio		21,3	6,9	14,2	74,6		140,3	191,7

Tabla 26. Genotipos con resistencia (R) a aislamientos de *Colletotrichum kahawae* en progenies de Cat x HT.

Cruzamiento	Progenitor	Planta	Cam1	Que2	Zim1	Zim 12
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	54		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	56		X	X	
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	62		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	64		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	67		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	77		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	78			X	
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	87		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	93		X	X	
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	103		X		
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	105		X		
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	114		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	116	X	X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	121	X	X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	130	X	X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	134		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	136		X		X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	150		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	156		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	165	X	X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	169		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	177		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	188		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	189		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	192			X	
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	198		X	X	
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	205		X	X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	213		X	X	
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	223			X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	228			X	X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	236		X		X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	237				X
Ca x H.de T. Ar.1322	MEG14.06	240		X	X	
Ca x H.de T. Ar. 1323	MEG14.06	311			X	

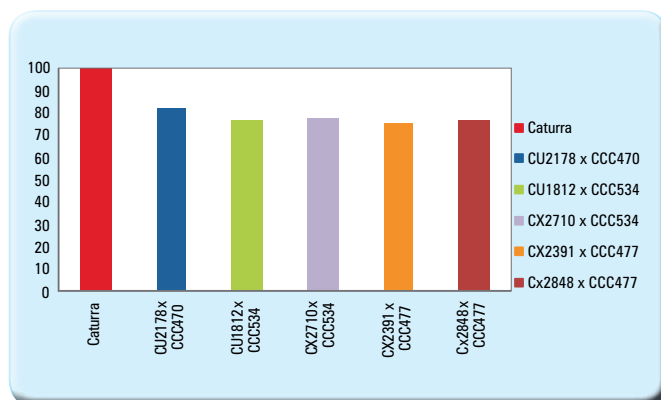


Figura 72. Porcentaje de brocas por grano en la F1 con respecto a Caturra. Promedio de dos evaluaciones

En otros experimentos, se evaluaron de 439 plantas de seis poblaciones de cruces de Caturra x E-348 (C x E-348) y Caturra x E-554 (C x E-554). Teniendo en cuenta todas las evaluaciones, se estimó el promedio y la frecuencia de brocas por grano en los progenitores, a los 28 días después de la infestación-DDI (Tabla 27). El promedio de brocas por grano más alto lo tiene Caturra, mientras que en las introducciones etíopes se encontró una reducción en el número de individuos, cercano al 80%. Esta diferencia es consistente con los resultados de la evaluación de la F1 y en caracterización de etíopes.

Dado que las evaluaciones se realizaron en grupos, para el análisis de frecuencias la información se unificó teniendo como base las brocas por grano en Caturra. Se estimó la proporción de individuos encontrados en cada progenie, con respecto a los encontrados en la variedad, siendo la respuesta en Caturra igual a 100%. Posteriormente, se construyó la distribución de diferencias con respecto a Caturra, para cada cruzamiento y subpoblación.

El comportamiento de los dos cruzamientos mostró una distribución normal, con límites por encima del padre susceptible e inferiores al resistente (Figura 73). Esta distribución es típica de caracteres de variación continua, como se supone son los de la resistencia. Se destaca que en ambos cruzamientos, la media de la población tiende al progenitor etíope, lo que hace que el 53% de las plantas evaluadas del cruce C x E-348, y el 62% del C x E-554, muestren diferencias significativas con respecto al número de individuos desarrollados en Caturra (según prueba de Dunnett $P < 0,05$). De éstas, 60 de 154 plantas F2 evaluadas del cruce C x E-348, poseen porcentajes respecto a Caturra inferiores a 80% (Tabla 25), y 146 de las 283 del cruzamiento C x E-554, es decir, que una alta proporción de individuos de estas poblaciones, tiene diferencias iguales o superiores a las que presentan sus respectivos progenitores etíopes.

Tabla 27. Comportamiento de los progenitores y de las poblaciones de cruzamiento de Caturra por E-348 o por E-554.

Genotipo	Código de la población	Número de plantas F2	No. Plantas evaluadas	Brocas/grano ¹	Porcentaje respecto a Caturra ²	Plantas ³ resistentes
Caturra			76	40,0 (6,0)	100,0	
E-348			31	31,8 (5,2)	78,5	
E-554			51	32,0 (4,6)	78,8	
C x E-348	7	80	6	36,2 (0,5)	90,2	0
	13	180	89	33,4 (4,9)	83,0	35
	15	160	59	29,1 (5,1)	81,8	25
C x E-554	6	170	112	31,7 (4,6)	80,6	47
	8	120	84	31,9 (3,8)	73,9	65
	18	170	87	33,4 (3,7)	81,2	34

¹ Promedio (Desviación estándar)

² Porcentaje promedio

³ Número de plantas con diferencias significativas con Caturra (Dunnett $P < 0,05$), y respecto a Caturra $\leq 80\%$.

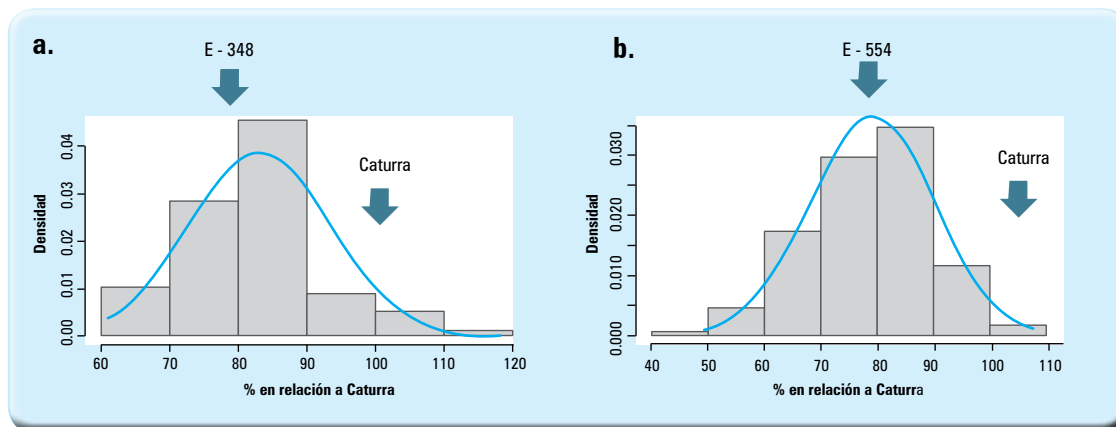


Figura 73. Histograma de frecuencias de la proporción de brocas respecto a Caturra, de los cruzamientos C x E-348 (a.) y C x E554 (b.). Las flechas indican donde se ubican los padres.

Efecto de proteínas de unión a vitaminas en el desarrollo de *Hypothenemus hampei*. Se identificaron dos proteínas, la avidina y la estreptavidina, que intervienen bloqueando la disponibilidad de vitaminas en la dieta de la broca, las cuales son esenciales para el normal crecimiento y desarrollo del insecto. En bioensayos realizados con larvas en dietas que contenían una de estas proteínas, se obtuvo un 100% de mortalidad a los 16 días de haberlas ingerido (Figura 74). Esto indica que los genes que codifican la producción de la avidina o la estreptavidina pueden utilizarse para la producción de una variedad de café resistente.

Efecto del inhibidor de aspártico proteasa de *Lupinus bogotensis* (IAPLb) en el desarrollo de *Hypothenemus hampei*. Debido a que en la digestión de las proteínas en el tracto digestivo de este coleóptero intervienen aspártico proteasas, su inhibición es promisorio para el control del insecto. Por esto, se purificó y caracterizó un inhibidor de aspártico proteasas aislado de semillas de *Lupinus bogotensis* (IAPLb), altamente efectivo *in vitro*, para inhibir las aspártico proteasas de la broca del café, con una concentración inhibitoria media (CI_{50}) de 2,9 μg . Se optimizó la expresión y purificación del IAPLb recombinante en la cepa Star de *E. coli*. Las mejores condiciones para la expresión del inhibidor son el medio Luria Broth (LB), con una concentración de 1 mM de isopropil- β -D-tiogalactósido (IPTG), a 28°C durante 4 h. Para la purificación, la resina Ni-NTA mostró una mayor recuperación del IAPLb, el búfer TSC pH 8,0 20 mM de imidazol favoreció la eliminación de proteínas contaminantes, la elución del IAPLb se consiguió con

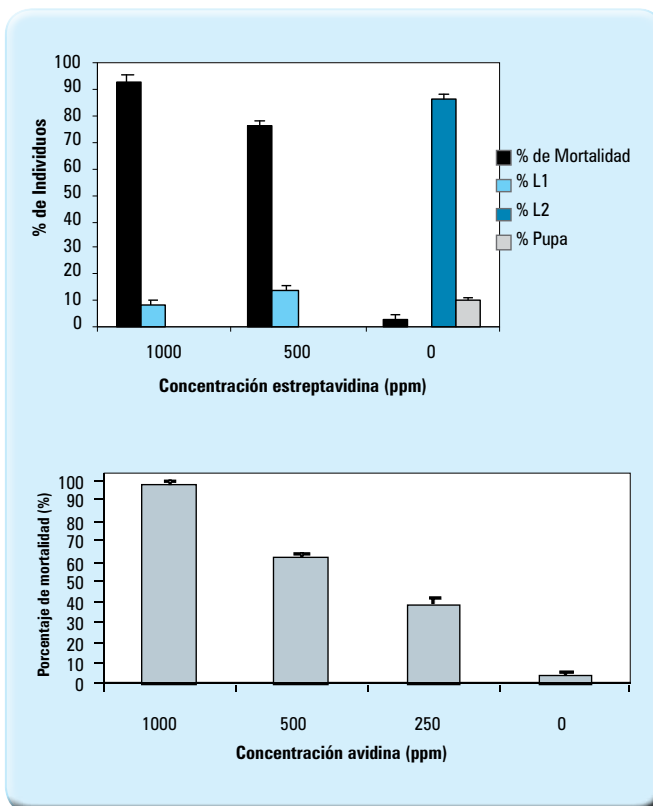


Figura 74. Efecto de la concentración de las proteínas de unión a vitaminas, estreptavidina y avidina, sobre *Hypothenemus hampei*.

250 mM de imidazol, y por último, las membranas de ultrafiltración de 30 y 5 kDa, separaron las proteínas contaminantes, obteniéndose el IAPLb puro con un rendimiento de 9 mg/L de medio de cultivo.

Se evaluó el efecto del IAPLb recombinante en el desarrollo y crecimiento de la broca del café, en concentraciones de 0%, 1,0% y 1,5% (p/p). Las dietas se infestaron con 48 huevos y se evaluaron diariamente. Se observó un retraso en el crecimiento de las larvas alimentadas en medios con 1% del inhibidor frente al control; a los 9 días las larvas se encontraban en el estado 1, mientras que en el control estaban en el 2. La mortalidad de las larvas alimentadas con 1,5% fue de 39%, a los 4 días, y de 96% a los 15 días (Figura 75).

Con la finalidad de transferir el gen que codifica el IAPLb a café, se regeneraron mediante embriogénesis somática indirecta, los once componentes de la Variedad Castillo® Naranjal (CX.2720, CU.1855, CX.2848, CU.1842, CX.2178, CU.1970, CX.2385, CU.1827, CX.2710, CU.1997 y CU.1812), a partir de explantes foliares de plantas en el campo y de plántulas *in vitro*. Se regeneró tejido embriogénico (TE) de los genotipos CU.1991, CU.1953, CU.1812 y CX.2178 y de embriones somáticos de los genotipos CU.1991, CU.1953, CU.1812, CX.2720, CX.2848, CU.1970, CX.2178, CU.1997, CX.2385 y CX.2710. Se confirmó que la capacidad embriogénica de *Coffea arabica* depende del genotipo y del origen del explante: Los explantes *in vitro* presentaron un porcentaje embriogénico mayor que los explantes de campo. Se regeneraron entre 80 a 150 embriones cigóticos de los once componentes de la Variedad Castillo® para producir plántulas *in vitro* que se utilizarán como fuente de explantes para la regeneración de TE. Se propagaron 12,2 g y 16 g de

TE de los genotipos CU.1991 y CU.1953 de variedad Colombia, respectivamente, el cual se cocultivaré con *Agrobacterium tumefaciens* para la inserción del gen del IAPLb. Se propagaron 85 plántulas de *Nicotiana benthamiana* que se utilizarán como control en los ensayos de transformación genética. Se insertó el gen del IAPLb en el vector de transformación pCambia1305.2 con el promotor constitutivo del virus del mosaico de la coliflor (CaMV35S) y en el vector pC1391z con el promotor específico de la semilla, la arabicina.

OTRAS INVESTIGACIONES

Aplicación industrial de la mananasa. En investigaciones anteriores se identificó y aisló la endomananasa, enzima que se encuentra en el intestino de la broca y participa en la degradación de los mananos del café. Se busca usarla para reducir los sedimentos en extractos concentrados de café y prevenir la formación de sedimentos que afectan la aceptación de extractos concentrados de café por parte de los clientes de Buencafé. Esto sin afectar la inocuidad del extracto. En este año 2011 se inmovilizó la enzima a un soporte catalítico lo que permite su reutilización, durante varios ciclos.

Denominación de Origen del Café de Colombia. Dentro del proyecto "Implementación de una estrategia de Denominaciones de Origen del Café de Colombia"

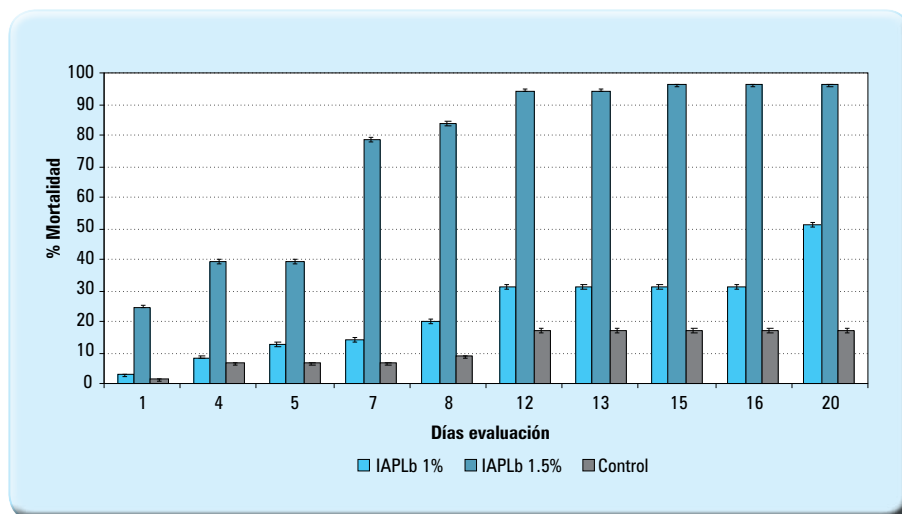


Figura 75. Efecto del IAPLb en la mortalidad de larvas de *Hypothenemus hampei*, usando la dieta de Portilla y Streett. Las barras muestran el promedio y la desviación estándar.

(CO-M1051) financiado con recursos del convenio Fondo Multilateral de Inversiones – Banco Interamericano de Desarrollo – Federación Nacional de Cafeteros, se identificó y cuantificó la adulteración del café de Colombia en café tostado. Los modelos de clasificación presentan un error de predicción del 7%, el cual se disminuirá en la medida que se dispongan de un mayor número de muestras de orígenes diferentes al colombiano. Se demostró la capacidad analítica de la Técnica NIRs para la identificación de adulteraciones y cuantificación del porcentaje de mezcla de café de Colombia con muestras de café arábica de otros orígenes en café tostado. Con esta técnica se puede iniciar un proceso de control de calidad de café tostado en la Federación Nacional de Cafeteros, y garantizar la procedencia del “Café de Colombia” (Figura 76).

En muestras de la cosecha del año 2009, en siete departamentos cafeteros, se cuantificaron 11 elementos minerales en el grano de café verde. Los contenidos permitieron clasificar las muestras de los departamentos de Cauca y Huila con 90,6% y 80,0% de predicción respectivamente, lo cual es promisorio como herramienta

complementaria en la identificación del Origen del Café de Colombia.

Con el objetivo de cuantificar los lípidos totales y su composición en ácidos grasos mayoritarios, en muestras de café verde tomadas durante la cosecha 2009, dentro del proyecto DOP, en los departamentos de Cesar, Magdalena, Santander, Huila, Cauca y Nariño, se realizó la extracción, saponificación, metilación y el análisis cromatográfico. Los resultados mostraron que los ácidos grasos mayoritarios y los lípidos totales discriminaron por origen geográfico en un 94,17%.

Se elaboró el Pliego de Denominación de Origen del Café de Huila, en el cual se describen aspectos geográficos, fisiográficos y climáticos, y se caracteriza la caficultura del departamento en sistemas de producción, aspectos sociales y su relación con la calidad del café y la reputación que ha obtenido en los últimos años (Figura 77). Durante los meses de mayo y junio de 2011, se tomaron muestras de 298 fincas en el departamento de Tolima, de acuerdo a los protocolos utilizados en la fase de campo durante los diferentes períodos del proyecto.

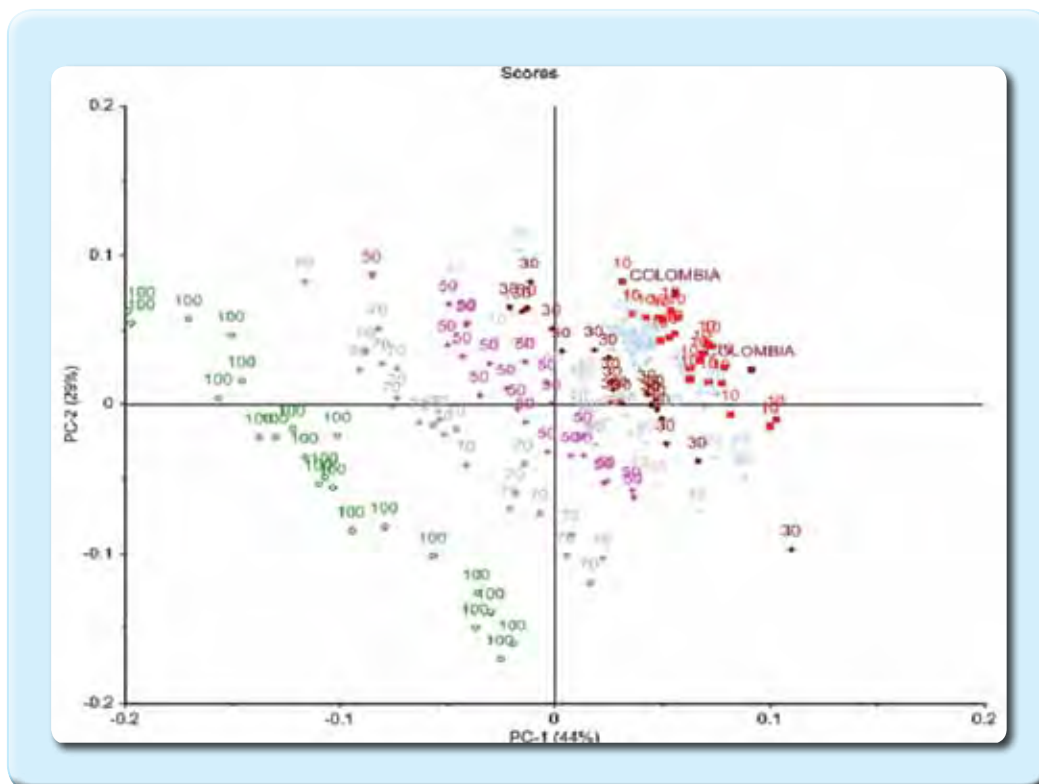


Figura 76. Separación por NIRs, de muestras de café de Colombia de otros orígenes.

Por último, los desarrollos realizados en NIRs están siendo transferidos a la Fábrica de Café Liofilizado

Buendía, para caracterizar la calidad de las materias primas: consumos y pasillas.

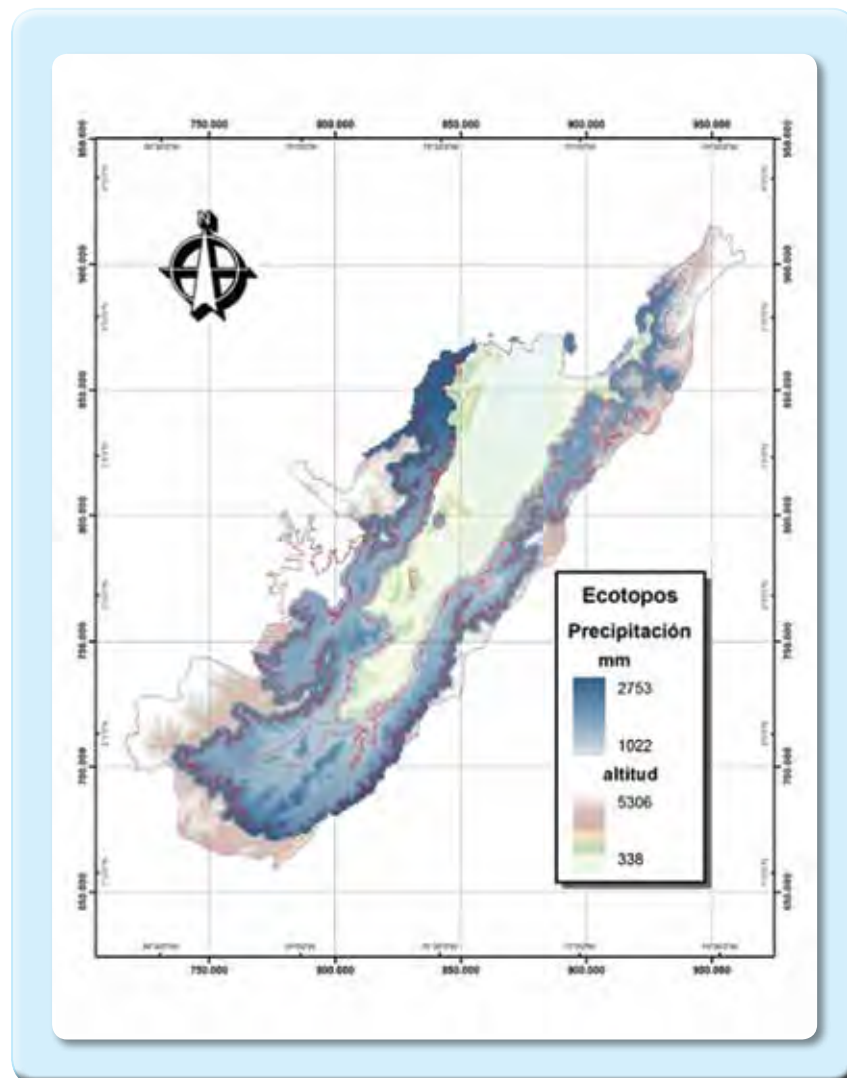


Figura 77. Distribución de la precipitación en la zona cafetera del departamento del Huila.



El reto de los estudios fisiológicos y eco-fisiológicos se centra en aspectos que contribuyan a que la caficultura Colombiana mantenga su competitividad, sostenibilidad, rentabilidad, calidad y valor agregado de sus productos, lo cual redundará en beneficio del caficultor.

El entendimiento de los mecanismos relacionados con la productividad vegetal permitirá en el marco de un trabajo multidisciplinario activo, obtener plantas más eficientes en el uso de los recursos limitantes para alcanzar dicha productividad. El incremento acelerado del valor de los combustibles fósiles y, por lo tanto, de sus productos asociados, como fertilizantes nitrogenados, constituye uno de los factores determinantes y limitantes para la rentabilidad de un cultivo. Lo cual conduce al desarrollo de investigaciones que permitan obtener plantas más eficientes en su utilización o la implementación de prácticas agronómicas más eficaces y amigables con el medio ambiente.

De igual manera, el reto de contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático, particularmente de los sistemas de producción cafetera, permitirá el ingreso de la cadena productiva del café en el mercado internacional del carbono, lo cual va a generar ingresos adicionales y contribuirá al mejoramiento de las condiciones ambientales y sociales del entorno cafetero.

Adicionalmente, la Disciplina ha profundizado en el conocimiento de los mecanismos moleculares y factores

medioambientales relacionados con la inducción y rompimiento de la latencia de los botones florales de café.

CAFÉ

Productividad del cafeto y su relación con la eficiencia en el uso del nitrógeno. Ante la necesidad de reducir los efectos adversos que sobre el ambiente genera el uso indiscriminado de agroquímicos y fertilizantes, es necesario tomar medidas pertinentes que conduzcan al uso racional y eficiente de éstos. Particularmente, en los últimos años se han evaluado alternativas que permitan aumentar la eficiencia en el uso de los nutrientes por los cultivos, y en especial del N, toda vez que dicho nutriente es uno de los factores determinantes de la producción agrícola. Sin embargo, estas alternativas han sido adaptadas a cultivos semestrales pero no a cultivos perennes, como el café.

En tal sentido, para este cultivo son pocos los antecedentes de investigaciones al respecto y, por lo tanto, se han establecido algunos estudios tendientes a identificar características fisiológicas relacionadas con el uso eficiente del N de algunos genotipos de café.

Hasta la fecha, los resultados de una primera etapa de investigación en invernadero muestran que independientemente del genotipo, aquellos sin aporte exógeno de N fueron más eficientes en la absorción ($EABN = N \text{ absorbido} / N \text{ del suelo}$), utilización ($EUTN = \text{peso seco de la planta} / N \text{ absorbido}$) y uso del N ($EUN = \text{seco de la planta} / N \text{ del suelo}$). Las diferencias en las relaciones de eficiencia entre plantas sin y con aporte de N estuvieron asociadas con variaciones en la distribución del N y la biomasa. En este caso y con relación a las plantas con N, aquellas sin N acumularon del N y la biomasa total una proporción significativamente en la raíz.

Los resultados de la etapa de campo indican que independientemente del genotipo, la eficiencia en la absorción del N a través del tiempo se incrementó cuando no se hizo aporte exógeno de N; en tanto que no se observó una variación que permita deducir que un genotipo particular es más eficiente bajo determinada condición de oferta de N.

Aunque en los primeros estados de desarrollo de los genotipos BH1246, CU1825 y CX2178 se observó una aparente diferencia en la eficiencia en la utilización del N, cuando se sometieron a variaciones en la oferta de N, luego de esta época no se registraron variaciones significativas en dicha relación de eficiencia. Una tendencia similar se registró cuando se comparó la variación de la EUTN entre genotipos bajo la misma oferta de N.

Independientemente del genotipo, se observó que la EUN fue mayor cuando no se hizo aporte exógeno de N; no se registró que la EUN haya presentado variaciones entre genotipos cuando éstos fueron sometidos a la misma oferta de N.

Metabolismo del Carbono y relación Fuente – Demanda en el cafeto (*Coffea arabica* L.). En el informe 2010, se reportó el establecimiento de la metodología de marcación del material vegetal con $^{13}\text{CO}_2$ (isótopo estable no radiactivo del Carbono) para los experimentos 1 y 2, en los que se utilizaron los genotipos CX2178 y BH1247 de la Variedad Castillo® El Rosario, y sobre los cuales se pretendió estimar el momento en el cual la hoja de café pasa de ser demandante a fuente de carbohidratos, así como la determinación de la temperatura óptima para el movimiento de los asimilados fabricados en el proceso fotosintético, respectivamente. En el presente

informe se mostrarán los resultados de la metodología de marcación con $^{13}\text{CO}_2$ para el experimento 3, el cual trata de explicar el movimiento de los asimilados en la etapa reproductiva del café en el campo. Igualmente en este año, para los tres experimentos, se hicieron todas las determinaciones bioquímicas de almidón, azúcares, lípidos, proteínas, celulosa y materia orgánica, para los diferentes órganos constitutivos de las plantas (hojas, tallo, ramas, raíces y frutos divididos en tres tamaños de acuerdo con su desarrollo), con el fin de observar bajo los diferentes tratamientos la marcación o no con $^{13}\text{CO}_2$ de cada metabolito, de acuerdo con tiempos diferenciales de muestreo, así como su cuantificación.

El análisis inicial de los resultados detectó que la metodología de marcación y seguimiento con $^{13}\text{CO}_2$ de los metabolitos sintetizados es adecuada, al encontrar diferencias estadísticas entre tratamientos para los diferentes experimentos. Con esta metodología se observó que parte del CO_2 que ingresa en el día a la maquinaria bioquímica y fotosintética es regresada al ambiente como producto del proceso respiratorio, que finalmente se verá reflejado en desarrollo, crecimiento y acumulación de materia seca por la planta (Figura 78).

Ajuste, validación y ampliación del modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico – CREFT. Hoy se conoce que la expansión del sector forestal en Colombia desde una perspectiva productiva, social y ambiental, tiene grandes posibilidades. La incorporación de las áreas identificadas en los estudios de zonificación, particularmente en las zonas de ladera, las riveras de los ríos en los valles interandinos y en la Orinoquía, son una alternativa social y productiva, pues se incrementaría la demanda de mano de obra, aumentarían los volúmenes exportables de madera en rollo y transformada, se restaurarían áreas degradadas al amortiguar y regular los ciclos hidrológicos de las cuencas, se haría una contribución importante a la mitigación del cambio climático, por la fijación de los excedentes de dióxido de carbono a la atmósfera, y por la incorporación al mercado de reducción de emisiones se obtendrían ingresos adicionales. De igual manera, se protegerían los bosques nativos y con los nuevos bosques plantados se daría protección a la gran biodiversidad existente en el país. Sin embargo, para que disminuya la incertidumbre por parte de los inversionistas, es necesario desarrollar herramientas que permitan de manera *ex ante* ayudar a la toma de decisiones sobre la productividad, la rentabilidad y las

externalidades positivas y negativas de este tipo de proyectos, que en general, son de mediano y largo plazo.

Con base en lo anterior, se desarrolló el modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico - CREFT, obteniendo la información a través de una metodología unificada para la mayoría de especies de interés de la cadena. Este tipo de modelo ayuda a la comprensión de las interacciones genético-fisiológico-ambientales, con una estrategia interdisciplinaria, y permite definir estrategias de producción en la etapa de planificación de una nueva siembra o ayudar en la toma de decisiones durante el ciclo del cultivo, tales como prácticas culturales, riego y fertilización, entre otros. Al modelo se incorporaron 12 especies de interés para los actores de la cadena, se identificaron las interacciones reales entre las diferentes especies y los flujos de energía, agua, carbono y nutrientes, en el contexto suelo-planta-atmósfera, generando conocimiento básico que se traduce en funciones matemático-estadísticas y algoritmos debidamente organizados en un modelo de simulación por procesos, ajustado y validado, el cual estará enlazado con sistemas de información geográfica, y funcionará como una herramienta de simulación espacio/temporal dinámica, de uso cotidiano en los procesos productivos en pos de incrementar la productividad y la rentabilidad, de apoyo para la incursión en nuevos mercados como el de reducción de emisiones, y garantizar la sostenibilidad del sistema al realizar análisis *ex ante* sobre las externalidades positivas y negativas del mismo.

Adicionalmente, se creó el software SimClim auxiliar al software CREFT, que facilita la estimación de datos climatológicos para series de estaciones que presenten datos faltantes y que son necesarios como insumo para muchos estudios biológicos del café y especies asociadas.

Este proyecto inició en el 2008 y finalizó en el 2011. La siguiente fase continuará para el año 2012 y busca incorporar todas las variables relacionadas con la eficiencia en el uso del agua y la resistencia a la sequía; así mismo, estará enlazado a sistemas de información geográfica. Los resultados podrán ser incorporados al modelo general, de tal forma que se puedan simular experimentos en todas las especies. Además, se podrán hacer evaluaciones de germoplasma y seleccionar genotipos desde etapas tempranas del cultivo (vivero), de tal forma que se logre incrementar la productividad

a través de la disminución en la mortalidad y mejor adaptación a las condiciones extremas de cultivo. Puesto que el programa y sus proyectos incorporados se desarrollarán en las principales regiones, núcleos forestales y especies de interés para la cadena, los resultados obtenidos podrán ser utilizados a nivel nacional, tanto para los actores de la cadena como para quienes definen las políticas sectoriales.

Café “Carbono Neutro”. Las metodologías utilizadas en esta investigación se enfocan a balances de carbono, desarrollo normativo y validación de las anteriores en toda la cadena productiva del café de la FNC, para conseguir la valoración del café de Colombia, como café especial con la característica de Café Carbono Neutro.

Huella de Carbono. Culminaron los estudios preliminares de huella de carbono de los productos de la cadena de valor de la FNC, realizados en las diferentes dependencias, que consistieron en la contabilización de las fijaciones y emisiones de gases efecto invernadero que hacen parte del ciclo de vida de los productos, considerando las fuentes de materia prima, insumos, transformación, transporte, uso y disposición final, así: Fincas- café pergamino seco, Cooperativas- café pergamino seco, Almacafé- café excelso, Almacafé Torrefactora- café tostado, Buencafé- café liofilizado y Tienda Juan Valdez- café filtrado; los resultados obtenidos permitieron fortalecer el desarrollo metodológico de



Figura 78. Sistema de medición de intercambio gaseoso en plantas completas y hojas individuales.

la norma y cabe destacar que el análisis del ciclo de vida del producto ha resultado una herramienta eficaz para identificar áreas de mejora, puesto que los resultados obtenidos permiten a los productores mejorar el conocimiento de sus procesos, no sólo desde un punto de vista medioambiental, sino también en términos de eficiencia energética y consecuentemente, de rentabilidad económica.

Balances de carbono en sistemas de producción cafetera. Como complemento a las investigaciones en carbono, se ha venido desarrollando un trabajo conjunto para evaluar el balance en tres sistemas de producción cafeteros: café - guamo, café - plátano y café a libre exposición.

Hasta la fecha se han realizado las cubicaciones de las diferentes especies involucradas en los tres sistemas de producción cafeteros, basándose en la metodología de modelos de crecimiento y captura de carbono de especies en el trópico (CREFT), donde se han obtenido las curvas de crecimiento para la especie plátano. Además, se encuentran en análisis de laboratorio las cantidades de carbono presentes en cada uno de los órganos de las especies en estudio.

Normalización. La fase normativa de esta investigación es complementaria a las demás actividades definidas en la investigación, relacionadas con la medición de la huella de carbono en la cadena de producción, transformación y comercialización de café en Colombia.

Específicamente, se adelantaron las actividades relacionadas con el proceso de elaboración de la Norma Técnica Colombiana para el cálculo de la Huella de Carbono en productos (bienes y servicios). Este componente de la investigación se realizó conjuntamente con el organismo nacional de Normalización el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC.

El documento normativo contiene requisitos para el análisis de las fijaciones y emisiones de GEI del ciclo de vida de bienes y servicios (denominados colectivamente "productos") con base en técnicas y principios de análisis del ciclo de vida. Es aplicable a organizaciones que evalúan las emisiones y remociones de GEI de productos durante su ciclo de vida, y a organizaciones que evalúan las emisiones y remociones de GEI de productos "de la cuna a la puerta". Se especifican

requisitos para identificar los límites del sistema, las fuentes de emisiones de GEI o los sumideros de GEI asociados con productos que se encuentran dentro de los límites del sistema, los requisitos de los datos para llevar a cabo el análisis y el cálculo de los resultados. Lo anterior, a partir de los lineamientos legales existentes en el país, definidos por el Sistema Nacional de Normalización. En esta etapa se definió la estructura, objetivos, alcance, contenido y anexos de la norma técnica (propuesta de norma).

Está pendiente la presentación de la norma al Comité Directivo de ICONTEC, esperando que una vez culminada esta etapa se ratifique como Norma Técnica Colombiana – NTC, en el mes de diciembre de 2011.

Adicionalmente, a partir de esta etapa normativa se estableció la necesidad de generar un documento adicional normativo, que tiene como objetivo, especificar los principios y los requisitos que le permitan a una organización desarrollar e implementar actividades de manera organizada, verificable y sostenible respecto a la gestión del carbono GC de bienes y servicios (denominados colectivamente "productos"). Adicionalmente, permite a las organizaciones que cuentan con un Sistema de Gestión Ambiental – SGA, identificar aspectos específicos que deben tener en cuenta para evidenciar la gestión del Carbono.

Preservando la biodiversidad y contribuyendo a la mitigación y adaptación al cambio climático. El impacto principal del proyecto se relaciona con la conservación de la biodiversidad a través del manejo responsable de los recursos naturales asociados a las actividades agrícolas en los núcleos del programa forestal. Sin embargo, la adaptación al cambio climático representa un desafío para los actores del programa forestal, por tal razón, se ha trabajado en el desarrollo de un sistema de información geográfica-SIG dinámico como herramienta de consulta, en la toma de decisiones y definición de políticas, a través del monitoreo de las plantaciones y la comprensión de los fenómenos ecosistémicos en las subcuencas y microcuencas.

Uno de los objetivos principales del proyecto es garantizar la integridad espacial de la base de datos de las plantaciones del programa Forestal KfW, localizadas en los departamentos Santander, Antioquia, Caldas, Risaralda, Cundinamarca, Tolima, Huila y Cauca (Figura 79).

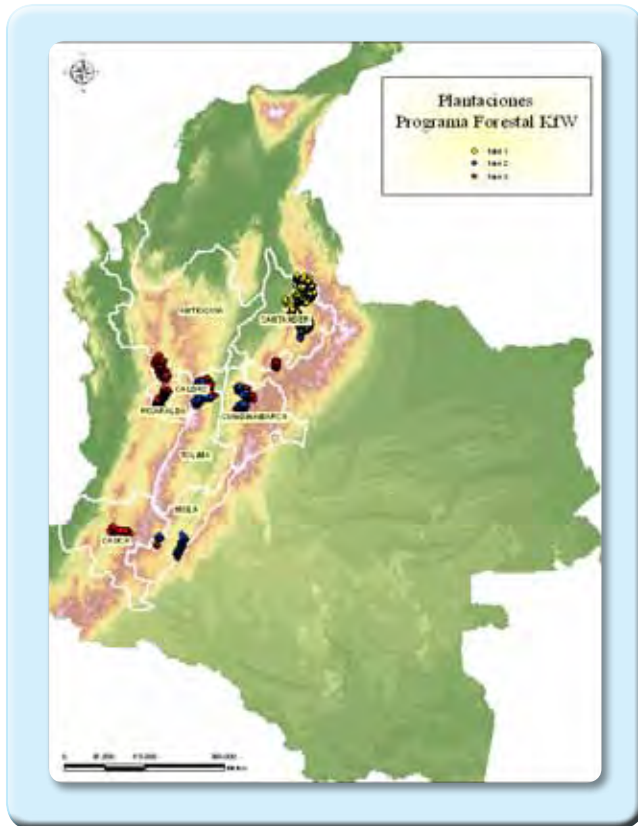


Figura 79. Distribución de los núcleos forestales.

Como parte del proceso de adaptación al calentamiento global, el proyecto emplea tecnologías de percepción remota para:

- Consultar a través del SIG las plantaciones

- Investigar y desarrollar modelos de clasificación de coberturas de uso del suelo
- Analizar los efectos del cambio climático
- Apoyar a los técnicos de campo en la localización y cambios en las plantaciones

La Figura 80, representa el resultado inicial de la caracterización de coberturas presentes en la imagen satelital, utilizando firmas espectrales obtenidas mediante un espectroradiómetro en el campo, en la cual la zona de estudio corresponde a una subárea de la Estación Central Naranjal (sector oriental). Posteriormente, se ha correlacionado la firma capturada en el campo con la firma generada por la imagen satelital (Figura 81).

Caracterización de la aplicación combinada de reguladores fisiológicos y nutrientes foliares sobre la producción de *C. arabica* variedad Castillo®. La presente investigación tiene por objeto determinar el efecto de la aplicación de diez productos catalogados como reguladores fisiológicos (reguladores de crecimiento y bioactivadores), en combinación con la nutrición foliar, sobre la floración y, por ende, sobre la producción del café. Adicionalmente, se han realizado evaluaciones para la determinación de diferentes factores fisiológicos y fitosanitarios que puedan potencialmente afectar la producción.

Actualmente se están completando los registros de la primera cosecha evaluada (correspondiente a la cosecha principal).

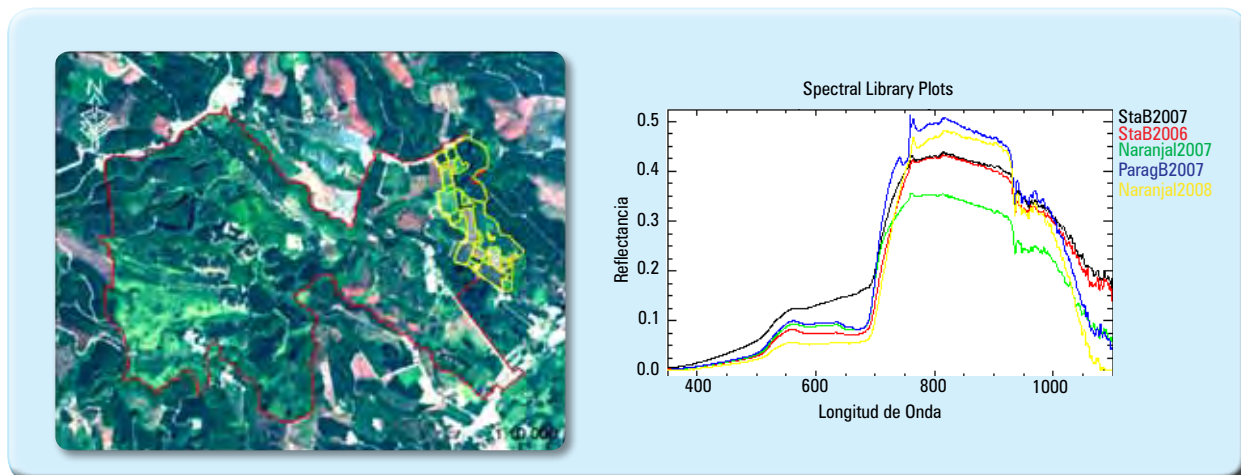


Figura 80. Imagen Satelital vs. Firmas espectrales.

En conjunto con la Disciplina de Entomología, se realizaron las evaluaciones fitosanitarias correspondientes. Se encontró, en promedio dos ramas por árbol afectadas por mal rosado (*Corticium salmonicolor*) y tres por mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*). Paralelamente, entre los meses de abril y mayo, se observó una alta incidencia de frutos necrosados, los cuales fueron catalogados preliminarmente como afectados con mal rosado. Sin embargo, al desprender los frutos se observó una perforación grande en la zona del pedúnculo y asociados a éstos, un complejo de larvas de lepidópteros perforadores (Figura 82).

Mediante observaciones y muestreos sistemáticos, se estableció que el complejo afecta glomérulos localizados en ramas intermedias-bajas, con frutos entre 90-120 días, en cafetales de diferentes edades (entre primera y cuarta cosecha).

Adicionalmente, en el laboratorio se determinó que los lepidópteros asociados a estos síntomas pueden causar diferentes tipos de daño, tanto en hojas como frutos dependiendo de la disponibilidad de alimento. El daño puede ir desde la perforación completa del fruto lechoso hasta lesiones superficiales que causan putrefacción y pérdida total del órgano de la planta (Figura 82). De

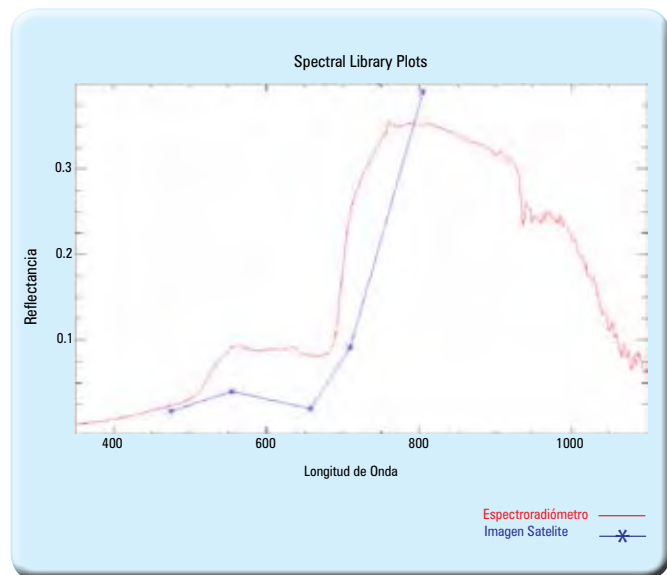


Figura 81. Correlación de firma imagen satelital y espectralímetro.

la misma manera, las larvas consumen el mesófilo de hojas jóvenes y maduras de diferentes estratos del árbol, siendo típicamente conocidos como enrolladores o encartuchadores de hojas (Figura 83).



Figura 82. Tipos de daño causado por el complejo de lepidópteros perforadores en frutos y hojas.

A partir de los especímenes criados en el laboratorio, con la colaboración de los especialistas en Tortricidae, Todd Gilligan Ph.D. (Colorado State University) y John Brown Ph.D. (USDA_Smithsonian), se determinó que dentro de este complejo se encuentran por lo menos dos especies de los géneros *Platynota* y *Argyrotaenia*,

reportados para Suramérica como generalistas sobre la familia Rubiaceae. Adicionalmente, se obtuvieron diferentes especies de parasitoides idibiontes y koinobiontes, potenciales controladores de este complejo de lepidópteros (Figura 84).



Figura 83. Larvas y adultos obtenidos a partir de muestras de glomérulos afectados recolectados en el campo.

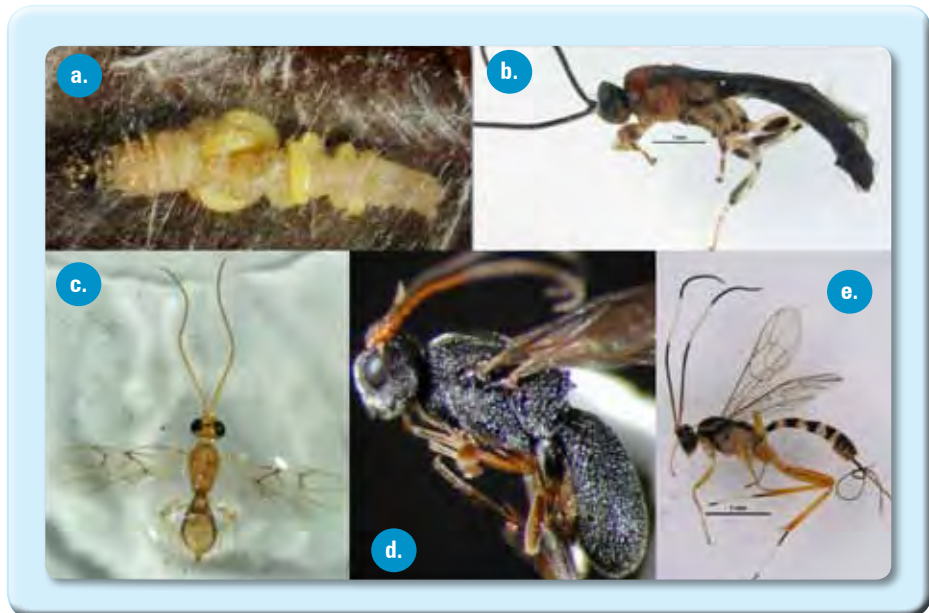


Figura 84. Parasitoides de lepidópteros perforadores. **a.** Larva de *Platynota* sp. parasitada por Braconidae: Hormiinae; **b.** Adulto de Braconidae: Hormiinae; **c.** Ichneumonidae: Metopinae; **d.** Braconidae: Cheloninae; **e.** Ichneumonidae: Banchinae

GENÓMICA DE LA FLORACIÓN DEL CAFETO

Hasta el momento, se han caracterizado bien cada una de las etapas y tiempos del desarrollo floral; sin embargo, entender la floración del cafeto significa identificar y caracterizar los genes que controlan cada una de sus fases y, a su vez, entender los mecanismos ambientales y genéticos que la regulan.

En este contexto, de los genes relacionados con floración identificados hasta el momento en otras especies, se determinó que en café están presentes más del 64%. Se encontraron 91 genes para *Coffea arabica*, 77 para *C. canephora*, 42 para *C. liberica* y 6 para *C. kapakata*, ortólogos a los previamente reportados en *Arabidopsis thaliana*, con roles relacionados con floración. Actualmente, se han identificado y caracterizado molecularmente 43 genes de *C. arabica*, con funciones determinantes, relacionadas con las rutas del fotoperíodo (5) y vernalización (2); integradores de las diferentes rutas del desarrollo floral (6) y 30 factores de transcripción MADS_Box, los cuales cumplen funciones determinantes de la identidad de meristemo floral y de los órganos florales. Se pudo correlacionar positivamente la expresión de los genes *Gigantea*, *Constans* y *FT* con el proceso de inducción floral de *C. arabica*. Así mismo, se comprobó que responden a un ciclo circadiano, lo cual corrobora su función fotorreceptora. Adicionalmente, se determinó que existe variación en términos de floración en 20 accesiones del Colección Colombiana de Café. Esta variación se refleja en la magnitud de la respuesta observada y se traduce en la posterior producción, la cual también fue cuantificada. Bajo condiciones controladas, se determinó la influencia del estrés hídrico sobre el rompimiento de dormancia de los botones florales de café y que algunos genes de cafeto relacionados con este proceso se regulan positiva o negativamente.

Los resultados obtenidos constituyen una primera aproximación al conocimiento de la floración del cafeto a

nivel molecular, y sienta las bases para el entendimiento de los mecanismos relacionados con la regulación de la floración mediada por factores hídricos.

CARACTERIZACIÓN DE LOS CACAOS DE COLOMBIA

Este año se inició la fase III del proyecto Caracterización de los cacaos de Colombia, donde se incluye el estudio de las variables que permiten analizar los cambios físicos y químicos de los cacaos nacionales fermentados y sin fermentar, procedentes de las zonas de Santander, Nariño y Huila, así mismo, se concluyó el estudio de los cacaos procedentes de diferentes lugares del mundo, incluyendo Ghana, Madagascar, Java, Trinidad y Tobago y Costa de Marfil, y se culminaron los análisis de los perfiles cromatográficos del aroma, vitamina E, actividad antioxidante por el método ORAC (capacidad de absorción de radicales libres), para todas las muestras internacionales.

Se analizaron 132 muestras de Ecuador, procedentes de las provincias de Guayas, Esmeraldas, Manabí, El Oro y Los Ríos, internacionalmente reconocidos como cacaos finos de aroma, los cuales permitirán identificar estos atributos y realizar un estudio comparativo con los cacaos nacionales.

Otra de las actividades realizadas corresponde al estudio del proceso fermentativo, la cual se realizó en dos etapas: la primera, corresponde a la simulación controlada de las condiciones naturales del proceso fermentativo y la segunda etapa corresponde a la experimentación a través de ocho ensayos, en donde se llevaron a cabo diferentes tratamientos térmicos con evaluación de las variables determinantes dentro del proceso (pH, humedad).



Biología de la Conservación

En el transcurso del período 2010-2011 se hicieron adelantos en la investigación realizada bajo un convenio con The Nature Conservancy, para promover el estudio y conservación de las aves residentes y migratorias con la participación de las comunidades cafeteras, en la cual se finalizó el sexto año de trabajo. También se concluyó la evaluación de la biodiversidad en la cuenca del Guavio y la formulación de un plan para el fortalecimiento de la conectividad en la región, como una estrategia para promover la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental. Esta investigación se realizó bajo un convenio con Patrimonio Natural y la colaboración de Corpoguavio y el Comité de Cafeteros de Cundinamarca.

Se iniciaron dos investigaciones “La identificación de las especies de aves amenazadas de extinción en la zona cafetera colombiana y formulación de estrategias para su conservación” y “La evaluación de la implementación de corredores biológicos y un sistema de gestión integrado en las áreas de influencia del programa forestal KFW”. Esta segunda investigación se adelanta bajo el liderazgo de la Gerencia Técnica y con la colaboración de otras tres Disciplinas de Cenicafé.

Conservación de las aves migratorias boreales en zonas cafeteras de los Andes Colombianos. BDC0120. El proyecto Censos Participativos de aves ha tenido

como objetivo principal promover la conservación de las aves residentes y migratorias a través del trabajo con las comunidades. Este proyecto ha logrado recopilar información ornitológica de diferentes localidades en la zona cafetera y gracias a su enfoque participativo, ha logrado generar apropiación del conocimiento en las comunidades. Durante este año el proyecto realizó los siguientes aportes en materia de investigación con enfoque de sostenibilidad ambiental.

Se inició la formulación de un modelo de monitoreo participativo de la biodiversidad en el mosaico de conservación Consacá - Yacuanquer (Nariño), por medio de un trabajo articulado con Patrimonio Natural, Parque Nacional Natural Galeras y agrupaciones comunitarias de la zona. Se obtuvo también información de la avifauna de regiones geográficas que anteriormente no habían sido exploradas por el proyecto y con poca información disponible en la literatura científica; Nariño en inmediaciones del volcán Galeras y Norte de Santander, vertiente del Magdalena. Se fortaleció la estrategia de los grupos de observadores de aves como modelo de conservación participativa, a partir de la ejecución de proyectos de conservación por parte de nuevos grupos.

Evaluación del hábitat con un enfoque participativo y definición de los corredores biológicos en la zona cafetera del Guavio. BDC0124. Este proyecto que

tuvo como objetivo contribuir a la conservación de la biodiversidad y servicios ambientales en la cuenca del Guavio, Cundinamarca, se realizó bajo un convenio y con el apoyo económico de Patrimonio Natural y con la colaboración de Coropoguavio y el Comité de Cafeteros de Cundinamarca. Después del diagnóstico de la biodiversidad en la cuenca, utilizando las aves y la vegetación como indicadores, realizado en el 2010, se procedió a definir varias opciones de corredores de conservación en tres cuencas priorizadas.

La propuesta de enriquecimiento de la conectividad en la cuenca del Guavio, considera los siguientes ocho componentes:

1. Construcción de corredores biológicos en cada una de las tres cuencas priorizadas, como elementos principales de la conectividad. Para cada una de las cuencas se seleccionará la o las opciones más viables. En cada uno de esos corredores seleccionados se construirá una zona de protección y una zona de amortiguación. La primera con vegetación natural y la segunda de la misma forma o aprovechando sistemas de producción que favorecen la conectividad como son los sistemas agroforestales y silvopastoriles.
2. Mantenimiento y enriquecimiento de la cobertura arbórea a lo largo de los caminos veredales. En los sectores en donde aún existan caminos veredales, se promoverá su conservación y el enriquecimiento de la cobertura arbórea a lo largo de ellos. Estos caminos, en algunos sectores, ya se constituyen en un interesante elemento lineal que proporciona conectividad.
3. Mantenimiento y enriquecimiento de las cercas vivas. En algunos sectores de la cuenca del Guavio, es apreciable el uso de cercas vivas. Su uso, mantenimiento y conservación se debe promover y resaltar como parte del enriquecimiento de la conectividad. Actualmente, se puede apreciar el uso de este elemento del paisaje a lo largo de carreteras. Se podría considerar además, el uso de especies arbóreas con alguna utilidad económica en estas cercas vivas.
4. Conservación de los fragmentos de bosque en las partes medias y bajas de la cuenca. Es indispensable formalizar la protección de los pocos fragmentos de bosque que aun existen en las partes medias y bajas. Se deben considerar diferentes incentivos, programas o esquemas para asegurar la conservación de estos elementos del paisaje. Sería conveniente considerar la selección de alguno o algunos de esos fragmentos para ser declarados reservas naturales regionales.
5. Fomento al desarrollo de sistemas agropecuarios productivos que aporten a la conservación. El aporte potencial de los sistemas agroforestales y silvopastoriles a la conservación y conectividad ya ha sido documentado. Será prioritario también desarrollar programas que promuevan y apoyen la adopción de cafetales con sombra diversa o de sistemas silvopastoriles, como elementos no solo que promueven la sostenibilidad ambiental en la región, que promueven la conectividad biológica y que a la vez promueven el desarrollo económico regional. Los muestreos de aves en las fincas cafeteras de la parte baja de la cuenca evidenciaron su potencial para la conservación de ese grupo taxonómico.
6. Fomento al aprovechamiento de mercados verdes para los productos provenientes de los corredores.
7. Desarrollo de un programa de difusión y educación sobre los corredores y su importancia ambiental en la región.
8. Definición y elaboración de un programa de monitoreo.

Identificación de las especies de aves amenazadas de extinción en la zona cafetera Colombiana y formulación de estrategias para su conservación. BDC0125.

Los objetivos de esta investigación son identificar las especies de aves amenazadas que ocurren en la zona cafetera y qué porcentaje de su distribución ocurre en las mismas, identificar las áreas cafeteras prioritarias para la conservación de aves amenazadas y proponer herramientas de manejo del paisaje para promover su conservación. De esta manera se busca identificar el papel de las zonas cafeteras a la conservación de las especies de aves amenazadas de extinción en el país.

Se ha logrado estimar el rango de distribución de aves de interés para la conservación en los ecotopos cafeteros, mediante el solapamiento del mapa de ecotopos cafeteros con los modelos de distribución de especies de estudio. Se han realizado varios análisis para identificar el papel de la caficultura y las áreas

cafeteras prioritarias en la conservación de esas especies. De las 113 especies consideradas en alguna categoría de amenaza en Colombia, 93 (82,3%) tienen distribución potencial en la zona cafetera colombiana. La mediana de la representación de estas especies en la zona cafetera es de 15,9% (rango: 0,001-60,8%).

El análisis de la distribución potencial de estas especies indica que existen zonas cafeteras que sobresalen por su importancia. Las concentraciones más altas se encuentran en los ecotopos de la cordillera Occidental (promedio: 46,2; rango: 28-64), seguido de la cordillera Central (promedio: 16,1; rango: 2-27), cordillera Oriental (promedio 5,5; 3-10) y la Sierra Nevada de Santa Marta (promedio 2,3; rango: 2-3). Este patrón se repite cuando se considera la riqueza potencial relativa de especies en la zona cafetera, aunque esta última es más heterogénea.

El análisis del estado de conservación de los ecotopos cafeteros ha mostrado que a pesar de su vocación agrícola, los ecotopos cafeteros presentan un rango considerable de coberturas vegetales naturales, desde el casi completamente agrícola ecotopo 206A (Manizales, Chinchiná, Palestina, Marsella, Santa Rosa de Cabal, Dosquebradas y Pereira), el cual sólo es ocupado en 0,58% de su extensión por coberturas naturales, hasta el ecotopo 403 (Santa Marta y Riohacha), el cual de acuerdo a la cartografía consultada consiste en un 100% por coberturas naturales.

Evaluación de la implementación de corredores biológicos y un sistema de gestión integrado en las áreas de influencia del programa forestal KFW.

KFW0101. Durante este año, se comenzó a desarrollar el componente de biodiversidad del Programa Forestal Río Magdalena, financiado por el KFW Bankengruppe y el Ministerio de Agricultura. En este primer período, se hicieron adelantos en dos tareas principalmente: en la realización de una encuesta a caficultores beneficiados por el proyecto, para examinar sus percepciones

sobre temas ambientales, y se inició el proceso de identificación de las localidades, para la construcción de corredores de conservación en los departamentos de Huila y Cundinamarca.

Se evaluaron las percepciones acerca de la biodiversidad de 650 agricultores beneficiarios del Programa Forestal KFW, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Risaralda, Santander y Tolima. A través de una encuesta se exploraron tres aspectos acerca de la biodiversidad: el conocimiento, las actitudes y los comportamientos de conservación. Los resultados indicaron que, en general, los agricultores tienen buenas actitudes hacia la biodiversidad y hacia la realización de prácticas de conservación en la finca. Sin embargo, ellos tienen poco conocimiento sobre la biodiversidad y sobre los servicios ambientales que de ella se derivan; además, implementan pocas prácticas de conservación en la finca. En este proyecto, entender los motivos que tienen los agricultores para implementar prácticas de conservación, se convierte en una herramienta útil para desarrollar un programa de educación que, además de brindar información, ayude a los agricultores a considerar valores, a construir capacidad, a disminuir las barreras que tienen para implementar acciones de conservación y a implementar nuevas prácticas. La información obtenida en esta evaluación se convierte en una línea base para poder formular la etapa de implementación del proyecto, que incluye la construcción de corredores de conservación, el monitoreo participativo de la biodiversidad y un programa de educación sobre la biodiversidad y su conservación.

Cafetales con sombrío como hábitat o corredores para monos nocturnos andinos (*Aotus lemurinus*).

BDC0306. Durante este período se concluyeron las actividades en este proyecto que fue realizado bajo un convenio con Rainforest Alliance. Los informes finales fueron presentados, evaluados y aprobados.



Calidad y Manejo Ambiental

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 contribuir a la diferenciación del café de Colombia y al conocimiento sobre su composición química, en granos de café verde, se efectuaron 13.536 análisis del contenido de 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 y Zn, por espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado, y de N por el método de Kjeldahl. El café se recolectó en fincas ubicadas entre 1.050 y 2.050 m de altitud y 14 unidades de suelos, de siete departamentos cafeteros, Antioquia, Caldas, Cesar, Quindío, Santander, Tolima y Huila. Además, se efectuaron 10.530 determinaciones de elementos en café tostado nacional

Hasta septiembre de 2011 se ha logrado el 70% en el avance analítico de la investigación, 100% para café verde, 55% para café tostado, 100% aguas y 27% para suelos. Además, se organizó la estructura de las bases de datos de café verde y tostado en el sistema de gestión de muestras de la Federación. Se efectuó el análisis estadístico y científico de los resultados de contenidos

de elementos en café verde, que correspondieron a 81.105 registros.

Se encontraron diferencias estadísticas, según prueba Duncan con intervalo de confianza 95%, en el contenido promedio de varios elementos químicos en el grano de café verde, según los departamentos de procedencia, variedad, origen y unidad de suelos y rango de altitud. Ningún elemento solo, permite predecir el origen del café según departamento, aunque se destacan las diferencias en el contenido de Rb, Sr, Ba en los granos de café verde entre departamento.

Según el rango de altitud se presentaron diferencias estadísticas en los contenidos de varios elementos: Ag, As, Ba, Bi, Ca, la, Mo, P, Pt, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sr y Zn. Por el material parental y la unidad de suelos se presentaron varias diferencias en los contenidos debido a su origen geológico y a las sustancias y prácticas de cultivo y procesamiento. También se identificaron las procedencias, donde se presentan los mayores y menores contenidos promedio de cada elemento en el café verde y, además, los elementos con contenidos más variables. La variedad, los suelos y el rango de altitud mostraron mayores diferencias que los departamentos, en el contenido de elementos en el grano de café verde. La variedad, suelos, altitud y sustancias y prácticas de

procesamiento influyen en la composición elemental de los granos de café.

Mediciones de la calidad y la composición química de café de varios países de origen. QIN3013. Se efectuaron 2.580 análisis de 43 elementos químicos en muestras de café tostado internacional, de 13 países, y se secaron e incineraron 14 muestras de café verde codificadas CQI#, de procedencia desconocida y sin datos de trazabilidad, que se recibieron en septiembre de 2011.

Efecto de la fermentación en la calidad del café. QIN0302, QIN0801. Para contribuir al aseguramiento de la calidad del grano y de la bebida de café desde la finca, se establecieron los fundamentos, la cinética y algunos controles en el proceso de fermentación del beneficio húmedo del café.

En la fermentación del mucílago del café ocurren varios procesos bioquímicos donde diversos microorganismos se desarrollan y cambian la composición química, el color, el olor, la densidad, la acidez, el pH y los sólidos solubles del mucílago. De esta forma, el mucílago de café, una sustancia que contiene principalmente agua y carbohidratos, se convierte mediante levaduras, bacterias y enzimas en etanol, dióxido de carbono, ácido láctico, ácido acético y otros alcoholes, ácidos, ésteres, aldehídos y cetonas; también se produce energía y cambia la temperatura de los granos de café. Estas degradaciones del mucílago originan su desprendimiento del grano de café, cuyos productos se deben eliminar por medio del lavado.

La fermentación influye en la calidad del grano y en los sabores y aromas de la bebida de café. Dependiendo de la madurez, sanidad y composición del café baba, de la higiene, del tiempo y de la manera como se realiza la fermentación, se pueden desarrollar diferentes degradaciones y así, producirse diversos compuestos químicos y en consecuencia, obtenerse distintos sabores y aromas en la bebida de café.

- El tiempo de proceso de fermentación influye en la calidad de la bebida de café: a mayor tiempo, aumenta el riesgo de defectos y la calificación de la bebida es menor. Por encima de 30 horas, independiente del sistema de fermentación, se pueden encontrar aromas más pronunciados, pero la frecuencia de defectos vinagres, podridos, sucios y tierra es mayor.

- El sistema de fermentación del café sumergido en agua es más homogéneo, y cuando se hace abierto (sin tapa) los tiempos de fermentación pueden ser de 24 a 30 horas, a temperatura ambiente.
- Los sistemas cerrados (con tapa) favorecen el crecimiento de bacterias anaerobias que producen degradaciones y sabores a solvente, tierra, moho, cuero y podrido, entre otros.
- A temperaturas por encima de 32°C se acelera la degradación y a más tiempo de proceso, mayores sabores extraños y podridos en la bebida.

Para asegurar la calidad del grano y de la bebida de café que se produce en las fincas se deben controlar los siguientes aspectos en la fermentación del café.

- Elegir el sistema de fermentación ya sea sustrato sólido o sumergido
- Fijar el tiempo de fermentación. Se recomienda de 12 a 18 horas, en todo caso menor a 20 horas en sustrato sólido y menor a 30 horas en sustrato sumergido
- Estandarizar la calidad y madurez del café que se deposita en el tanque
- Controlar la higiene externa
- Hacer seguimiento del proceso con mediciones de pH, acidez, °Brix, azúcares reductores, ácido láctico o ácido acético.
- Para temperatura ambiente, lavar el café de fermentación sustrato sólido cuando el pH esté entre 3,75 y 3,85
- Para temperatura ambiente, lavar el café de sustrato sumergido cuando el pH esté cerca de 4,00
- Retirar muy bien del grano en el lavado, las sustancias degradadas, así, retirar completamente las mieles degradadas, usar 2,5 L de agua por cada kilogramo de café fermentado a lavar, de la siguiente forma: agregar una tercera parte de agua, revolver y desechar aguas, agregar otra tercera parte de agua, agitar y desechar, y agregar la otra tercera parte, agitar y retirar todas las impurezas.
- Secar el café en capas delgadas, de 15 a 20 kg de café lavado por cada metro cuadrado de área de secado al sol y condiciones higiénicas.

Entrenamiento de catadores y funcionamiento del laboratorio de análisis de calidad del café y panel de catación. QIN0302. Se realizaron 998 análisis sensoriales a la bebida y análisis fisicoquímicos a granos y bebidas de café de muestras de ensayos de fermentación del mucílago y de secado del café.

También se analizaron sensorialmente 225 pruebas de muestras de otras disciplinas de Cenicafé y de visitas y cursos de catación.

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Diseño y evaluación de un sistema de depuración con base en plantas acuáticas para el postratamiento de las aguas residuales del beneficio del café tratadas por digestión anaerobia. QIN0112. Con el fin de facilitar el diseño de sistemas de tratamiento para las aguas residuales domésticas y las aguas residuales del café, en las fincas cafeteras, se diseñó una hoja de cálculo, la cual incluye los parámetros de diseño sugeridos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y los parámetros de diseño obtenidos en las investigaciones desarrolladas en Cenicafé para el tratamiento y postratamiento de las aguas mieles del café, logrando generar diseños integrales, que permitan obtener efluentes que cumplan con lo dispuesto en la normativa ambiental vigente.

Se evaluó el desempeño de las plantas de tratamiento de aguas mieles del café (SMTA) instaladas en Cenicafé, Sede La Granja y la Estación Central Naranjal, estimándose, de acuerdo con la concentración de DQO de los afluentes al sistema, que se está utilizando una cantidad de agua cinco veces mayor a la recomendada en los diseños realizados.

Los efluentes obtenidos de los sistemas de tratamiento permitieron cumplir, para todos los muestreos, las exigencias legales en cuanto a la remoción de DQO, pero no en cuanto a la remoción de sólidos suspendidos totales, por lo que es recomendable instalar en todos los SMTA, sistemas naturales de tratamiento, que permitan incrementar los porcentajes de remoción de los sólidos suspendidos totales.

Los reactores metanogénicos empacados con tusas de maíz están mostrando un desempeño similar a los empacados con trozos de guadua y pedazos de botellas no retornables, lo cual se convierte en una alternativa para la instalación de los sistemas de tratamiento, dadas las dificultades que se presentan en algunas zonas, por costo y disponibilidad la utilización de botellas no retornables y guadua.

De las macrófitas que forman parte del sistema natural de tratamiento, la enea (*Thypha angustifolia*) y el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) mostraron los mayores porcentajes de remoción de la DQO (> 50%), corroborando lo encontrado en investigaciones anteriores. Las heliconias y musáceas sembradas están mostrando una buena adaptación (evidenciada en su buen desarrollo) y alcanzando valores de remoción de DQO del 36,91%.

Se instaló un sistema séptico en la Estación Central Naranjal, el cual después de 15 días de funcionamiento presenta una remoción del 64,94% como DQO, del 78,33% como SST y del 70,86% como ST. Una vez se llegue al estado estable y se le incorpore un humedal artificial, los valores de remoción de carga orgánica se incrementarán.

Durante los meses de mayo-septiembre, se evaluó el desempeño de la planta de aireación extendida para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de Planalto. Los resultados mostraron que la contribución total de agua residual de la sede (21,39 m³/d) está por debajo de la capacidad de la planta (28,40 m³/d).

Los valores medios de seis muestreos permitieron determinar que el efluente de la planta de tratamiento está cumpliendo con lo dispuesto en el Decreto 1594 de 1984, en cuanto al valor de pH que debe tener el efluente (entre 5 y 9), el valor de la temperatura < 40°C y la remoción de DQO (> 80%) y la remoción de coliformes (> 99%). La remoción promedio de SST está muy alejada del valor de la norma (47,29% vs 80%), por el arrastre de lodo en el efluente de la planta.

El mantenimiento periódico de los equipos que forman parte de la planta para mantener el pH y O₂ disuelto en valores adecuados, la conservación del nivel de lodos entre el 20% y el 50% y la no descarga de material sólido por los caños, son algunas de las estrategias que ayudan a mejorar los porcentajes de remoción de carga orgánica, junto con la construcción de un humedal de flujo superficial sembrado con macrófitas y ubicado en serie, posterior a la planta de aireación extendida.

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), seguida de la fermentación alcohólica con cuatro tipos de levaduras comerciales de *Saccharomyces cerevisiae*.

A las muestras de alcohol destilado y deshidratado se les determinó el contenido de etanol por Cromatografía de Gases con detección de ionización de llama (GC/FID) y el contenido de congéneres por Cromatografía de Gases con detección de espectrometría de masas.

Los mayores contenidos medios de etanol se alcanzaron para los tratamientos con hidrólisis enzimática con celulasas (97,78%), seguido de los tratamientos sin hidrólisis (96,92%), los tratamientos con hidrólisis enzimática, utilizando celulasas y pectinasas (95,76%), los tratamientos con hidrólisis alcalina (95,59%) y los tratamientos con hidrólisis ácida (93,97%).

Los análisis cromatográficos mostraron como principales compuestos asociados al etanol, en orden de importancia, el dietilacetal del acetaldehído (dietoxietano), los alcoholes

(propanol, butanol, pentanol) y el aldehído (hexanal), que en algunos casos alcanzaron valores mayores al 1%.

Diseños de plantas de tratamiento de aguas mieles del café. Se realizaron seis diseños para las Estaciones Experimentales de Cenicafé y nueve para plantas de tratamiento de las aguas residuales domésticas, que comprenden un dispositivo innovador para la descarga de lodos y un humedal artificial, con el fin de dar cumplimiento a la normativa ambiental vigente.

Programa de vertimientos en el proceso de Gestión Ambiental de Cenicafé. Se diseñaron diez sistemas para el tratamiento de aguas residuales domésticas y ocho sistemas para el tratamiento de aguas residuales del café, para el manejo de las aguas residuales generadas en las diferentes Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Se coordinó el manejo del laboratorio de Manejo Ambiental, se conservó el cepario de hongos comestibles y medicinales de la Disciplina y se entregó material biológico a diferentes instituciones.



Durante esta vigencia, a partir de los cambios en la estructura organizativa de Cenicafé, los investigadores del Programa ETIA, pasaron a conformar la Disciplina Sostenibilidad. Los lineamientos inicialmente definidos son los siguientes:

Objetivo General

Contribuir a la consolidación de la Cultura de la Sostenibilidad entre los diversos actores que conforman la institucionalidad cafetera.

Objetivos Específicos

- Investigar en el contexto regional las necesidades de la caficultura que permitan en las zonas de producción la implementación de mejores prácticas, incentivando la adaptación de soluciones tecnológicas eficientes y compatibles.
- Generar y preparar las capacidades para ser el interlocutor técnico y científico con iniciativas de sostenibilidad (certificaciones, normas, verificaciones) a la institucionalidad cafetera, en apoyo a la gestión de la FNC.
- Investigar y gestionar conocimiento que permita la apropiación de la tecnología disponible para el caficultor.
- Investigar herramientas que permitan la distribución de beneficios en los tres componentes calidad, medioambiente y responsabilidad social.

De las actividades realizadas durante esta vigencia a continuación se presentan los resultados más destacables relacionados con las investigaciones en ejecución.

Convenio Huellas de Paz. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia con el apoyo del gobierno Español, a través de la Fundación Humanismo y Democracia, ha iniciado este Convenio con el objetivo de contribuir a asegurar las condiciones generales de bienestar para las familias de pequeños caficultores denominados Titulares de derecho en el Convenio, en cuatro departamentos del país Antioquia, Cauca, Nariño y Valle del Cauca.

Cenicafé, participará con la implementación de un **Sistema Integrado de Gestión Rural – SIGR en buenas prácticas agrícolas**, con el fin de fomentar una producción sostenible y benéfica para el productor y su entorno, en especial, contribuyendo a mejorar el nivel de formación de la población rural, fortaleciendo las organizaciones comunitarias, el buen gobierno, la equidad de género y la aplicación de prácticas sociales, ambientales y económicas, para el mejoramiento de la calidad de vida e infraestructura, que facilite el aumento de los ingresos, asegure el bienestar de las personas y el cuidado del medio ambiente.

Uno de los resultados esperados es la caracterización en cada una de los departamentos de los Titulares de Derecho en los componentes económico, social y

ambiental, para esto se realizó el ajuste al instrumento, ya que en su versión inicial desarrollada por Cenicafé no contemplaba temas de la dimensión social como capital social y seguridad alimentaria.

El instrumento de caracterización fue estructurado con personal técnico de Cenicafé y contiene una serie de preguntas que permitirá establecer en cada una de las zonas información relacionada con tres componentes:

- **Componente Calidad:** se evaluarán las recomendaciones y las tecnologías generadas por Cenicafé en cada proceso del sistema de producción.
- **Componente Ambiental:** se evaluará a partir de los aspectos ambientales significativos identificados en el sistema de producción.
- **Componente Social:** se evaluará a partir del capital humano, capital social, físico y los aspectos de seguridad, bienestar y salud ocupacional.

Preservando la biodiversidad y contribuyendo a la mitigación y adaptación del cambio climático. Durante este año, de manera interdisciplinaria se continuó con las actividades establecidas que contribuyen al logro de los objetivos del proyecto, el cual se realiza con el apoyo del gobierno Alemán a través de KFW Bankengruppe y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, en ocho departamentos cafeteros: Tolima, Huila, Cauca, Caldas, Risaralda, Antioquia, Cundinamarca y Santander. Con relación a Buenas Prácticas Agrícolas, específicamente en el componente ambiental, se establecieron los aspectos ambientales significativos que se generan en el sistema de producción de café, a los cuales se les dio una calificación de acuerdo al impacto ambiental que podían generar en los recursos naturales. Los resultados indican que, en general, las fincas presentan un desempeño ambiental bajo.

A partir de los resultados de este diagnóstico inicial, del análisis de información cartográfica y de áreas prioritarias para la conservación, se realizarán reuniones participativas con los Comités de Cafeteros, Corporaciones Autónomas Regionales y agricultores líderes en las regiones para definir las zonas donde se establecerán corredores de conservación.

Producción de semilla certificada en fincas de los cafeteros. En los últimos años, la producción de semilla ha sido realizada en Cenicafé en las Estaciones Experimentales, quienes han entregado la semilla para los planes de renovación del país. Sin embargo, a raíz de las metas de renovación, estimadas en cerca de 100.000 hectáreas promedio por año, durante los próximos 5 años, se hace necesario la incorporación de fincas de caficultores que ayuden a cumplir los requerimientos de semilla con los estándares de calidad necesarios, para adelantar estos planes de renovación.

Durante los años 2010 y 2011, los Comités Departamentales de Cafeteros de todo el país participaron en la identificación de fincas sembradas con la Variedad Castillo® o sus Compuestos Regionales, las cuales fueron evaluadas por personal técnico de Cenicafé, quienes al final del proceso avalaron cerca de 34 fincas que cumplían los requisitos de pureza de la variedad, buenas prácticas y establecimiento de una infraestructura mínima para el acondicionamiento de la semilla.

Con el objetivo de contribuir al mejoramiento del proceso de producción de semilla en las fincas avaladas, de acuerdo a la información obtenida en las visitas realizadas por Cenicafé, se considera importante unificar criterios mínimos de cumplimiento respecto a la producción de semilla, basados en las mejores prácticas que para este proceso se han implementado en Cenicafé.

Con base en lo anterior, con la coordinación de la Gerencia Técnica (Cenicafé - Servicio de Extensión), entre el 12 y el 16 de septiembre se llevó a cabo una Jornada Técnica de Capacitación en **Producción de Semilla Variedad Castillo® y sus Compuestos Regionales** en las instalaciones de Cenicafé, la Estación Central Naranjal y la Fundación Manuel Mejía. Se contó con la asistencia de caficultores y técnicos del Servicio de Extensión de los departamentos del norte del país, como son Norte de Santander, Santander y Cesar; de la zona central, Antioquia, Risaralda, Caldas, Tolima, Valle del Cauca y Cundinamarca; y del sur del país, Cauca y Nariño.

La Jornada contó con la participación de investigadores de diferentes Disciplinas de Cenicafé, quienes trataron temas relacionados con los conceptos básicos sobre la semilla y su producción en el campo, manejo cosecha

y postcosecha, y aplicación de buenas prácticas. Adicionalmente, se presentó y estudió el protocolo establecido para la producción de semilla de la Variedad Castillo® y sus Compuestos Regionales.

En este mismo tema, respecto a la Implementación del Sistema de Trazabilidad de producción de semilla de café - SEEDTRACK en las Estaciones Experimentales, se realizó la caracterización de todos los procesos para la producción de semilla, que se llevan a cabo en las Estaciones Experimentales y el registro de las tareas asociadas a los procesos de producción de semilla, por parte de los Coordinadores de Estaciones Experimentales en el aplicativo SEEDTRACK.

Piloto de caficultura de precisión (APcafe) y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en agroecosistemas cafeteros del departamento del Quindío. Dimensión ambiental. Se participa dentro del componente de buenas prácticas con

el objetivo específico de estandarizar bajo el esquema de Agricultura de Precisión las mejores prácticas en el sistema de producción de café relacionadas con la calidad en taza.

Durante este período, se ajustó la lista de chequeo como herramienta que permite recoger la información de la forma como se está produciendo café relacionado con los componentes de la sostenibilidad (económico, ambiental y social), en los diferentes municipios del departamento del Quindío. En esta vigencia, se inició la estructuración de la base de datos de acuerdo al contenido de la Lista de chequeo, la cual permitirá a través de un aplicativo en ambiente Web ingresar la información recogida en las encuestas y relacionarla con las características de calidad de las muestras analizadas en el Centro de Análisis de Catación de Café (CACC), en la finca El Agrado, ubicada en el municipio de Pueblo Tapao (Quindío).



Ingeniería Agrícola

Con las investigaciones que adelanta la Disciplina de Ingeniería Agrícola, se busca contribuir a las Dimensiones Económica, Ambiental y Social, en las áreas de cosecha, postcosecha y mecanización del cultivo del café. Adicionalmente, se realizan actividades para capacitar a caficultores y a técnicos del Servicio de Extensión de la Federación.

COSECHA DE CAFÉ

La cosecha de café representa en Colombia entre el 38% y el 45% de los costos de producción. En la Disciplina de Ingeniería Agrícola se realizan investigaciones con el fin de incrementar la eficiencia de la mano de obra empleada en la recolección de café, con calidad aceptable para los estándares colombianos. También se evalúan equipos portátiles que se emplean en otros países para la cosecha de café y de otros frutales, que han permitido aumentar la eficiencia de la mano de obra hasta en 300%, aunque sin la calidad aceptable actualmente en Colombia. Teniendo en cuenta el incremento del costo de la mano de obra en un futuro, y la escasez de ésta, se consideran estratégicas estas investigaciones, debido a que podrían generar resultados que sean necesarios para continuar produciendo café en Colombia de manera competitiva. Adicionalmente, se desarrolla tecnología mecanizada que se adapte a las condiciones de los

cafetales sembrados con distancia entre surcos de 2,0 m, y en futuras plantaciones con alta densidad que se siembren para adaptarse a la tecnología.

Cosecha manual

Validación de métodos de recolección manual asistida de café. ING0175. Dimensión Económica. A finales de 2010, la Gerencia Técnica de la Federación de Cafeteros de Colombia adquirió 1.000 equipos Canguaro 2M y encargó a los coordinadores de Investigación Participativa-IPA de los Comités Departamentales de Cafeteros, para que estos equipos fueran distribuidos en los departamentos cafeteros. Para realizar el seguimiento a este proceso, la información fue registrada a través de una encuesta que el Extensionista diligenció directamente con el usuario del equipo y envió a Cenicafé para su análisis.

Los resultados de las encuestas mostraron altos porcentajes de aceptación de la tecnología desde 77% al 89%, en departamentos como Nariño, Valle del Cauca, Huila y Antioquia, justificado por razones como mayor comodidad, rendimiento y menores pérdidas de café al suelo. En los departamentos de Quindío y Caldas se observaron niveles de aceptación del 25% y 28%, respectivamente.

La encuesta evidenció la necesidad de realizar algunos rediseños menores al equipo, los cuales se dieron a conocer a través de visitas a los Comités en cada

departamento y a fincas, en donde se dictaron charlas y se hicieron prácticas de campo, tanto a Extensionistas como a caficultores y recolectores. Se visitaron 20 municipios en siete departamentos cafeteros, y se capacitaron 121 Extensionistas, 250 caficultores y 35 recolectores de las fincas.

A la vez, a partir del Canguaro 2M, se diseñó el dispositivo llamado "Mangas Recolectoras", para ser utilizado principalmente en situaciones de baja oferta de frutos de café (Figura 85), las cuales constan de un par de pequeñas mangas de 25 cm de longitud, con capacidad para 750 g cada una, las cuales se fijan a las manos del recolector de la misma forma en que lo hacen las mangas del Canguaro 2M. El café recolectado se vacía directamente a la estopa, con el fin de evitar el uso del recipiente plástico tradicional.

Cosecha asistida, con equipos portátiles

Desarrollo y evaluación de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva del café. ING0177 Dimensión Económica. Después de la conceptualización de una herramienta portátil para cosechar café de forma selectiva por medio de visión artificial, se diseñaron y exploraron opciones, tanto del sistema de visión como del sistema mecánico de desprendimiento.

Se realizó el diseño físico de la herramienta y con éste, el diseño del sistema optoelectrónico, basado en sensor de imagen con su respectivo sistema de iluminación. Para el sistema optoelectrónico se utilizó la cámara CMUCAM3, con lente C3088 y sensor de imagen OV6620. Esta cámara incluye el sistema embebido para ser programado y configurado, sin embargo, para la fase



Figura 85. Mangas recolectoras

de exploración se programó la comunicación serial con el PC. Se tomaron imágenes a ramas de café desde un cilindro perforado, aplicando la idea inicial de la herramienta con visión de 360°; de esta forma se realizó la caracterización de las ramas y se generó una base de datos con 284 imágenes en diferentes condiciones de iluminación y fondo en la escena. La información adquirida fue relacionada entre estados de maduración y características de color. Posteriormente, se desarrolló un detector de color, basado en un entrenamiento previo con subimágenes de 5 x 5 píxeles, generándose una base de datos de 2.884 subimágenes con información de frutos maduros. Se determinaron los valores característicos de un clasificador lineal que logra identificar zonas de una imagen con colores correspondientes a frutos maduros. Actualmente se está implementando este clasificador y aún no se tienen datos de su desempeño.

Así mismo, se realizaron ajustes y rediseños a los sistemas de iluminación, color de fondo para toma de imágenes y cuerpos soporte para la herramienta. El proceso de diseño continúa y se espera implementar un sistema óptico, diseñado con base en la distancia entre los frutos y la lente y el campo visual de la lente; para estas exploraciones se diseñó un cuerpo soporte de la herramienta, que hace ajustable la posición de las cámaras y permite la sujeción de hasta seis cámaras, con el fin de incrementar la exploración de laboratorio.

Con respecto al sistema mecánico de desprendimiento, se generaron 108 opciones para cumplir la función de desprender los frutos uno a uno de la rama, sin embargo, solamente 33 opciones fueron viables técnicamente, éstas fueron calificadas y se seleccionaron cinco, de las cuales, cuatro fueron construidas y exploradas en el laboratorio, y sobre estas opciones se realizaron observaciones del comportamiento de los actuadores en conjunto con la rama, nudo, fruto, ramas vecinas y frutos vecinos. Hasta el momento se han reconsiderado y rediseñado algunas opciones como resultado de las observaciones realizadas.

Para el 2012, se proyecta realizar exploraciones enfocadas a campo, tanto del sistema de visión como del sistema mecánico de desprendimiento, y desarrollar e implementar algoritmos de visión para identificar rápidamente el estado de madurez de los frutos sobre las ramas, el número de frutos por estado de madurez y la ubicación de los mismos en la rama. El clasificador desarrollado será implementado en conjunto con sistemas mecánicos de desprendimiento, ya sean los desarrollados en esta

investigación o aquellos desarrollados con anteriores herramientas de cosecha, como el Alfa.

Cosecha mecanizada

Cosecha mecanizada de café adecuada para las condiciones colombianas. ING0180. Dimensión económica. Partiendo de un sistema para la cosecha mecanizada de café se realizaron modificaciones para mejorar su desempeño en las difíciles condiciones de las plantaciones de café en Colombia. Las limitantes observadas fueron la dificultad para el movimiento fluido del equipo, un sistema de agitación poco resistente y un sistema de recepción de frutos desprendidos que funciona en un solo sentido. Para mejorar la movilidad de la máquina se cambiaron las llantas por unas de mayor diámetro y se incluyó la posibilidad de bloquear las ruedas, para que trabajen fijas o "locas", como las de los carros de mercado. Se desarrolló un sistema de recepción de frutos desprendidos mecánicamente que cubre el 99,6% de la base del árbol, el cual trabaja en ambos sentidos y se diseñó y construyó un sistema de anclaje de los dedos tipo mordazas en los agitadores, con el cual se mantuvo por debajo del límite de fatiga de los materiales, para lograr así vida infinita.

Evaluación del vibrador portátil Cifarelli SC 700, en la cosecha selectiva de café. ING0181. Dimensión económica. Estos equipos portátiles se utilizan para la cosecha semi-mecanizada de productos agrícolas como las olivas. Los equipos se han ensayado en café con desempeños interesantes en cuanto a rendimiento; sin embargo, el contenido de frutos verdes en la masa cosechada y los frutos maduros sin desprender son inaceptables para las condiciones actuales. Se probaron diferentes sistemas que pretenden mejorar la rigidez de los árboles, con el fin de garantizar vibración homogénea en todas las partes del árbol. Hasta el momento, el sistema que presentó mejor desempeño es el de confinación de los árboles tipo tabaco, con el cual en 20 s, se logra hacer una preparación total del árbol para recibir la vibración de un vibrador portátil VPT. Para someter a vibración a un árbol fue necesario diseñar un sistema de sujeción rápido y efectivo.

BENEFICIO DEL CAFÉ

Se adelantan investigaciones en 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.

Determinación del consumo específico de agua para el lavado del café con tecnología DESLIM, en proceso con fermentación natural. ING1129. Dimensión ambiental. Se evaluaron dos lavadores para café, de flujo vertical ascendente de granos de café y descarga radial de fluidos, en proceso con fermentación natural y con aplicación de enzimas pectinolíticas. Para la evaluación del primer equipo (Figura 86), denominado ECOLAV 1500, se utilizó un diseño factorial 2 x 3, dos flujos de café lavado (1.250 y 1.750 kg.h⁻¹) y tres caudales de agua (3, 4 y 5 L.min⁻¹), con cinco unidades experimentales por tratamiento. El mayor desempeño se obtuvo con el flujo de café lavado de 1.750 kg.h⁻¹ y caudal de agua de 5 L.min⁻¹, con 95,11% remoción de mucílago, 0,32 L.kg cps⁻¹ de consumo específico de agua, daño mecánico de 0,51% y potencia específica de 1,01 W.h⁻¹ por kilogramo de café lavado.

El equipo ECOLAV 3000, se evaluó considerando tres flujos de café lavado (2.508,8; 3.121,9 y 3.501,7 kg.h⁻¹), con caudales de agua para flujo de café lavado de 7,5, 9,1 y 11,0 L.min⁻¹ para 2.508,8 kg.h⁻¹, caudales de 8,0; 12,1 y 15,4 L.min⁻¹ para 3.121,9 kg.h⁻¹, y caudales de agua de 9,5; 11,8 y 15,7 L.min⁻¹ para flujos de café de 3.501,7 kg.h⁻¹; con cinco unidades experimentales por tratamiento. Con el ECOLAV 3000 se puede lavar café con flujo de 3.121,9 kg.h⁻¹, con

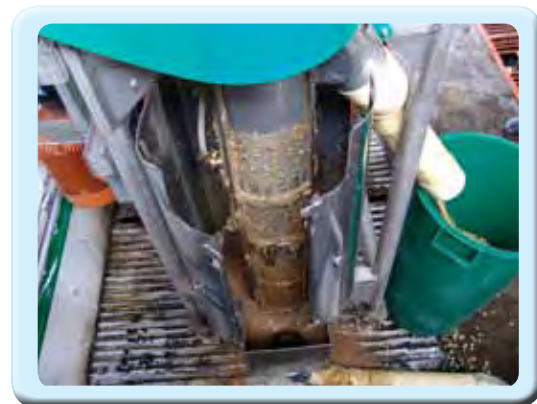


Figura 86. Equipo para lavar café en proceso con fermentación natural y con aplicación de enzima pectinolítica.

un consumo específico de agua de $0,38 \text{ L.kg}^{-1}$ de café seco y obtener un porcentaje de remoción de mucílago superior a 95%, con daño mecánico a los granos inferior a 0,5%. La potencia requerida para operar el lavador en las condiciones anteriores es de $1.643,0 \text{ W}$ ($0,53 \text{ W.h.kg}^{-1}$ de café lavado).

Evaluación de una enzima pectinolítica para el desmucilaginado del café. ING1132. Dimensión económica. Se realizó la evaluación en el campo del uso de la enzima pectinolítica Rohapect TPL, para el desmucilaginado de café. Con el apoyo del Servicio de Extensión, en seis departamentos, se seleccionaron 20 fincas de caficultores, en cada una de las cuales, en el café despulpado, se aplicó la enzima en una concentración de 100 ppm, y paralelamente, se tuvo café en proceso de fermentación natural. Los resultados mostraron que es posible realizar el proceso de remoción de mucílago de café utilizando la enzima Rohapect TPL, bajo diferentes condiciones ambientales, variedades de café Arábica y condiciones de proceso. Se obtuvo un promedio de remoción de 97,3%, en tres horas, cuando se adicionaron 100 ppm de la enzima al café despulpado, y 96,9% de remoción de mucílago con fermentación natural, en un tiempo promedio de 27,3 horas.

Evaluación de una metodología para determinar el punto final de la fermentación de mucílago de café. ING1138. Dimensión económica. Durante el 2011 se logró la uniformidad en el volumen, de 50 dispositivos de cono truncado, fabricados en un proceso semi-industrial, a través de la técnica de prototipado rápido. Se inició la capacitación al Servicio de Extensión de los Comités Departamentales de Risaralda y Caldas, sobre la metodología propuesta y se inició el registro de información en el campo, en fincas de caficultores del municipio de Dosquebradas, Risaralda. Paralelamente, se realizaron actividades correspondientes a la elaboración del documento para solicitar el trámite de patente del método propuesto, para determinar la finalización del proceso de fermentación de mucílago de café.

Evaluación del proceso de beneficio en fincas donde se presenta el defecto tigre del café en almendra. ING1139. Dimensión económica. Se inició el registro de información relacionada con la incidencia de granos con defecto tigre en fincas de caficultores del municipio de Neira, con un promedio de 1,2%, desde el mes de junio de 2011. Se identificó una posible causa del origen del defecto asociada a una práctica inadecuada

en el uso del desmucilagador, que podría corregirse fácilmente, sin embargo, se debe confirmar con el registro de información correspondiente a las fincas de los municipios de Neira, Chinchiná, Palestina, Manizales y Arauca.

Evaluación de la deshidratación de las mieles resultantes del lavado del café. ING0135. Dimensión Ambiental. Con el fin de evitar la contaminación de las fuentes de agua con las aguas residuales del beneficio húmedo del café, tratadas o sin tratar, y cumplir con los requerimientos del decreto 3930 del 2010, se evalúa el empleo de secadores solares tipo túnel para secar las mieles generadas en la tecnología para lavado mecánico del café desarrollada en Cenicafé (Figura 87), en la cual se emplea de 0,3 a 0,4 L/kg de cps. En esta investigación se evalúa el efecto de diferentes cargas de mieles (L/m^2) y el empleo de circulación natural y forzada de aire a través de los secadores en la dinámica del proceso de secado. Los resultados obtenidos en ensayos preliminares indican que en el túnel solar con carga de 10 a 15 L/m^2 en 5 a 7 días, se pueden secar las mieles hasta 10%-12% y emplearlas posteriormente como fertilizantes.

Visión artificial para la separación automática de café pergamino húmedo. ING1140. Dimensión económica. En observaciones realizadas en café pergamino en estado de lavado se observa que los granos sanos, obtenidos de frutos maduros, presentan coloración notoriamente diferente de los granos pintones y en estados avanzados de maduración (sobremaduros), así como de granos atacados por la broca y aquellos con otros problemas



Figura 87. Secado solar de mieles de lavado mecánico del café, obtenidas con tecnología desarrollada en Cenicafé.

fitosanitarios. Al tener en cuenta lo anterior se propone utilizar la visión artificial para identificar y clasificar granos de café en estado de pergamino húmedo (lavado). Se tomaron muestras de granos de café lavados afectados por la broca, los cuales no flotaron en agua después del lavado, y se les hizo un seguimiento fotográfico hasta que estuvieron secos de agua. En esta prueba preliminar se determinó la viabilidad del método de visión artificial, al determinar que las necrosis causadas por la broca a los granos son fácilmente observables cuando el café pergamino tiene máxima humedad y que se mimetizan a medida que se secan los granos.

SECADO

Secador para café utilizando alcohol carburante como combustible, obtenido de los subproductos del proceso de beneficio húmedo. ING0840. Dimensión económica. Se diseñó y construyó un secador mecánico de café que aprovecha la energía química del etanol carburante, obtenido de los subproductos del proceso de beneficio húmedo, pulpa y mucílago. Con esto se aporta a la solución de los siguientes problemas en el sector productor de café: Emisiones de partículas y CO₂ a la atmósfera, ineficiencia del proceso, secadores mecánicos de baja capacidad para los pequeños caficultores colombianos, pérdida de la calidad por la comercialización de café húmedo y fermentado, métodos y equipos empíricos de secado mecánico con ausencia de control de las variables involucradas en el proceso, secado solar con prolongados tiempos de proceso y contaminación del producto por materiales orgánicos dispersos en el suelo, animales e insectos.

El secador producto de esta investigación es una solución factible, en la búsqueda de fuentes de energías renovables y sostenibles, con menor impacto ambiental que los utilizados actualmente, sustituyendo las condiciones empíricas del secado de café de los pequeños productores de Colombia, aumentando la productividad, entregando mayor valor agregado al café, porque se utiliza un biocombustible que se obtiene a partir de los subproductos del mismo proceso, garantizando óptimas condiciones de secado para conservar la calidad e inocuidad del producto. También se convierte en una alternativa de desarrollo socioeconómico para los caficultores menos favorecidos y, además, contribuye a la competitividad del sector agroindustrial nacional.

El secador construido (Figura 88) consta básicamente de una cámara de secado y dos de presecado, dotadas de un sistema de control de humedad por peso, con una capacidad estática de 125 kg de cps (10 @ de cps), un ventilador centrífugo gobernado por un variador de frecuencia para el control de caudal de aire de secado, y un intercambiador de calor con su sistema de combustión para etanol, que calientan el aire de secado a la temperatura óptima, además este dispositivo puede trabajar alternativamente con cisco como combustible, que es otro subproducto del proceso, aprovechando al máximo las fuentes de energía que poseen las fincas cafeteras.

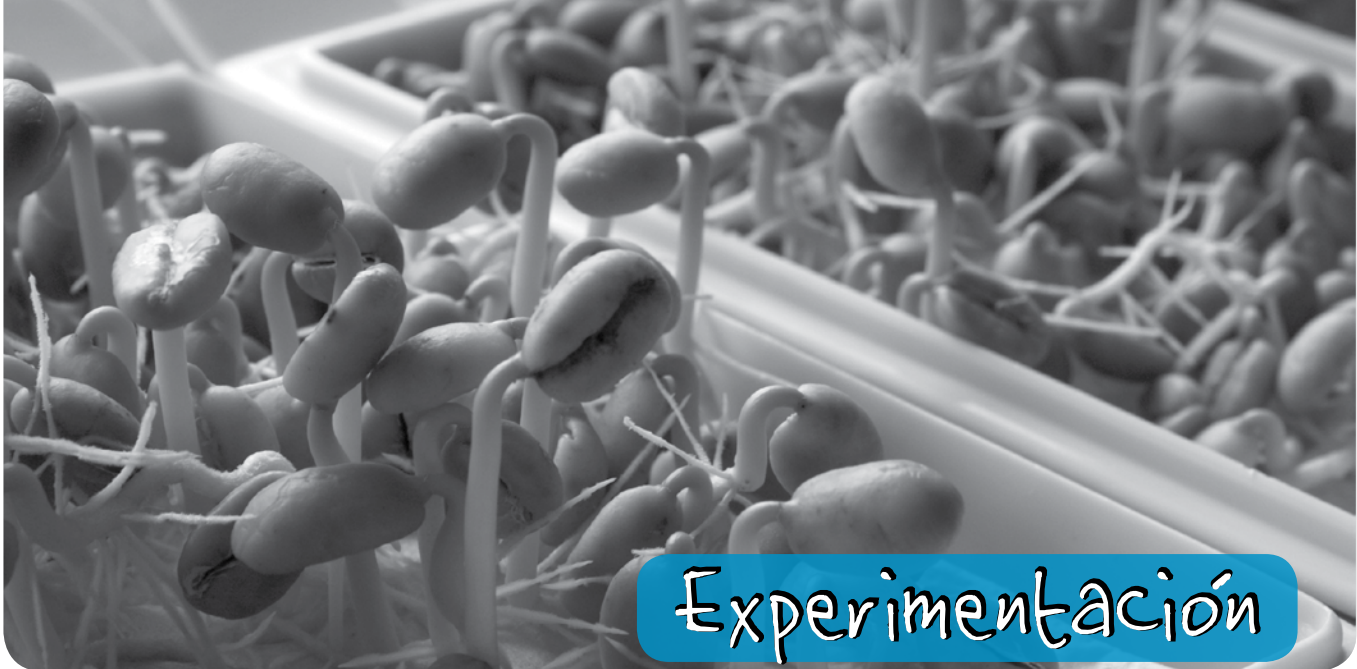
Evaluación en fincas de la tecnología para la medición de la humedad del café durante el secado mecánico Gravimet SM. ING0844. Dimensión económica. Se adelanta la validación en fincas de la tecnología Gravimet-SM, con el apoyo del Servicio de Extensión y la participación de caficultores y operarios encargados del manejo de los equipos. Se iniciaron actividades en los municipios de Dosquebradas, Pereira y Santa Rosa de Cabal, en el departamento de Risaralda. Se han visitado 12 fincas, presentando a los usuarios la tecnología, explicando su aplicación y recolectando la información obtenida en cada finca, la cual es básicamente la humedad medida con el equipo Gravimet SM y con un equipo electrónico calibrado para medir la humedad del café, e información sobre los secadores utilizados. A la fecha, la tecnología se ha empleado en seis fincas, con altura de capa de café de 22 a 43 cm, obteniendo un promedio de humedad de 10,9%, con un mínimo de 9,9% y máximo de 11,5%. Las validaciones continuarán en la cosecha principal del 2011, en los departamentos de Antioquia y Risaralda.



Figura 88. Secador para café de tres cámaras, diseñado para utilizar alcohol carburante como combustible.



Experimentación



Experimentación

La Disciplina de Experimentación planteó para el período como objetivos:

- Colaborar en el desarrollo de las investigaciones que se adelantan en Cenicafé a nivel de experimentación regional
- Apoyar al Servicio de Extensión en el fomento y difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé
- Implementar el SGI en las Estaciones Experimentales, en los procesos Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica y Gestionar el Desempeño Ambiental para la ECN
- Producir y distribuir semillas de variedades de café mejoradas

La Disciplina de Experimentación cuenta con ocho Estaciones Experimentales (EE) ubicadas en las regiones más representativas de producción de café en Colombia. Comprenden 539 hectáreas, de las cuales 215 son destinadas a la actividad experimental y económica, el 33% del área total está cultivada en café y posee 32 hectáreas disponibles para futuras investigaciones.

Actualmente, en las Estaciones Experimentales se desarrollan 141 réplicas de investigación y en fincas de caficultores diez réplicas adicionales. De las 141 réplicas, que corresponden a 74 investigaciones, se

destacan las enfocadas hacia la Dimensión Económica, correspondientes al 89%, y el 11% a la Dimensión Ambiental; actualmente no se desarrollan investigaciones en la Dimensión Social. La Disciplina de Mejoramiento Genético presenta el mayor número de réplicas de investigación, con el 43%, seguido por Fitotecnia con el 17% y Suelos con el 11%.

Los indicadores técnicos de las Estaciones Experimentales en cuanto al manejo integrado de arvenses en el estado de siembra, muestran que cultivos menores a dos años demandan la mayor cantidad de Unidades de Servicio 72,7 (US). El indicador general para el estado de siembra, muestra la demanda de 46,2 (US) por hectárea. A nivel de las subactividades, el indicador muestra al plateo como el de mayor representación, con el 35% de las US y el 10% para guadaña.

En cuanto a la fertilización, en el estado de siembra se realiza la actividad en 2,3 veces en el año con una demanda de 1,8 jornales por hectárea por vez. Con rendimientos de aplicación de fertilizante de 376 kg por jornal, a razón de 77 g en promedio por sitio.

En total, se recolectaron 1.662.000 kg de café cereza; marzo registró el 1,7% del total, mientras octubre tuvo una participación del 26,3%. El costo unitario de recolección se promedió en \$526. Para broca, se destacan valores de infestación promedio de 3,4% en el campo.

Las actividades de difusión se atendieron 139 giras y 32 días de campo. En general, en las instalaciones de las Estaciones Experimentales se atendieron 7.228 visitantes y en acompañamiento externo a los Comités Departamentales de Cafeteros 1.943 participantes; la proporción de los caficultores atendidos con relación al total de visitantes fue de 61,9%. En los días de campo se atendió el 41,3% del total de los participantes de eventos educativos.

Sistema de Gestión Integral - SGI

Se implementó el SGI en todas las Estaciones Experimentales, en el Proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, y en Gestión Ambiental con alcance a la Estación Central Naranjal.

Producción de semilla

La semilla convencional ocupa un área de 66,3 ha, el número de sitios que ocupa esta área es de 288.495,

para un promedio de 8.700 tallos/ha. En el 2012 se encontrará en renovación el 48% del parque de semilla, situación que repercutirá en la capacidad de suministró de semilla, la cual estará en 73.000 kg.

En cuanto a la producción de semilla para el período fue de 109.583 kg. De éstos, el 66% correspondió a Variedad Castillo® y el 34% a las Variedades Castillo® Regionales y otras variedades.

La Estación Central Naranjal produjo el 65% del total de semilla, seguido de las Estaciones Líbano, La Catalina y El Rosario con el 13%, 12% y 8%, respectivamente.

El mayor demandante de semilla durante el 2011 fue el Comité de Antioquia con el 13%, le siguieron los Comités de Valle, Tolima y Norte de Santander, con el 10,8%, 10,4% y 7,0% respectivamente.



Apoyo a la
investigación



Biometría

En la investigación para determinar el factor de conversión de café cereza verde a café cereza rojo, se tomó de cada lote el valor real, de lo recolectado en el semestre en café cereza, y se relacionó con la estimación del total de café cereza verde. Para el primer semestre (julio-diciembre de 2010), en los dos rangos de densidad evaluados, el promedio del factor de conversión fluctuó entre 0,86 y 1,07; con mínimos y máximos observados, entre 0,35 - 0,76 y 0,97 - 2,23, respectivamente; para la edad de 36 meses, en la densidad entre 6.000 y 8.000 árboles, el 50% de los lotes tiene un factor de conversión menor de 0,91, mientras que para esta misma edad, en la densidad mayor de 8.000 árboles, el 50% de los lotes tiene un factor de conversión de 1,05. En el segundo semestre (febrero - junio 2011), el valor promedio mínimo fue del 0,73 y el máximo de 1,21. Para la densidad entre 6.000 - 8.000 árboles por lote y 36 meses de edad, el 50% de los lotes presentó un factor mayor que 1,18, hasta un máximo observado de 1,73; y para la densidad mayor de 8.000 árboles, el 50% de los lotes tiene un factor mayor de 0,51, hasta un máximo observado de 1,7. En cada semestre, no hay diferencia ni entre promedios de las densidades, ni entre las edades, ni entre semestres según prueba de t, al 5%. En general, con la información obtenida hasta el momento, el promedio del factor de conversión de café cereza verde a café cereza rojo es 0,98, con un intervalo entre 0,9 y 1,06, asociado a un coeficiente de confianza del 95%. En la estimación del factor de conversión de café cereza a café pergamino seco,

se observó diferencia del promedio, en la Estación Central Naranjal con respecto a las otras Estaciones Experimentales, según prueba de comparación de Duncan al 5%. El promedio general, incluyendo todas las Estaciones es de 5,29, con un intervalo entre 5,16 y 5,43, asociado a un coeficiente de confianza del 95%. Al excluir Naranjal, el promedio es 4,91, con un intervalo entre 4,87 y 4,95.

En la simulación del cultivo del café con limitación de nitrógeno, se trabajó en las etapas de análisis del sistema y formulación, de tal manera que con resultados experimentales obtenidos por la disciplina de Suelos, se estableció una primera relación entre el rendimiento relativo con el contenido de materia orgánica, y la relación entre reducción de la producción con el contenido de materia orgánica. Dichas relaciones, se establecieron para dos sistemas de luminosidad, semisombra y a plena exposición solar (sol), y se ha decidido, en primera instancia, adaptar la metodología de Steward, propuesta por la FAO, para estimar la producción cuando se considera el factor agua como limitante, en la cual, la producción limitada por nitrógeno, será la producción limitada por el factor agua y sobre ésta se trabaja la producción limitada por materia orgánica.

En el proceso de validación del modelo de broca, se trabajó en la estimación de todas las variables registradas en el campo (valores observados); en la definición de la expresión para emergencia y una evaluación de la

estructura del modelo, con los valores observados de infestación de uno de los lotes de Naranjal. Con los valores observados del porcentaje de frutos perforados por broca, se ha logrado tener comportamientos de infestación contrastantes, dentro de un mismo sitio y entre sitios, para validar el modelo de broca. Con respecto a la expresión para describir la emergencia de la broca, de los frutos del suelo, y de acuerdo con los resultados experimentales obtenidos hasta el momento, se tomó la temperatura como la variable exógena que más influye en el proceso de emergencia y, una vez incluida la expresión (porcentaje de brocas emergidas de los frutos del suelo, en función de la temperatura), en la estructura del modelo, se procedió a simular el comportamiento de la infestación para uno de los lotes de Naranjal (mitaca y principal), de tal manera que la diferencia entre los datos simulados y observados en 8 de 11 estimaciones, estuvo por debajo del 2% de infestación, con un valor máximo de 3,3%. Con este ejercicio, se observó que el modelo sólo simula el comportamiento de la infestación a partir de 90 días después de la floración y para cada ciclo de producción (mitaca o cosecha principal), y para la utilidad que se espera del modelo, como instrumento para el caficultor,

en alertas tempranas de broca, se requiere simular el comportamiento a partir de cualquier momento del cultivo en la etapa productiva, de tal manera que con el modelo no se subestime el comportamiento observado de la infestación en el campo, preferiblemente que se haga una estimación uno a uno o una sobreestimación.

En las primeras mediciones en el campo, de la validación del método de muestreo en surcos, con respecto al método aleatorio, para evaluar la recolección en términos de frutos maduros dejados en el árbol y frutos dejados en el suelo, de 11 jornadas, en siete de ellas, la diferencia absoluta entre las estimaciones con los dos métodos, es menor de un fruto, para los frutos maduros dejados en el árbol; a excepción de una de las jornadas, dicha diferencia fue menor de dos frutos, con un máximo de tres frutos. Para los frutos dejados en el suelo, en ocho de las 11 jornadas, la diferencia absoluta fue menor o igual a un fruto y en las otras tres jornadas osciló entre tres y seis frutos. Hasta el momento, el tiempo medio invertido con el método en surcos para contar en 90 árboles, el número de frutos maduros dejados en el árbol y en el suelo, ha fluctuado entre 39 y 91 minutos por jornada, con dos operarios.



Agroclimatología

La Disciplina de Agroclimatología tiene como actividades:

- Coordinar el funcionamiento de la red climática de la Federación Nacional de Cafeteros y obtener la información básica de clima de las regiones cafeteras de Colombia.
- Asesorar y colaborar con los aspectos climáticos a las disciplinas de Cenicafé.
- Caracterizar los elementos del clima de la zona cafetera y su relación con los aspectos relacionados con el cultivo del café.
- Estudiar el microclima de los cafetales. Balances de radiación solar, de energía y de agua.
- Realizar los estudios de variabilidad climática especialmente El Niño y La Niña, y su incidencia en el clima de la zona cafetera.
- Elaborar las alertas climáticas como apoyo para la planificación de actividades de la caficultura.

Funcionamiento de la Red Climática. Durante este período en la Red Climática de la Federación Nacional de Cafeteros operada por Cenicafé, funcionaron un total de 233 estaciones, así: 55 climatológicas principales, 10 heliopluviográficas, 8 pluviográficas, 160 pluviométricas.

Construcción de mapas de amenaza para la producción de café en la zona cafetera colombiana. ACL1102. Se utilizó información anual de 80 estaciones meteorológicas ubicadas en la zona cafetera para definir una primera

aproximación a la amenaza climática sobre el cultivo del café. Aunque los resultados son preliminares, se resalta que, de las 80 estaciones analizadas:

- Nueve estaciones tienen una amenaza muy alta por déficit hídrico (11%), es decir, hay una probabilidad alta de que uno de cada dos años presenten lluvias inferiores a las adecuadas
- Cinco estaciones tienen amenaza alta por déficit hídrico (6%), es decir, hay una alta probabilidad de que uno de cada tres años presenten lluvias inferiores a las adecuadas
- Cinco estaciones tienen amenaza media por déficit hídrico (6%), es decir, que entre uno de cada seis años y uno de cada cuatro años presentan lluvias anuales inferiores a las adecuadas para el cultivo
- Cuatro estaciones tienen amenaza muy alta por exceso hídrico (5%), es decir, hay una probabilidad alta de que en uno de cada dos años se presenten lluvias anuales superiores a las adecuadas para el cultivo
- Diez estaciones tienen amenaza alta por exceso hídrico (12%), es decir, hay una probabilidad alta de que en estas localidades uno de cada tres años presenten lluvias superiores a las adecuadas para el cultivo
- Seis estaciones tienen amenaza media por exceso hídrico (7%), es decir, que entre uno de cada seis años y uno de cada cuatro años presentan lluvias anuales superiores a las adecuadas

Para determinar la amenaza relacionada con El Niño y La Niña se correlacionó el valor promedio anual del Índice Oceánico de El Niño (conocido como ONI, por sus siglas en inglés) con los valores anuales de precipitación de cada estación meteorológica (80 estaciones) y se encontró que:

- En 25 estaciones (31%) ENOS representa una alta amenaza, debido a que los valores anuales de lluvia están fuertemente relacionados con el ONI ($r < -0,60$)
- En 35 estaciones (43%) la amenaza es media ($-0,60 < r < -0,40$)
- Las 30 estaciones (26%) restantes tienen una baja relación con el ONI y, por lo tanto, tienen una baja relación con el ENOS

Caracterización de la lluvia de la zona cafetera de Colombia a partir de moduladores diferentes a ENOS y ZCIT. ACL1101. Debido a que en algunas estaciones de la zona cafetera colombiana el efecto de ENOS sobre la lluvia es bajo o nulo, en forma preliminar se analizaron 12 estaciones de la zona para determinar el efecto de otros moduladores diferentes al ENOS y la ZCIT sobre la lluvia a diferentes escalas de tiempo. Para definir el efecto de otros moduladores se hizo un análisis de correlación entre los índices que describen a cada uno de los moduladores y la lluvia a diferente escala. Se encontró que:

- En estaciones de la Zona Cafetera Norte, como por ejemplo Pueblo Bello y Aguas Blancas, el efecto de ENOS es marcado durante el segundo semestre del año
- En las estaciones de la Zona Cafetera Norte la lluvia anual está más asociada con el índice que describe el efecto de la Oscilación del Atlántico Norte
- En todas las localidades, el segundo trimestre del año (Trimestre B) es el más dependiente de las condiciones locales, en éste se encuentran las correlaciones más bajas entre lluvia y los índices analizados
- El índice que describe la Oscilación Decadal del Pacífico (PI) sólo presenta correlaciones importantes durante el segundo semestre del año y podría utilizarse para mejorar la forma de analizar el efecto de ENOS sobre la lluvia durante esta época

Efecto de La Niña 2010/2011 en el clima de la zona cafetera y en la caficultura. Durante el período junio

de 2010 a mayo de 2011 se presentaron condiciones de enfriamiento en el océano Pacífico ecuatorial; este evento de La Niña se ha considerado como el más fuerte en los últimos 60 años y originó en la Zona Cafetera de Colombia aumento en las cantidades de lluvia y disminución en las cantidades de brillo solar y la temperatura.

En la zona cafetera de Colombia se observaron aumentos en las cantidades de lluvia durante el período de ocurrencia de La Niña: En el 92% de las localidades se presentaron excesos de lluvia anual superiores al 21%; en el 53% de los sitios se registraron lluvias superiores al 41%; en el 20% de las estaciones se presentaron cantidades de lluvia superiores al 60%; en el 4% de las localidades se presentaron cantidades de lluvia superiores al 81%, con valores extremos del 87%, especialmente en el departamento de Norte de Santander.

En la zona cafetera de Colombia se observaron disminuciones en las horas de brillo solar durante el período de La Niña 2010/2011: En un 67% de las localidades la disminución en el brillo solar fue superior al 16%; en el 46% de las localidades la disminución del brillo solar fue superior al 21%; en el 10% de las estaciones la disminución del brillo solar fue superior al 26%, con valores extremos del 30%. La mayor disminución en el número de horas de brillo solar se presentó en los departamentos de Antioquia, Risaralda, Cauca, Valle y Tolima.

En general, la temperatura máxima estuvo $0,7^{\circ}\text{C}$ por debajo de la media, con valores extremos de $-3,0^{\circ}\text{C}$, observados durante el mes de mayo en las estaciones de Norte de Santander.

Comportamiento del balance hídrico de la zona cafetera 2010/2011. En general, el evento de La Niña 2010/2011 disminuyó la duración de los períodos secos necesarios para una buena floración del café, especialmente en la Zona Central Cafetera: Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca. La ocurrencia de períodos secos favorables para la floración se registraron durante el primer trimestre de 2011 en la Zona Norte: Cesar y Santander, y a mediados del año en la Zona Sur: Cauca, Nariño, Tolima y Huila.



Economía

La principal responsabilidad y función de la disciplina de Economía es brindar el apoyo en la dimensión económica a las investigaciones y trabajos de los profesionales de Cenicafé. No obstante, también se ha incorporado y se fortalecerán las evaluaciones y análisis económicos con las dimensiones ambiental y social, buscando una evaluación económica total, que integre estos tres componentes de la sostenibilidad.

Estudio económico de sistemas de producción cafeteros certificados y no certificados, en dos regiones de Colombia. ECO0306. Con el fin de identificar la viabilidad económica de la implementación de sellos ambientales, se evaluaron los costos de producción, diferencia en productividad y margen bruto de utilidad (MBU) en fincas cafeteras que adoptaron la Norma de Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance, y las que no la han adoptado. Se tomó información del año 2009, en 144 fincas cafeteras de Cundinamarca y Santander, constituidas en pares de fincas certificadas (CE) y no

certificadas (NC), y se registró información de costos e ingresos del café y otras actividades de la finca.

Las fincas certificadas Rainforest de Santander son más productivas por hectárea que aquellas no certificadas; contrario a Cundinamarca, donde la productividad no presentó diferencias estadísticas significativas. Los precios pagados por el café en fincas CE no se diferenciaron de los compensados a las NC, lo que indica que los diferenciales encontrados 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 MBU a favor de los sistemas de producción certificados de Santander. Otros aspectos económicos sugieren ventajas para caficultores CE, en la diversificación de ingresos gracias a la ampliación de actividades agropecuarias.



Documentación

Conscientes de la importancia de apoyar la función investigativa en la institución, durante esta vigencia se centraron los esfuerzos en acciones que contribuyeron para la adecuada gestión de servicios, recursos y colecciones. Lo anterior se evidencia en las siguientes cifras:

Con el programa Desarrollo de colecciones, el cual fortalece el acervo bibliográfico, se adquirieron 522 documentos (114 libros, 399 revistas y 9 folletos). Este material generó la realización de aproximadamente 1.181 registros; alcanzando, las bases de datos, un total de 68.965 y 37.291 registros respectivamente. Se tradujeron 80 resúmenes.

Con los programas de Alerta se realizaron 18 exposiciones en la sala de consultas en las cuales se exhibieron 45

revistas sobre café, 114 libros técnicos, 9 folletos y 399 revistas sobre temas relacionados con los cultivos.

Las consultas a través de internet se vieron incrementadas con el nuevo portal: El año pasado tuvimos un reporte de 622 visitantes en línea; y, este año, sólo entre los meses de agosto y septiembre se generaron 612 consultas.

Repositorio institucional. Es un servicio de información orientado a satisfacer las necesidades de los usuarios sin costos, en texto completo, mediante la protección de derechos de autor y acceso abierto que permite preservar y recuperar documentos. Se inició el Repositorio institucional con una carga inicial de 155 registros en texto completo (Figura 89).



Figura 89. Imagen del Repositorio Digital del Centro, disponible en la página web de Cenicafé.



Divulgación y Transferencia

Los principales clientes de las publicaciones y servicios que presta el área de apoyo Divulgación y Transferencia de Cenicafé son los Extensionistas de la Federación Nacional de Cafeteros y los Cafeteros, debido a que son ellos los que finalmente adoptarán y utilizarán las tecnologías y todos los conocimientos desarrollados en Cenicafé, para el mejoramiento de sus empresas cafeteras. Es así como durante el 2011 se entregaron:

Publicaciones. Revista Cenicafé Vol 61 números 1 - 3, Avances Técnicos 400 al 412 y 2 Boletines Técnicos. Participación de las Disciplinas de investigación: Fitotecnia (6 artículos, 3 Avances), Entomología (3 artículos, 3 Avances), Ingeniería Agrícola (5 artículos, 2 Avances), Fitopatología (1 artículo, 1 Avance, 2 Boletines), Calidad (1 artículo, 2 Avances), Suelos (2 Avances), Mejoramiento Genético (1 artículo), Economía (1 artículo) y Agroclimatología (1 artículo), estos resultados muestran que durante este año la producción de publicaciones de Cenicafé se centró en el 69% de las Disciplinas de Investigación.

Manuales y libros. En cuanto a la producción de folletos y libros, durante el 2011 se entregó el Informe Anual de Actividades de Cenicafé del 2010, el Anuario Meteorológico 2009 y los libros La Materia Orgánica y El café y la roya.

Multimedios. Hoy día es necesario utilizar distintos medios para hacer visible la información, sean digitales,

físicos o virtuales, y así mismo, es necesario integrar estrategias visuales y escritas para hacer llegar las tecnologías. Es así como para las actividades de Cenicafé se deben aprovechar los recursos de videoconferencias, de videos incluidos en las publicaciones digitales y proyectar las publicaciones en la página web. Así mismo, se busca llegar a todos los extensionistas con las conferencias grabadas de los investigadores, como recurso técnico para su trabajo en el campo. De esta manera se optimizará la visibilidad de las publicaciones de Cenicafé.

Como resultados del 2011 se publicaron en la página web de Cenicafé 4 Brocartas y 2 Bionoticias. Se dispusieron tres capítulos del libro de Sistemas de Producción de Café, para su consulta en línea y se grabaron tres presentaciones de los investigadores sobre la roya del cafeto y su manejo integrado y sobre la regulación de la radiación solar en café, para la capacitación del Servicio de Extensión.

Días de campo y talleres. Un trabajo que normalmente ha realizado el área de Divulgación es la logística de actividades tanto en auditorios como en el campo, así mismo, la capacidad de organizar los programas de acuerdo con las necesidades de nuestros clientes y convocar a los investigadores y colaborarles con la organización de material de la mejor calidad, llevan a visualizar que es necesario capacitar directamente en el campo a los extensionistas, en el cual se les pueda llevar

la información vivencial sobre las prácticas recomendadas por Cenicafé. Este trabajo sería un trabajo para y con el Servicio de Extensión, y se enfocaría desde el Acuerdo de Nivel de Servicio Construir Espacios de Interacción.

En esta actividad se ha fortalecido el rol de Cenicafé, con las siguientes capacitaciones:

- Día del Campo SGI, que tuvo como objetivo principal la sensibilización de todos los colaboradores de Cenicafé sobre el Sistema de Gestión Integral
- Logística, participación y ejecución de los dos días de campo para la atención de los Baristas.
- Participación en la organización de día de campo del Comité de Palestina en las instalaciones de Cenicafé - La Granja.
- Participación en la organización y logística de diez talleres de capacitación del Taller SGI con el "Profesor Yarumo".

Reuniones técnicas. La mayoría de visitas que se reciben en Cenicafé son reuniones técnicas. En el acuerdo de Nivel de Servicio Espacios de Interacción se requiere convocar al Servicio de Extensión para que indique cuáles son los temas en los cuales necesitan capacitación y de esta manera organizar programas para su atención. Estas reuniones técnicas sirven como medio de integración entre los investigadores y extensionistas, aunque también ha sido un recurso muy importante para la capacitación de caficultores y estudiantes del SENA, de Universidades, y para la presentación de las actividades de Cenicafé a los socios estratégicos de la Federación Nacional de Cafeteros.

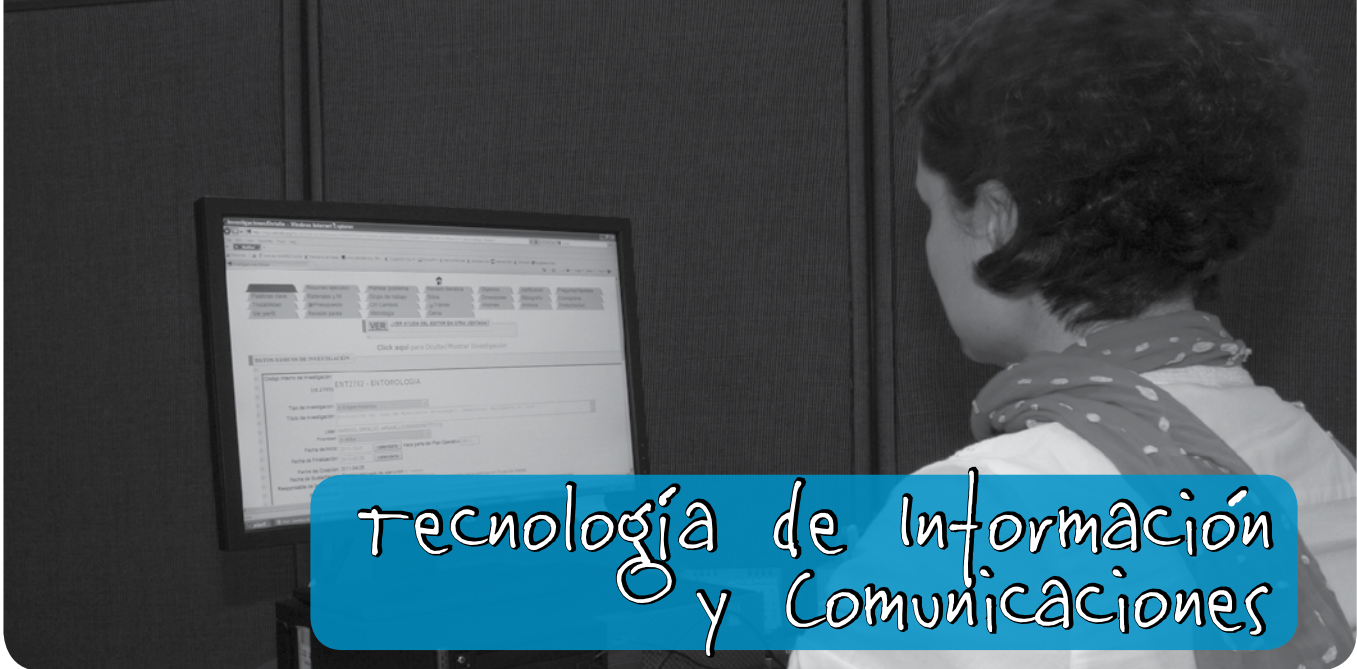
Durante el 2011 se recibieron 17 giras de caficultores, en las cuales se atendieron 603 personas, 36 grupos de

visitantes de Oficina Central y compradores de café (440 personas). De igual manera, se registraron 30 visitas de grupos de estudiantes, en las cuales se capacitaron 660 personas. Esta información muestra la importancia que tiene el Centro para la comunidad educativa y el gran auge de solicitudes para sus capacitaciones.

Distribución de publicaciones. En este tema es necesario optimizar el registro de los usuarios de la página web de Cenicafé para conocer cuántos de éstos realmente están descargando las publicaciones en formato pdf, lo cual puede generar información sobre la distribución virtual. Así mismo, se continuará con la optimización de los envíos físicos, enfocados a los Comités Departamentales de Cafeteros, y a las bibliotecas, con el fin de tener una mayor visibilidad en el medio.

Se diseñaron y enviaron los mensajes por correo de la disponibilidad en la página web del Anuario Meteorológico del 2009, Avances Técnicos 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, Brocarta 43 y 44, Libro El café y la roya, para el Servicio de Extensión y demás colaboradores de la institucionalidad.

Hasta el momento se han enviado 124.500 publicaciones físicas para el Servicio de Extensión, los Miembros principales y suplentes de los Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros, la Gerencia Técnica y por canje a bibliotecas y suscriptores en Colombia y en el exterior. Se enviaron las publicaciones físicas de los Avances Técnicos 397 al 409, entregamos la Revista Cenicafé Vol. 60 Número 4 y Vol. 61 Número 1, el Boletín Técnico No. 36, el libro Materia Orgánica, el multimedia del SMTA, el libro El café y la roya, el libro Mejoramiento de la competitividad y sostenibilidad de los productores de cafés de alta calidad diferenciados, para mercados de cafés especiales, y los Anuarios Meteorológicos 2008 y 2009.



Tecnología de Información y Comunicaciones

Durante la vigencia 2010-2011, debemos mencionar cuatro temas en los cuales se destacó la participación de la Disciplina. A principios del año 2011, se implementó y llevó a cabo el reemplazo total de los dispositivos activos de la red. Tarea que no impactó la operación normal del Centro, gracias a la planeación y puesta en marcha del control de cambios, pero que sí impactó positivamente en la modernización de la conectividad de cada computador. Otro tema que cabe destacar, es la activa participación de los ingenieros de la Disciplina en la puesta en marcha, homologación y adopción de procesos, subprocesos y procedimientos de Tecnología de Información y Comunicaciones estándar, utilizados en toda la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, en el marco del Sistema de Gestión Integral. Ha sido particularmente importante hablar el mismo lenguaje, utilizar los mismos formatos y procedimientos para las tareas que se llevan a cabo al interior de las dependencias. El tercer tema a destacar, es la importancia

que ha cobrado el Sistema de Información y Gestión Administrativa de Investigaciones SIGA en los procesos Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica y en el proceso facilitador Gestionar Tecnología de Información y Comunicaciones, ya que se ha convertido en el sistema soporte de documentación y gestión. Este sistema desarrollado en casa, refleja fielmente los procedimientos establecidos en los procesos y promete convertirse en la herramienta de seguimiento y control a disposición de los investigadores. Finalmente, se debe destacar el gran esfuerzo que realizó el equipo de desarrollo del nuevo portal, diseñando e implementando una interface de usuario agradable, limpia y que acata normas de usabilidad e interactividad de sitios Web y un contenido sencillo y rico en referencias. Hemos querido crear un espacio Web para crear sociedades fuertes con el Servicio de Extensión de la FNC, alrededor del cultivo del café, y propiciar un espacio virtual de interacción entre extensionistas, cafeteros e investigadores.



Procesos Administrativos
y FINANCIEROS

Personal por Servicios Profesionales y Prestación de Servicios

Nombre	Nivel Académico
Álvaro Jaramillo Robledo	Ingeniero Agrónomo. M.Sc.
Kevin Adolfo Hincapie Velásquez	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones**
Diana Marcela Muñoz Nieto	Ingeniera Química
María Del Rosario Rodríguez Lara	Diseñadora Visual
Aníbal Arcila Moreno	Ingeniero Agrónomo
Olga Lucía Daza Sánchez	Ingeniero de Sistemas
Luz Ángela Galindo Leva	Biólogo
Leidy Johanna Tapias Isaza	Química Industrial
Jhon Jaime Arias Hernández	Ingeniero Agrónomo**
Diego Fernando Alzate Henao	Profesional en Mercadeo Nacional e Internacional
Ángela María Castaño Marín	Ingeniero Agrónomo
Óscar Gonzalo Castillo Romero	Ingeniero Catastral y Geodesta**
Héctor Alberto Chica Ramírez	Ingeniero Agrónomo. M.Sc.
Luz Ángela González Serna	Ingeniera de Alimentos
Diego Obando Bonilla	Ingeniero Forestal
Iván Humberto Ríos Arias	Ingeniero Ambiental. Esp.
Claudia Echeverry Rubiano	Biólogo
Julián Hernando Escobar Vélez	Ingeniero Agrónomo
Jaime Arcila Pulgarín	Ingeniero Agrónomo. Ph.D.
Julieth Paola Giraldo Escobar	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones. Esp.
Alejandra González Acevedo	Administrador Ambiental. M.Sc.
Heverth Eduardo Suárez Arcila	Administrador de Sistemas Informáticos
Juan Daniel Buenaventura Aranzazu	Diseñador Industrial
Jenny Paola Pabón Usaquén	Ingeniero Agrícola
Carlos Alfonso Tibaduiza Vianchá	Ingeniero Agrícola
Sonia Patricia Ordoñez Marín	Químico. M.Sc.
Carolina Pérez Henao	Ingeniero de Alimentos. Esp.
Eduardo Tovar Luque	Biólogo
Blanca Irene Vargas Ávila	Ingeniero Agrónomo. M.Sc.
Andres Mauricio Villegas Hincapié	Ingeniero Agrónomo. M.Sc.
Laura Vanessa Zuluaga Cardona	Ingeniera Química
Elsa Natalia Quintero Castro	Profesional en Salud Ocupacional**
Elkin Marcelo Valencia Luna	Ingeniero de Sistemas
Luz Adriana Lince Salazar	Ingeniero Agrónomo y Geólogo
Nelson Duque Rincón	Técnico en Sistemas y Reparación de Computadoras
Hernán Jaramillo Jaramillo	
Orlando Salazar García	
Natalia Valencia Villegas	Tecnóloga en Sistemas
Alexander Jaramillo Jiménez	
Yamile Bedoya Nieto	Técnico Profesional en Técnicas Forestales
Carlos Augusto Ramírez Cardona	Técnico Profesional en Técnicas Forestales
Claudia Viviana Valencia León	Tecnóloga en Administración Financiera
Daniel Martínez Sánchez	Técnico en Mantenimiento Mecánico
Martha Lucía Bobadilla Lezcano	Tecnólogo Químico
Ana Milena Inampuéis Vallejo	Ingeniera Química
Sandra Liliana Largo Vargas	
Arley Valencia Salazar	Ingeniero Electrónico**
Diego Alejandro Arcila Vasco	Tecnólogo en Administración Agropecuaria

** Adelantando estudios en el país

Estudiantes vinculados a Cenicafé

Nombre	Título de la investigación	Universidad	Profesión	Tipo de contrato
MORENO SALAZAR JORGE EDUARDO	Evaluación y desarrollo de equipos de aspersión para el control de plagas de café	Tecnológica de Pereira	Ingeniero Mecánico	Desarrollo de Tesis de Pregrado
TABAMA JAVIER FELIPE	Implementación de tecnologías para el procesamiento de datos en paralelo y despliegue de información relacionada al café en un sistema integrado Web	De los Andes	Biólogo	Desarrollo Tesis de Doctorado
ALDAZ NATALIA	Biología, hábitos y alternativas de manejo de <i>Corthylus zuluetae</i> en plantaciones de aliso (<i>Alnus acuminata</i> spp. <i>acuminata</i>) en la cuenca de Río Blanco, Manzanales	De Caldas	Ingeniero Agrónomo	Desarrollo de Tesis de Pregrado
CIFUENTES CARVAJAL ADRIANA	Biología, hábitos y alternativas de control de <i>Corthylus</i> n. sp. en plantaciones de aliso (<i>Alnus acuminata</i> spp. <i>acuminata</i>) en la cuenca del Río Blanco, Manzanales	De Caldas	Biólogo	Desarrollo de Tesis de Pregrado
GUERRERO CASTILLO YULI VIVIANA	Incorporación de la Biodiversidad al paisaje cafetero-Componente Agroforestal	De Nariño	Ingeniera Agroforestal	Desarrollo Pasantía Pregrado
GUTIÉRREZ FLÓREZ JHONY MAURICIO	Secador para café utilizando como combustible alcohol carburante obtenido de los subproductos del proceso de beneficio húmedo	Tecnológica de Pereira	Ingeniero Mecánico	Desarrollo de Tesis de Maestría
HOYOS SUÁREZ JUAN FELIPE	Desarrollo y evaluación de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva del café	Tecnológica de Pereira	Ingeniero Mecánico	Desarrollo Pasantía Pregrado
TORRES OCAMPO STIVEN	Determinación del consumo específico de agua para el lavado del café con la tecnología DESLIM, en proceso con fermentación natural	Tecnológica de Pereira	Ingeniero Mecánico	Desarrollo Pasantía Pregrado
BUSTAMANTE GIRALDO LILIANA JIMENA	Mejoramiento por hibridación para la obtención de variedades de café resistentes a la broca	De Caldas	Ingeniero Agrónomo	Desarrollo de Tesis de Maestría
FRANCO ARCILA CRISTIAN DAVID	Estudio de la calidad y del contenido de elementos químicos en café de Colombia según los suelos y la altitud del cultivo	De Caldas	Ingeniero de Alimentos	Desarrollo pasantía Pregrado
CIFUENTES GUZMAN ERIKA VANESSA	Programa de Prevención de Riesgo Biológico	CERES Universidad del Tolima	Profesional en Salud Ocupacional	Desarrollo pasantía Pregrado
GARCÍA VALBUENA INGRI MALEIDY	Análisis logístico en el proceso de capacitación costos, beneficios	CERES Universidad del Tolima	Tecnóloga en Administración Financiera	Desarrollo pasantía Pregrado
CASTRO QUINTERO ANDRÉS FELIPE	Pérdidas por lixiviación y volatilización de fuentes de nitrógeno en suelo de la zona cafetera colombiana	De Caldas	Ingeniero Agrónomo	Desarrollo de Tesis de Pregrado

Convenios de Investigación con Entidades Nacionales

Entidad	Convenios	Investigaciones	Miles \$ ⁽¹⁾	%
BASF Química de Colombia	1	1	62.443	0,81
Casa Luker S.A.	1	1	329.312	4,25
CINTEL	1	1	30.890	0,40
Colciencias ⁽²⁾	7	8	578.697	7,47
Dupont de Colombia S.A.	1	1	78.000	1,01
Ecoflora S.A.S.	1	1	31.552	0,41
Fiduagraria	1	1	99.693	1,29
Hydro Agri Colombia Ltda	1	1	27.822	0,36
Ingredientes y Productos Funcionales I.P.F. S.A.	1	1	18.549	0,24
Ministerio Agricultura - Genoma (Convenio 067 de 2007) ⁽³⁾	1	30	3.801.193	49,09
Ministerio Agricultura - Genoma (Convenio 102 de 2011) ⁽⁴⁾	1	35	2.500.000	32,29
Ministerio de Agricultura	1	2	139.436	1,80
Monómeros Colombo Venezolanos	1	1	9.000	0,12
Monómeros Colombo Venezolanos / Kali Und Salz GmbH	1	1	211	0,00
Orius Biotecnología	1	1	14.475	0,19
Patrimonio Natural	1	1	6.822	0,09
Timac Agro Colombia S.A.S.	1	1	14.502	0,19
Total	23	88	7.742.596	100

⁽¹⁾ Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 más el saldo del año 2010

⁽²⁾ Incluye aporte de la Universidad de los Andes por \$1.280.000

⁽³⁾ Convenio finalizado el 30 de Junio de 2011.

⁽⁴⁾ Convenio 102 de 2011 "Aplicación de desarrollos Genómicos en la sostenibilidad de la caficultura Colombiana" Vigente desde el 14 de Julio de 2011

Convenios de Investigación con Entidades Internacionales

Entidad	Convenios	Investigaciones	Miles \$ ⁽¹⁾	%
Banco Interamericano de Desarrollo BID	1	1	597.450	33,99
Fundación Humanismo y Democracia	1	1	59.281	3,37
IICA/CIAT	4	7	424.541	24,16
Nestlé S.A.	1	1	80.101	4,56
Plato Industries Ltd	1	1	51.876	2,95
Prog. Naciones Unidas para el Desarrollo	1	2	25.268	1,44
Rainforest Alliance	1	1	41.397	2,36
Sulphate Of Potasih Information Board-Sopib	1	1	21.015	1,20
Syngenta S.A.	3	5	156.821	8,92
The Natural Conservancy TNC	1	1	141.226	8,04
US Forest Service	1	1	158.580	9,02
Total	16	22	1.757.556	100

⁽¹⁾ Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 más el saldo del año 2010

Cualificación del personal - Cenicafé

Nivel académico	No. Personas
Doctorado	20
Doctorado en formación	11
Maestría	42
Maestría en formación	19
Especialización	12
Especialización en formación	2
Pregrado	96
Pregrado en formación	1
Técnicos/Tecnólogos	29
Tecnólogos en formación	1
Bachiller/primaria	204
Total	437

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA
GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
Centro Nacional de Investigaciones de Café
Pedro Uribe Mejía

DIRECCIÓN

Fernando Gast H., Biólogo Ph.D.
Ángela Liliana Zapata R., Administradora de Empresas M.Sc.

DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD Y MANEJO AMBIENTAL

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.
Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga
Gustavo Echeverri M.
Uriel López P.
Lizeth Maritza Jiménez L., Aprendiz Universitario
Oliver Mauricio Belalcázar R., Aprendiz Universitario

BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN

Jorge Eduardo Botero E., Ecólogo Ph.D.
Eddy Catalina Casas Cruz., Biólogo, Esp.
Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista
Néstor Gustavo Franco R., Técnico en Gestión de Recursos Naturales
Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y Zootecnista
Gloria María Lentijo J., Bióloga M.Sc.

FISIOLOGÍA VEGETAL

Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo Ph.D.
Luis Fernando Gómez G. Ing. Agrónomo Ph.D.
Juan Carlos López R. Ing. Agrónomo M.Sc.
Aristóteles Ortiz, Químico*
Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.
Jenny Lorena Aguirre M., Ing. de Alimentos
Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónoma
María José Chica M., Ing. de Alimentos Esp.
Luz Fanny Echeverry G., Tecnólogo Químico**
Marta Bibiana Escobar P., Tecnólogo Químico
Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo
Adriana Medina C., Licenciada en Biología
Mauricio Serna O., Ing. Electrónico
Mario Franco A.
Faber De Los Ríos P.
Braian Alejandro López O.
Claudia Marcela Mora A.

SUELOS

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo M.Sc.**
Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo Esp.**
José Horacio Rivera P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Edgar Hincapié G., Ing. Agrónomo*
Alveiro Salamanca J., Ing. Agrónomo*
Beatriz Mejía M., Tecnólogo Químico Esp.

FITOTECNIA

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Argemiro Miguel Moreno B., Ing. Agrónomo M.Sc.
Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal*
Víctor Hugo Ramírez B., Ing. Agrónomo M.Sc.
Javier Salazar D.

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.*
Diana Villarreal P., Lic. en Biología y Química Ph.D.
Carolina Aguilera G., Química Farmacéutica
Claudia Patricia Bolívar F., Química Industrial
Gloria Cecilia Camayo V., Licenciatura en Biología y Química
Paola Andrea Cárdenas C., Bióloga
José David Cortes M., Químico
Andrés Durán J., Ing. de Producción Biotecnológica
Fernando Alexander García B., Ing. Agrónomo
Jenny Dimelza Gómez A., Microbióloga M.Sc.
Diana Constanza Gómez G., Bióloga
Alexandra Milena González R., Bióloga
Félix Alberto Guzmán D., Biólogo M.Sc.
Ífigenia Hurtado T., Ing. Agrónomo M.Sc.
Jefersson Medina O., Biólogo
Juan Carlos Montoya C., Biólogo
Luisa Fernanda Patiño C., Ing. Biológica
Conrado Antonio Quintero D., Administrador Financiero
Andrés Ricardo Ramírez S., Biólogo M.Sc.
Gladys Romero G., Bióloga M.Sc.
Juan Vicente R., Ing. Agrónomo M.Sc.
Claudia Tabares A., Ing. Química
Luisa Mayens Vásquez R., Ing. Agrónomo
Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero
Hernán Darío López M., Biólogo M.Sc.
Claudia Patricia Valencia V.
Luis Enrique Chanchí A.
Hernán Díaz C.
Cruz Elena Díaz M.
Duván Gallego A.
Juan Pablo Jaramillo B.
Manuel Antonio Llano S.
Jairo Nieto L.
Omar Villarreal

ENTOMOLOGÍA

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.
 Carmenza E. 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 Entomólogo M.Sc.
 Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Sandra Milena Idárraga O., Bióloga*
 Flor Edith Acevedo B., Ing. Agrónomo*
 Carlos Hernán Barrera R., Biólogo
 Ana María Castro T., Microbióloga M.Sc.
 Luz América Córdoba C., Ing. de Producción Biotecnológica
 Juan Carlos Flórez V., Biólogo
 Eric Marcelo Hernández H., Zootecnista
 Julián David Hincapié B., Ing. Agrónomo
 Jorge Luis Jaramillo G., Ing. Agrónomo
 Mauricio Jiménez Q., Tecnólogo Administración Agropecuaria
 Luz María Escobar L., Biólogo M.Sc.
 Eliana del Pilar Macea C., Biólogo
 Javier Guillermo Mantilla A., Biólogo
 Harol Enrique Martínez C., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Claudia Patricia Martínez D., Bacterióloga
 Lucio Navarro E., Biólogo*
 Jonathan Núñez P., Biólogo
 Luis Gabriel Pérez V., Biólogo
 Juan Carlos Ortiz F.
 Gloria Patricia Naranjo E.
 Carlos Alberto Quintero A.,
 Diana Soraya Rodríguez A.,
 Claudia Bibiana Tabares B.,
 José Robin García C.
 Diana Marcela Giraldo V.
 Jairo Hernán Henao D.

AGROCLIMATOLOGÍA

Álvaro Jaramillo R., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Andrés Javier Peña Q., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Julián Andrés Valencia A., Ing. Agrónomo
 Wílmar A. Rendón G., Tecnólogo en Sistemas Informáticos

Myriam Giraldo M.
 Luis Gonzaga Henao R.
 Fabián Sánchez L.
 Luis Fernando Torres Q.

FITOPATOLOGÍA

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.
 Carlos Ariel Ángel C., Ing. Agrónomo Ph.D.*
 Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.
 Bertha Lucía Castro C., Ing. Agrónomo M.Sc.*
 Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Claudia Patricia Sanabria G., Lic. en Biología M.Sc.*
 David Octavio Botero R., Biólogo
 Ángela Judith Carreño P., Bióloga M.Sc.
 Narmer Fernando Galeano V., Microbiólogo
 William Gustavo Giraldo R., Ing. de Sistemas Especialista
 Carlos Alberto Zuluaga E., Tecnólogo en Mantenimiento en Comp. y Redes
 Carlos Arturo González V.
 Jorge Dicksson Ocampo M.

SOSTENIBILIDAD

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos Esp.**
 Gloria Esperanza Aristizábal V., Lic. en Bióloga y Química M.Sc.
 María Cristina Chaparro C., Química
 Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química
 Angélica María Campuzano C., Ing. de Alimentos Especialista
 Mario López L.

INGENIERÍA AGRÍCOLA

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.
 César Augusto Ramírez G., Arquitecto M.Sc.
 Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.
 Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.
 Paula Jimena Ramos Giraldo., Ing. Electrónico M.Sc.
 Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
 José Farid López D., Tecnólogo en Administración Agropecuaria
 Javier Arias H.
 Mario Espinosa G.
 Javier Velásquez H.

EXPERIMENTACIÓN

Carlos Gonzalo Mejía M., Administrador de Empresas Agropecuarias**
 Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo*
 María Lucero Arias V., Administradora de Empresas Financieras
 Andrés Felipe Gallego A.
 Arturo Gómez V.

Estación Central Naranjal

José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo**
 José Javier Ramírez P.

Estación Experimental El Tambo

Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo**

Estación Experimental El Rosario

Jorge Andrés Zapata O., Ing. Agrónomo
 Iván De Jesús Arango P.

Estación Experimental La Catalina

Diego Fabián Montoya., Agrónomo
 Francisco Javier Alzate O.
 Vidal De Jesús Largo T.

Estación Experimental Líbano

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Paraguaicito

Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo
 Daniel Antonio Franco C., Tecnólogo en Gestión Agropecuaria

Estación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Santander

Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo
 Melsar Danilo Santamaría B., Ing. de Alimentos

APOYO A LA INVESTIGACIÓN

BIOMETRÍA

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.
Rubén Darío Medina R., Estadístico M.Sc.
Hernando García O., Técnico en Mantenimiento Eléctrico

DOCUMENTACIÓN

Alma Patricia Henao T., Bibliotecóloga Esp.
Yudy Andrea Montes B., Licenciada en Lenguas Modernas
Christian Augusto Ospina R., Aprendiz

ECONOMÍA

César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.

DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónomo**
Carmenza Bacca R., Diseñadora Visual
Jair Montoya T., Administrador de Empresas**
Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero
José Gonzalo Hoyos S., Tecnólogo en Dibujo Publicitario
Carlos Alberto Gutiérrez S., Aprendiz

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas, Contador Público, Esp.
Rufina Perdomo G.
Paola Andrea Pérez M., Aprendiz

Contabilidad

Martha Elena Vélez H., Contador Público Esp.
Jesús Danilo González O., Contador Esp.
María Consuelo González Hoyos

Mantenimiento y Servicios

Jairo Zapata Z., Ing. Electricista
Óscar Fernando Ramírez C., Ing. Mecatrónico
Jairo Coy M., Administrador de Empresas
Gabriel Hernando Ortiz C., Tecnólogo en Gestión Bancaria y Financiera
Diego Giraldo
José Asdrúbal Muñoz
Rogelio Rodríguez G.
Luis Alfonso Sánchez H.
Javier Vanegas V.
Eduardo Villegas A.
Fredy Hernán Osorio C.

Tesorería

Janeth Alexandra Zuluaga M., Economista Empresarial M.Sc.

Talento Humano

Erica Galvis R., Trabajadora Social Especialista**
Luz Yaneth Guarín C., Tecnólogo en Administración de Negocios
Germán Uriel G., Administrador de Empresas

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L. Ing. Industrial M.Sc.
Damaris Márquez G., Administradora Financiera**
Daniel Eduardo Ramírez L., Administrador de Empresas

Bienes y Servicios

Carlos Arturo González V., Ing. Industrial M.Sc.
Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial
Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de Negocios
Ángela Jaramillo G., Profesional en Comercio Internacional**
Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público
Kelly Johana Correa A., Tecnología en Administración de Negocios
Nancy Elena Pérez M., Contador Público
Yolanda Castaño G.
Gabriel Antonio Melo P.

Tecnología de la Información y la Comunicación

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico
Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.**
Luz Ángela Fernández R., Licenciada en Psicopedagogía

* Comisión de Estudios

** Adelantando estudios en el país



Cenicafé

Al Servicio de los caficultores colombianos desde 1938