

Informe Anual **Cenicafé** 2012



FoNC
Fondo Nacional del Café



**Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia**

Ministro de Hacienda y Crédito Público

Mauricio Cárdenas Santamaría

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Juan Camilo Restrepo Salazar

Ministro de Comercio, Industria y Turismo

Sergio Díazgranados

Director del Departamento Nacional de Planeación

Mauricio Santa María

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 2012

PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ

Editor:

Sandra Milena Marín López - Ing. Agr.

Diseño y diagramación:

María del Rosario Rodríguez Lara

Fotografías:

Óscar J. Loaiza, Gonzalo Hoyos Salazar - Archivo de Cenicafé y Disciplinas de Investigación

Impresión: Editorial Blanecolor S.A.S.

ISSN - 2145-521X

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

Contenido

5 **Resumen Ejecutivo**

21 **Disciplinas de Investigación**

Fisiología
Suelos
Fitopatología
Entomología
Mejoramiento Genético
Fitotecnia
Ingeniería Agrícola
Gestión de recursos naturales y Biología y Conservación
Calidad
Experimentación
Investigaciones Interdisciplinarias

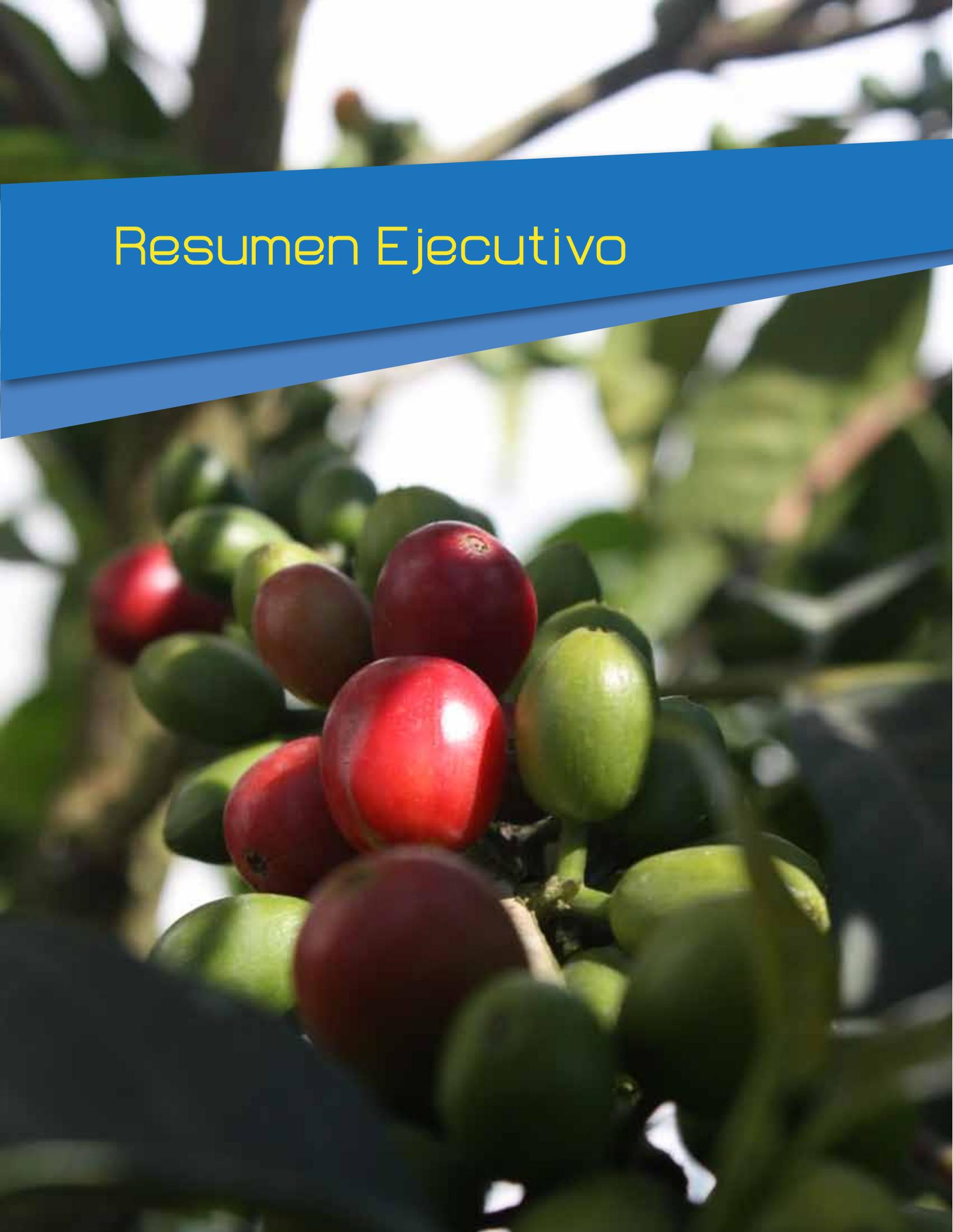
117 **Apoyo a la Investigación**

Agroclimatología
Biometría
Economía
Sostenibilidad
Documentación
Divulgación y Transferencia

137 **Procesos Administrativos y Financieros**



Resumen Ejecutivo



En el desarrollo del Plan Estratégico de la Federación, Cenicafé participa fundamentalmente con la propuesta de valor al caficultor Competitividad e Innovación, en la generación de conocimientos, tecnologías e innovaciones, para el Gremio. Las investigaciones que se adelantaron durante el 2012 se fundamentaron en el documento estratégico de la Federación Nacional de Cafeteros, con miras a la sostenibilidad de la caficultura, a partir de la definición e implementación de las alternativas de adaptación para la caficultura en Colombia, que contribuyan a recuperar, estabilizar y aumentar la producción y la productividad de los cafetales, con sostenibilidad y calidad, teniendo en cuenta los principales factores determinantes que inciden en la producción y la productividad bajo una óptica regional.

Se presentan los resultados de la gestión de Cenicafé durante el 2012:

Variedades de café

Evaluación de la Colección Colombiana de Café (CCC). Se completó el estudio de la variabilidad genética y morfológica de las 18 accesiones de *Coffea liberica* presentes en la Colección Colombiana de Café. En este sentido, se tienen evaluaciones parciales de germoplasma en el campo, para diferentes características agronómicas y de calidad.

Se evaluaron 393 introducciones Etiópicas por características físicas de grano, análisis sensorial y contenidos de compuestos químicos. Con esta información se seleccionaron 50 introducciones que representaron la variación original; posteriormente, con un análisis de de DNA se definió un grupo de 15 introducciones, las cuales fueron sembradas en ambientes contrastantes de la Zona Cafetera Colombiana, como son Pueblo Bello (Cesar), El Tambo (Cauca), Estación Central Naranjal (Caldas), Estación Experimental El Rosario (Antioquia) y Pinchote (Santander), y se compararon con los testigos comerciales Tabi, Maragogipe, Típica y Borbón. Los resultados parciales de una sola localidad, para la variable morfológica altura muestran que todos los materiales Etiópicos son de menor altura que los testigos; para la variable diámetro de copa el testigo Tabi y las introducciones E069 y E286 presentaron los mayores valores con 199, 173 y 185 cm, respectivamente; para el número de cruces de ramas en el testigo Borbón y el E546 mostraron el mayor valor con 31 y 30, respectivamente. La información de contenidos químicos mostró una amplia variación, principalmente para los lípidos y sacarosa; para el primer grupo de compuestos,

todas las introducciones presentaron los valores más altos (cerca al 17% BS) cuando fueron comparados con los testigos; altos contenidos de lípidos favorecen las características de acidez en la taza. Los anteriores resultados muestran el potencial que presentan las introducciones Etiópicas para la identificación de variación, con el fin de seleccionar y desarrollar futuras variedades.

Evaluación sensorial de líneas élites de café. Un grupo de 51 líneas de generación F4 y F5, 18 componentes de la Variedad Castillo® y 33 del cruce de Borbón x Híbrido de Timor, se seleccionaron para su evaluación sensorial, de acuerdo a la escala de calificación del panel de la compañía Nestlé. Los resultados permitieron identificar que 11 líneas élites y un cruzamiento, que cumplen con el perfil más exigente de la escala (1,1+), el cual agrupa a tazas para el mercado gourmet; estos resultados demuestran la alta calidad de los materiales existentes en el Programa de Mejoramiento Genético, así como el potencial que poseen las líneas élite de la Variedad Castillo® para el desarrollo y conformación de los clúster de calidad que adelanta Nestlé, en diferentes partes del país.

Progenies avanzadas para evaluación regional en Colombia. Se han desarrollado y seleccionado progenies de tercera generación en adelante, provenientes de cruzamientos de Caturra x Híbrido de Timor, de líneas que componen la Variedad Castillo® y la variedad Colombia, por germoplasma Etiópico, y de retrocruzamiento de var. Caturra x *C. canephora*, de muy buena producción y características agronómicas, con resistencia a la roya del cafeto. Algunas de estas progenies están en quinta generación, y además, tienen resistencia a la enfermedad de los frutos de café (CBD). Estas progenies F5 son la base de las futuras variedades de café.

Adaptación a condiciones abióticas. De los materiales con los cuales cuenta Cenicafé en la Colección Colombiana de Café, se evaluaron cuatro accesiones Etiópicas, un híbrido de *Coffea arabica* x *Coffea liberica* y plantas F3 de Caturra x Híbrido de Timor, materiales que mostraron tolerancia al déficit hídrico, al mantener los estomas abiertos cuando se presentaban condiciones ambientales de déficit hídrico, y no disminuían la conductancia estomática ni de la tasa de asimilación neta; de lo cual depende directamente el crecimiento y el rendimiento de la planta de café.

Uso eficiente del nitrógeno en plantas de café. Se adelantaron estudios del uso eficiente del nitrógeno con el fin de evaluar esta característica en diferentes

accesiones de la Colección Colombiana de Café y disponer las bases de los mecanismos genéticos que la regulan. Esta investigación permitirá plantear estrategias para la selección y mejoramiento de variedades de café, con igual o mayor producción y con menor demanda en fertilizantes.

Mapa genético. Actualmente, se cuenta con aproximadamente el 75% de los genes que están involucrados con todas las funciones biológicas del café de Colombia. Lo cual equivale a la identificación de 55.554 genes de *C. arabica* relacionados con resistencia a factores bióticos, nutrición, calidad, floración y producción, y otras características de interés.

Se dispone de 1.543 marcadores mapeados. Debido a su saturación, este mapa permite la localización robusta de los genes responsables por la producción, la resistencia a la roya y al CBD, así como aquellos relacionados con la calidad en taza de café.

Se continúa evaluando la población F2 de mapeo por su resistencia a la enfermedad de la cereza del café (CBD), con el fin de localizar los genes de resistencia a esta enfermedad en el genoma del café.

Se avanzó en el conocimiento de los factores genéticos y ambientales que regulan el proceso de la floración del cafeto. Es así como se tienen los perfiles de la actividad de genes relacionados con el rompimiento de la latencia de los botones florales, lo cual constituye la primera aproximación al entendimiento de las bases genéticas relacionadas con la floración del café mediada por el estrés hídrico. El conocimiento generado en términos de floración, permitirá establecer estrategias de manejo y predicción de este fenómeno.

Estudios de calidad: Origen, trazabilidad y referenciación

Identificación de mezclas en el café de Colombia: Con el fin de implementar el control de calidad del producto “100% Café de Colombia” en muestras de venta comercial y de origen nacional, se trabajó en la construcción de un modelo confiable de predicción para la presencia o adulteración con café robusta. Los coeficientes de determinación para la calibración y validación cruzada y el error de calibración, permitieron la obtención de un modelo que identifica la presencia de café robusta cuando es mezclado con café de la especie *Coffea arabica*. Adicionalmente, para validar el modelo se realizó

una cuantificación del diterpeno 16 OMC, compuesto químico (marcador bioquímico), como indicador de la presencia de café robusta; los resultados mostraron que la técnica de espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIRS) puede utilizarse como herramienta en el control de calidad y autenticidad del café de Colombia de manera rutinaria.

Implementación de la RED NIRS en la Federación Nacional de Cafeteros para el control de calidad del Café de Colombia. Teniendo en cuenta los diferentes desarrollos y resultados obtenidos con la técnica NIRS, para la predicción de compuestos químicos, el desarrollo de modelos de identificación de adulteraciones del Café de Colombia con café de la especie *Coffea canephora* (robusta) o *Coffea arabica* de otros orígenes, los modelos de trazabilidad de origen del Café de Colombia y los modelos de clasificación para las denominaciones de origen regional, se inició la construcción e implementación de la primera RED NIRS en café, para el control de calidad del Café de Colombia en la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Estos desarrollos fueron transferidos, previa estandarización y validación de la base de datos, a tres equipos máster localizados en Almacafé, Buencafé y Cenicafe, y tres equipos satélites que se ubicaron en los Puertos de Buenavenura, Santa Marta y Cartagena. Actualmente, todos los equipos se encuentran instalados y calibrados en cada una de las dependencias y operan sin restricciones técnicas de manera rutinaria.

Composición química de variedades del café, según la región del cultivo, unidad de suelo, altitud y formas de desarrollo del beneficio. Se generó conocimiento sobre la magnitud y frecuencia de las características de la calidad de los granos y en taza y la composición química de las variedades de café, según la región del cultivo, unidad de suelo, altitud y formas de desarrollo del beneficio. Dentro de los resultados obtenidos, sin considerar el carbono, hidrógeno y oxígeno, los elementos más abundantes en grano de café son nitrógeno, potasio, azufre, fósforo, calcio, que son los principales constituyentes de los vegetales. Por el contrario, los elementos químicos más abundantes en los suelos cafeteros son aluminio, hierro, potasio, azufre, magnesio, Ca, que se relacionan con la abundancia de los elementos químicos en la corteza terrestre.

Las mayores diferencias en los contenidos de elementos químicos en el grano de café se encontraron a nivel de finca, lo cual puede estar asociado a las prácticas culturales de fertilización y manejo fitosanitario

del cafetal, así como al origen geológico de los suelos. Así, en el 42% de las fincas del estudio no hubo presencia de uno o más de los siguientes elementos químicos en el grano de café arsénico, oro, berilio, bismuto, germanio, paladio, antimonio, escadio, selenio, telurio y talio; en consecuencia, el café producido en estas fincas puede diferenciarse por la carencia de estos elementos, en especial, porque la mayoría son elementos químicos pesados. Igualmente, el grano de café verde, el suelo y las aguas empleadas para el lavado del café, procedentes de la unidad de suelo Malabar en el Quindío, no presentaron paladio (Pd), resultado que puede usarse como marcador químico de especificación de diferenciación, para, el café de esta procedencia.

Los elementos químicos más diferenciadores en el grano de café verde son: arsénico, bismuto, paladio, telurio, talio, que a su vez son elementos químicos pesados y se encuentran en pequeñas cantidades en el grano. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, a través de cada departamento, municipio y finca pueden aprovechar la información generada en esta investigación para destacar la inocuidad del café producido, mejorar las prácticas de manejo fitosanitario del café y de procesamiento de café con calidad en las fincas.

Uso industrial en café. Se desarrolló un protocolo para la producción de Manano-Oligo-Sacáridos (MOS) a partir de la borra del café, mediante hidrólisis térmica y enzimática, utilizando la endo-mananasa, una enzima identificada y aislada de la broca. Estos compuestos, conocidos como prebióticos, son alimentos que estimulan el crecimiento y la actividad de bacterias en el colon, mejorando la salud del consumidor.

Así mismo, se determinó que las hojas de café tienen una alta capacidad antioxidante, las cuales podrían utilizarse potencialmente para la fabricación de bebidas, generando valor agregado.

Densidad y arreglo espacial de los cafetales

Densidad de siembra y arreglos espaciales del cultivo. Se ha evaluado la edad óptima de eliminación de la yema terminal de plantas de café en almácigo o “descope”, esta práctica se recomienda como una estrategia de mantener una alta densidad de tallos productivos por unidad de área, con un menor número de sitios de siembra, lo que permite una disminución en el número de sitios de siembra y material de siembra (colinos), los resultados preliminares de

esta investigación, muestran que es posible hacer el descope en plantas de café en almácigo, entre el primer y el cuarto mes de transplantadas en las bolsas del almácigo, sin reducción en el área foliar y el peso seco.

Además, se ha avanzado en el estudio de la respuesta en producción, al aumento del número de tallos de la zoca. Para conocer la respuesta agronómica de esta práctica, definida como producción en arrobos de café pergamino seco por hectárea, se comparó la producción de un ciclo de cuatro cosechas de la variedad Colombia, con diferentes disposiciones y formas de obtener el número de tallos, mayor a 10.000 tallos/ha, frente al testigo de 10.000 tallos/ha.

Se compararon cuatro números de tallos por hectárea, de 20.000 pasar a 15.000, de 20.000 pasar a 10.000, de 15.000 a 10.000 y de 20.000 a 5.000. Lo anterior se hizo mediante la eliminación de tallos o raleo, después de las dos primeras cosechas, de manera respectiva en arreglo espacial 2 x 1 m y 1 x 1 m, con los siguientes resultados. No hubo diferencia estadística con el testigo en las dos primeras cosechas, en ambos arreglos. Después del raleo, en el arreglo 2 x 1 m, cuando se pasó de 20.000 a 15.000 tallos/ha, la producción superó al testigo, mientras que en el arreglo 1 x 1 m, hubo diferencias cuando se pasó de 20.000 a 10.000 tallos/ha. Esto demuestra que cuando se renueva por zoqueo en variedad Colombia, dejar más de 10.000 tallos/ha permite mayor producción que con 10.000 tallos/ha durante todo el ciclo, si se tiene en cuenta el arreglo espacial del café, debido a que la diferencia se registró tanto con la media de las dos últimas cosechas como con la media general de las cuatro cosechas.

En cuanto a la Variedad Castillo® y sus derivadas regionales, es de anotar que éstas tienen un porte y desarrollo mayor, según los reportes de los Avances Técnicos de Cenicafé Números 337 al 343, y los criterios para el establecimiento de los lotes de producción de semilla en las Estaciones Experimentales de Cenicafé. En este sentido, para la Variedad Castillo® pueden establecerse entre de 7.500 a 8.500 plantas o tallos individuales por hectárea, para las condiciones óptimas del cultivo de café, en la Estación Central Naranjal. Así mismo, la densidad, para renovación por siembra o zoca, depende de la zona, la pendiente y el patrón del crecimiento del café, las cuales integralmente permiten establecer criterios de siembra, duración del cultivo y número de plantas por hectárea.

Caficultura de precisión. Se ha avanzado en las investigaciones relacionadas con el manejo específico por sitio. En tal sentido, se ha evaluado y ajustado una metodología para la evaluación planta a planta, de la eficacia de la fertilización con nitrógeno en café, a partir de las lecturas de clorofila en el campo, mediante índices espectrales, herramienta complementaria al análisis de suelos, que permite sin necesidad de hacer muestreos destructivos, evaluar en el campo el estatus nutricional del cultivo de café y hacer seguimiento a lo largo del año. En el marco de este proyecto se desarrolló un aplicativo web que inicialmente para los caficultores y Extensionistas del departamento del Quindío, permite conocer su nivel de riesgo de reducción de su producción por el déficit y el exceso hídrico.

Envejecimiento y renovación de los cafetales

Criterios fisiológicos para la producción de plántulas de café. Actualmente, se adelantan estudios para determinar la viabilidad de utilizar nuevos contenedores y sustratos alternativos para la elaboración de almácigos, con el propósito de contribuir con las políticas de renovación de cafetales adelantada actualmente por la Federación Nacional de Cafeteros.

Manejo fitosanitario

Manejo de enfermedades

Resistencia a la roya del cafeto. En el campo, se sembraron 375 genotipos derivados de cruzamientos entre líneas élite de la Variedad Castillo® e introducciones portadoras del gen de resistencia SH3. La presencia de este gen en las plantas F1 fue comprobada mediante análisis molecular, con marcadores validados previamente. Estos híbridos, serán seleccionados por su comportamiento agronómico y resistencia a la roya. Así mismo, se identificó una región genómica correspondiente a un nuevo factor de resistencia contra la roya, la cual se encuentra en más del 60% de los genotipos élite de la Variedad Castillo® evaluados y en los híbridos CIFC1343 y CIFC 832/2, mientras que está ausente en el híbrido CIFC 832/1.

Enfermedad de los frutos del café. Se encontraron tres marcadores moleculares (FR34-6ctg, CMA276 y Sat227), asociados a la resistencia a CBD, en introducciones portadoras de los genes *T* y *R*. Estos tres microsatélites serán utilizados en la selección precoz de genotipos portadores de resistencia a esta enfermedad. Adicionalmente, con los marcadores

CMA276 y Sat227 se detectaron bandas que estarían asociadas a un alelo de resistencia presente en introducciones Etiópes de *C. arabica*.

Se compararon los proteomas (conjunto de proteínas que se expresan en un individuo) de dos introducciones resistentes a CBD (Híbrido de Timor y CCC1147) con el de la variedad susceptible, Caturra. Se detectaron 52 puntos de proteínas con diferencias en su expresión, y mediante análisis de las secuencias se identificaron 14 proteínas en el Híbrido de Timor, asociadas con resistencia y defensa a patógenos, y 14 en la introducción CCC1147.

Manejo integrado de enfermedades. En el componente de sanidad vegetal, desarrollando recomendaciones de control químico para el manejo integrado de enfermedades, quedó demostrada la efectividad biológica del fungicida pyraclostrobin (Comet® SC) contra la roya y la mancha de hierro, con producciones y factores de conversión superiores a los obtenidos con testigos absolutos y de referencia, tratados con cyproconazole + thiamethoxam (Verdadero 600 WG). El producto con el ingrediente activo cyproconazole registró una mayor acción preventiva contra la roya, empleando el calendario de aplicaciones recomendado, que aplicando el producto en la floración principal. La utilización alternada de los fungicidas con ingredientes activos cyproconazole + thiamethoxam y cyproconazole + azoxystrobin (Amistar ZTRA 28 SC), es promisoría para el control de la roya, por su efectividad biológica y por la mayor emisión de ramas secundarias, que aumenta el potencial de producción.

Roya del cafeto. Con relación a la caracterización de aislamientos de roya y la medición de incidencia de la enfermedad, en las visitas a fincas de varios departamentos, se encontraron niveles de infección menores al 20%, en plantaciones que realizaron control integrado y oportuno, con la tecnología recomendada por Cenicafé. En contraste, se han visto niveles de infección por roya superiores al 25%, en materiales de Catimor (Costa Rica 95), que obligan a incluir el control químico en el manejo del cultivo. En el estudio de la roya, finalizó la primera fase de anotación del genoma del agente causal *Hemileia vastatrix*, comprobando que es grande y complejo, con una alta proporción de secuencias repetidas (>70%), y numerosos genes que codifican para proteínas secretadas, que pueden explicar la patogenicidad y el origen de las razas del hongo.

Microorganismos asociados al cafeto. Se realizó la primera caracterización de todos los microorganismos asociados a la planta de café, que incluyen controladores

naturales y poblaciones encargadas de procesos bioquímicos relacionados con la nutrición, y que pueden estar relacionados con el comportamiento del cultivo ante los cambios del clima.

Manejo de plagas

Plagas en café. Con el fin de contribuir al manejo integrado de plagas clave, endémicas y esporádicas del café, se están evaluando y validando dos productos de nueva generación y baja toxicidad para el control de la broca del café, como condición previa para ser recomendados a los caficultores. Se realizaron evaluaciones con 11 acaricidas, químicos y naturales, para contribuir al manejo integrado de araña roja (*Oligonychus yothersi*), de los cuales seis presentaron alta eficacia. Se evaluaron cuatro productos naturales, seis biológicos y 16 químicos para el control de la cochinilla harinosa de las raíces (*Puto barberi*), de los cuales siete químicos y uno natural ejercieron control en el almácigo. Para garantizar una mayor seguridad en la aplicación de productos químicos para el control de plagas del café, se evaluó la contaminación de operarios, con cuatro equipos de aspersión, y se elaboraron dos nuevos conceptos. Se obtuvieron resultados promisorios de la mezcla de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* en el control de la broca, en los frutos infestados del suelo. Se secuenció el genoma de *B. bassiana* y se estudió la interacción molecular de la broca y este hongo controlador biológico. Se identificaron genes antibacteriales y de defensa en la broca, así como sobreexpresión de genes de resistencia a la radiación ultravioleta (UV) y humedad en el hongo entomopatógeno.

Se destaca una nueva especie de barrenador del tallo del café *Plagiohammus* sp. nov. proveniente de la Serranía de Perijá, Cesar y Maripí; así como del escarabajo longicornio *Criodion cinereum*, afectando tallos y ramas de guamo blanco en Boyacá; también se reportó el ataque del “gusano gelatina” del orden Lepidoptera, familia Dalceridae, en hojas de café en Quindío, y la polilla de los racimos, *Argyrotaenia* sp., infestando frutos de café en formación. La chinche de la chamusquina del café se reportó por primera vez en el departamento de Nariño y en otros municipios de Cauca y Valle del Cauca.

Se reportaron ataques fuertes de araña roja y minador de las hojas del café, *Leucoptera coffeellum*, en la zona cafetera central, como consecuencia de la disminución drástica de las poblaciones de enemigos naturales, ocasionada por la caída de cenizas del volcán Nevado del Ruiz, entre el 29 de

mayo y el 13 de junio de 2012; la sobrevivencia de estas dos plagas protegidas, debajo de la telaraña y entre las hojas minadas, y el consecuente aumento de la temperatura y disminución de la precipitación, favorecieron sus poblaciones en el campo. Se visitaron lotes de café con ataques de estas dos plagas endémicas y esporádicas, y a su vez, se registraron más de 14 especies de enemigos naturales parasitando y depredando naturalmente. Se evaluaron los controles de araña roja, ejercido con los acaricidas selectivos, cuando fueron usados en focos, y se constató su eficacia y selectividad a los enemigos naturales. Se estudió el ciclo de vida de la especie de cochinilla harinosa que más daños ocasiona en la caficultura colombiana, *P. barberi*. El ciclo de vida desde la deposición de la ninfa hasta la muerte del adulto fue de 141±0,99 días, con una producción de 87 individuos por hembra.

Resistencia a broca. Se evaluaron 581 progenies, de cinco poblaciones de los cruces Caturra x E-348 (CxE-348), y Caturra x E-554 (CxE-554). Se estimó el promedio de brocas por grano a los 28 DDI en los progenitores. El mayor número de brocas por grano se registró en Caturra, mientras que las introducciones Etiopes tuvieron el 80% de individuos. El 53% de las plantas analizadas en el cruce CxE-348 y el 62% en CxE-554, fueron inferiores significativamente en el número de individuos desarrollados, al de la variedad Caturra.

Mediante pruebas moleculares y citogenéticas, se verificó que siete plantas de *C. arabica* de la Variedad Castillo® y nueve plantas de var. Colombia, que se mantienen en invernadero, han incorporado a su genoma el gen del inhibidor de amilasas, que ocasiona hasta un 60% de mortalidad de larvas de broca, en dietas artificiales. Estas plantas florecieron y están próximas a dar sus primeros frutos, que se evaluarán por su resistencia a la plaga.

El Inhibidor de Aspártico Proteasas aislado de *Lupinus bogotensis* (LbAPI), incorporado en dietas, en concentraciones de 1,5%, 1,0% y 0,75%, causó la muerte del 90%, 60% y 30% respectivamente, de las larvas de la broca, tres días después de su emergencia, mientras que los insectos sobrevivientes sólo alcanzaron el estado de pupa. Las larvas alimentadas con 1,5% de LbAPI crecieron más lento y tuvieron un color café a lo largo del tracto digestivo, con respecto a las larvas control, lo cual es indicativo de la inhibición de la hidrólisis de las proteínas del alimento en el intestino medio y posterior del insecto, por efecto del LbAPI.

A partir de ADN genómico de *Streptomyces avidinii*, se clonó el gen que codifica la estreptavidina, una proteína que en dietas causó el 100% de mortalidad en larvas de broca. Se construyó un vector con este gen, que se usará para transformar plantas de café buscando resistencia a la broca.

Para transferir el gen que codifica el LbAPI a café, se regeneraron mediante embriogénesis somática, los once componentes de la Variedad Castillo® Naranja; estos genotipos se clasificaron según su capacidad de inducción de tejido embriogénico, encontrando que el CU.1970 fue el único con capacidad embriogénica superior a 55%, seguido por los genotipos CU.1855, CX.2385 y CX.2720 con capacidad embriogénica media entre 30% y 54%. Estos genotipos son eficientes para la obtención de tejido embriogénico para transferir a café de genes heterólogos. Los demás genotipos presentaron una capacidad embriogénica baja, siendo ineficientes para obtener suficiente tejido embriogénico para la transformación genética de café.

Se validaron diez genes sobre-expresados en genotipos con baja oviposición a la broca, mediante PCR en tiempo real, y se confirmó la sobreexpresión de seis genes: Proteinasa, Sintasa, Proteasa, Glutathion S-Transferasa y Kinasa. Para los tres genotipos, los cinco primeros genes se sobreexpresaron 2 días después de la infestación, mientras que el gen de la Kinasa, en los genotipos 344 y 348, tuvo su mayor expresión a los 5 días después de la interacción.

Evaluación de aplicaciones de ingrediente activo de plaguicidas en sistemas de producción cafeteros certificados y no certificados, en Cundinamarca y Santander. Se realizó un estudio para determinar la cantidad de ingrediente activo (i.a) aplicado en el año 2009, de productos plaguicidas en fincas certificadas (CE) con el sello *Rainforest Alliance* y en fincas no certificadas (NC), en los departamentos de Cundinamarca y Santander. En el 72% del total de fincas evaluadas (CE y NC) no aplicaron plaguicidas. Los ingredientes activos usados por los caficultores fueron oxiclورو de cobre, glifosato, clorpirifos, triadimefón, mancozeb, cymoxanil, propineb, difenoconazol y dimetoato. Se encontró que los sistemas de producción CE y NC recurren principalmente al uso de plaguicidas, para el manejo de la broca y la roya del cafeto; el clorpirifos se constituye en el ingrediente activo más aplicado en ambos tipos de sistemas de producción. En los sistemas diversificados NC, se registra una fuerte demanda de plaguicidas en el manejo de los cultivos,

al igual que se destaca la implementación en las fincas de un manejo integral de arvenses, plagas y enfermedades. Se establece que la aplicación de plaguicidas en sistemas de producción CE cumple con las normas de certificación.

Genoma. Se secuenció el genoma de la broca del café, compuesto por 20.500 genes. Se estandarizó una metodología para transformar genéticamente a la broca, en aproximaciones futuras de genómica funcional. Se validó un modelo matemático para simular poblaciones de la broca y se desarrolló una metodología para estudiar el movimiento del insecto en el campo, usando marcadores moleculares y una estrategia de liberación-recaptura. En un cafetal establecido, la distancia máxima de recorrido de una broca es de 65 m.

Nutrición del cultivo de café

Nutrición y manejo de la fertilidad del suelo. Los resultados de las investigaciones en torno a la nutrición de los cafetales y el manejo de la fertilidad del suelo permitieron los siguientes avances. Se demostró que el suministro de bajas dosis de nitrógeno (0,5 gramos por planta) en la etapa de almácigo puede incrementar el peso de los cafetos en cerca del 15%; aumento que se considera bajo cuando se compara frente a la pulpa descompuesta o al fósforo.

Se comprobó que en cafetales a libre exposición solar son suficientes 300 kilogramos/hectárea/año de nitrógeno durante la etapa de producción, independiente de la fuente fertilizante. En este sentido, hubo correlación de la producción en función del nitrógeno foliar y las lecturas del medidor portátil de clorofila (SPAD).

Con base en la información histórica de análisis de suelos del departamento de Huila, se realizó una caracterización de la fertilidad del suelo con 17.232 registros. Se identificaron zonas con diferente grado de acidez y contenido de materia orgánica calcio, magnesio, potasio y fósforo.

Se llevó a cabo un estudio en dos fincas del departamento de Quindío con el fin de determinar el número mínimo de muestras simples (NMMS) que se debe tomar para realizar un muestreo confiable y preciso. Entre las propiedades químicas que menos número mínimo de muestras simples requieren son pH y materia orgánica, y se necesitan más para fósforo, calcio, boro y azufre.

Las investigaciones dirigidas hacia el uso eficiente de nitrógeno permitieron demostrar que con el empleo de ureas recubiertas con inhibidores no se reduce la volatilización, en tanto que, ubicándola entre 3 y 6 cm de profundidad en el suelo, el fenómeno llega máximo al 3%, frente al 28% que se volatiliza cuando la urea se aplica superficialmente. Los valores de volatilización hallados para otras estrategias fueron: mezcla de la urea con sulfato de amonio 11%, urea disuelta en agua 16% y, urea formaldehído (urea granulada) 19%. Un siguiente paso consiste en evaluar la eficiencia agronómica en el campo.

Con relación al fraccionamiento de la fertilización para cafetales en edad productiva, en condiciones ambientales como las presentadas en la Estación Central Naranjal, aplicar más de dos veces el fertilizante requerido por año no ha representado un incremento de la producción anual de café cereza, ni en el acumulado de 4 años de producción. Dicho efecto tampoco se ha visto reflejado en el acumulado de dos años de producción en la Estación Experimental El Rosario, Antioquia.

Se encontró respuesta al suministro de cinc sobre la absorción foliar en café, sin embargo, ésta no se tradujo en un aumento de la producción, más aún, se detectó un efecto negativo al utilizar dosis altas, tanto por vía edáfica como foliar.

Se corroboró que la fertilización química puede reemplazarse por la fertilización orgánica o por la combinación de ambas, sin que se afecte la producción. Lo anterior, siempre y cuando se suministren cantidades equivalentes de nutrientes.

Caracterización de la aplicación combinada de reguladores fisiológicos/nutrientes sobre la producción de la Variedad Castillo®. Se adelantaron evaluaciones en el campo, de diez productos catalogados como bioestimulantes y reguladores de crecimiento, combinados con nutrición foliar, con el fin caracterizar su efecto sobre la floración y la producción de café Variedad Castillo®. Producto de esta investigación, se seleccionaron tres productos o combinaciones de éstos, las cuales son promisorias, con el fin de escalar las evaluaciones a diferentes localidades representativas de la caficultura Colombiana.

Biofertilizantes. La evaluación de microorganismos como biofertilizantes demostró que el producto Bacthon®, compuesto por bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*), y una bacteria degradadora (*Lactobacillus acidophilus*), usado alternadamente con la fertilización

química, es una opción para garantizar una producción rentable y sostenible de café. Las plantas tratadas con una dosis de fertilizante químico correspondiente a 298 kg/ha/año (118 de N, 50 de P y 130 de K) en dos aplicaciones/año, en alternancia con el insumo biológico, siguen registrando los valores más altos en las variables altura y número de cruces. Con esta dosis se obtuvieron los niveles más bajos de incidencia de mancha de hierro en los frutos y la producción más alta de café. Se ratifica que la dosis del fertilizante químico puede disminuirse de 466 kg/ha/año de N, P, K hasta 298 kg/ha/año al comparar el segundo ciclo de producción con el primero (plantilla en los años 2002 a 2006).

Caficultura productiva a la sombra

Evaluación de la producción de café en sistemas sostenibles con sombrío estratificado. Actualmente se está evaluando el efecto de la densidad de siembra en la producción de café Variedad Castillo® y var. Tabi, bajo sombrío estratificado y manejado con prácticas orgánicas. El café se estableció en la Estación Central Naranjal, a densidades de 3.600, 5.400, 7.200 y 9.000 plantas por hectárea para la primera variedad, y a densidades de 1.800, 3.600, 5.400 y 7.200 plantas por hectárea para la segunda variedad. Los resultados del promedio de producción, en el período 2008 a 2011, indican que la función que mejor describe la producción en respuesta a la densidad de siembra es un polinomio de segundo orden y, que es con la densidad de 9.000 plantas por hectárea, cuando se obtienen las mayores producciones con la Variedad Castillo® (387,0 arrobas de café pergamino seco por hectárea, @/ha de c.p.s.) y de 5.000 plantas por hectárea para la variedad Tabi (100,2 @/ha de c.p.s.), cuando se establecen con sombrío estratificado y porcentajes de sombra por debajo del 35%.

Caficultura productiva a la sombra y a libre exposición solar. De acuerdo a los resultados de las investigaciones sobre sistema agroforestales con café, que por más de 20 años se han realizado en Cenicafé, se ha podido formular el Manejo Integrado del Sistema Agroforestal (MISA) con café, cuyos componentes son: (1) Incremento y mantenimiento de la producción; (2) Diagnóstico del estado de los sistemas agroforestales; (3) Planificación de estrategias o prácticas de manejo del SAF; (4) Análisis económico de la implementación de cada práctica; y (5) Construcción de un sistema de indicadores para el diagnóstico. En el componente 3 (prácticas de manejo), se establecen 32 prácticas,

las cuales tienen como propósito la recuperación, el incremento y mantenimiento de la producción del café de manera sostenible, cuando su cultivo se realiza bajo el asocio de árboles.

Conservación de los suelos

Conservación. Se halló relación de deslizamientos en suelos cafeteros con la saturación de agua en la base de los taludes y la presencia de horizontes de muy baja permeabilidad. La formación de grietas superficiales en el suelo, causadas después de un período seco prolongado, se relacionaron directamente con procesos de inestabilidad de taludes al inicio de las lluvias, con lo cual se generaron nuevos criterios para la aplicación de prácticas preventivas de la erosión, como el monitoreo y drenaje de los niveles freáticos en la base de las laderas.

Conocimiento y aplicación de prácticas de conservación de suelos por parte de caficultores en la región central cafetera.

En la región cafetera de Caldas, Quindío y Risaralda, se realizó una investigación con el objetivo de conocer las prácticas de conservación de suelos que realiza el agricultor en cultivos de café y su nivel tecnológico. Se encuestaron 228 agricultores, con un error de estimación de 6,4% y una confiabilidad del 95%. Los resultados obtenidos muestran que en más del 70% de las fincas se aplicaron las prácticas de manejo integrado de arvenses, siembra a través de la pendiente, trazo en curvas a nivel y selección de coberturas nobles. En el 94% de las fincas se utilizaba adecuadamente la pulpa como abono para el café, y en menos del 6% se utilizaba el azadón para el manejo del suelo. En más del 80% de las fincas no se realizaban quemadas, factor que se relaciona con las prácticas culturales de los caficultores del área de estudio. Se encontró asociación estadística significativa, entre las prácticas siembra a través de la pendiente e implementación de trinchos, con respecto a los caficultores que calificaron importante la erosión del suelo y que no realizaron quemadas. Los resultados se atribuyen a los programas de investigación y extensión del gremio cafetero desde el año 1945, en conservación de suelos y aguas, y a la inherencia de estas prácticas en los sistemas productivos de café.

Información de alertas oportunas (cosecha, clima, floración, broca y roya)

Floración del café. Se cuenta con aproximadamente el 75% de los genes que están involucrados con

todas las funciones biológicas del café de Colombia. Lo cual equivale a la identificación de 55.554 genes de *C. arabica* relacionados con resistencia a factores bióticos, nutrición, calidad, floración y producción, entre otras características de interés. Se avanzó en el conocimiento de los factores genéticos y ambientales que regulan el proceso de la floración del cafeto. Es así como se tienen los perfiles de la actividad de genes relacionados con el rompimiento de la latencia de los botones florales, lo cual constituye la primera aproximación al entendimiento de las bases genéticas relacionadas con la floración del café mediada por el estrés hídrico. El conocimiento generado en términos de floración, permitirá establecer estrategias de manejo y predicción de este fenómeno.

Alertas tempranas. Para fortalecer el programa de medición, registro y valoración de las floraciones en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, como información primaria para los análisis de cosecha, se continuó con el monitoreo semanal de las floraciones en las ocho Estaciones Experimentales de Cenicafé, para los períodos noviembre-abril y mayo-octubre. Además, se continúa con la evaluación de los índices agroclimáticos integrados, asociados a la floración, con el objetivo de avanzar en el desarrollo de herramientas para apoyar la toma de decisiones en café.

Adaptación al cambio climático

Gestión del riesgo asociado al conocimiento del clima

La lluvia como factor de amenaza para el cultivo del café en Colombia. Con base en el estudio de los rangos adecuados de lluvia para el cultivo del café se hizo un análisis para mostrar cómo se afecta la producción de café por efecto de la deficiencia o exceso de agua, en diferentes regiones cafeteras. La mayoría de las localidades analizadas presentan una amenaza baja y muy baja, tanto para exceso como para el déficit de lluvia. Un 25% de las localidades presentan amenaza por falta de lluvia e igualmente un 25% tienen amenaza por exceso de lluvia.

El Niño y La Niña como amenaza para la cosecha de café en Colombia.

A partir del estudio del efecto de El Niño y La Niña en la zona cafetera, se determinaron los patrones de cambio de la distribución intra-anual de la lluvia, que permiten inferir cómo se afecta la cosecha. Las regiones cafeteras del Centro y Sur de Colombia, son las

que presentan la mayor reducción en la producción potencial en años de La Niña comparadas con El Niño. Si se presentan tres años consecutivos de La Niña, la reducción potencial en el rendimiento varía entre el 8% y el 24%, cuando se compara con tres años consecutivos de El Niño.

Otros generadores de variabilidad climática en la zona cafetera colombiana. Está en estudio el efecto de la Oscilación Decadal del Pacífico, la Oscilación del Atlántico Norte y las Ondas Madden & Julian, para determinar su influencia en el clima (lluvia y temperatura) de la zona cafetera. Encontrar el aporte individual de cada uno de estos generadores de variabilidad de clima permitirá ajustar modelos integrales que mejorarían las alertas climáticas.

Preparando tecnológicamente la caficultura frente a la oferta climática cambiante. Se participó en la elaboración del Proyecto de Cambio Climático; actualmente se están adelantando en la recuperación de la información climática, pasando la información histórica de clima que está en medios análogos a formato digital (base de datos). Así mismo, se está trabajando en el diseño y desarrollo de la plataforma agroclimática cafetera y en el repositorio de información climática. En la red climática de la Federación Nacional de Cafeteros durante el año 2012 funcionaron un total de 220 estaciones.

Adaptación de la caficultura al cambio climático – broca del café. Se identificaron genes de metabolismo, detoxificación (91 secuencias asociadas a citocromo P450) y de respuesta común ambiental en el genoma de la broca del café. Se propone una estrategia de control genético autocida por reemplazo de poblaciones. Se continúa evaluando la dinámica poblacional de la broca del café en el campo, en condiciones de sol y sombra, como escenarios de variabilidad climática y adaptación de la caficultura. Los vuelos y el desarrollo de la broca muestran una relación entre los grados-día calculados, con un total de 262 grados días acumulados y la mayor población de broca capturada, con 23.645 adultos, y densidades de 2.674 brocas por árbol, durante un período de El Niño, en cafetales con sombrero, y de 1.326 brocas por árbol a libre exposición solar. En contraste, con un período La Niña, con 814 capturas y una densidad de 65,6 brocas por árbol a la sombra y de 138 a libre exposición, para un total de 182 grados día acumulados. Se cuenta con 20 líneas de café y 200 plantas, de 1 a 2 años, que expresan genes de quitinasas. Las evaluaciones de estas plantas indican resistencia a minador de las hojas y serán llevadas a campo para evaluar

su desarrollo frente a la broca. Molecularmente, se evaluaron materiales de café con resistencia parcial a la broca. Se identificaron siete nuevos genes relacionados con la respuesta inmune en la planta de café y se evaluó el efecto en la broca de proteínas de plantas de café.

Impacto de la variabilidad climática asociada a los fenómenos de El Niño y La Niña (ENSO) sobre la productividad potencial en diferentes zonas cafeteras de Colombia. Se ha avanzado en la evaluación y cuantificación del impacto de la variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño y La Niña (ENSO) sobre el brillo solar y sobre la productividad potencial en diferentes zonas cafeteras de Colombia. A partir del análisis de las series históricas desde 1950 hasta el 2010, se analizaron mes a mes las series de brillo solar, y se encontró que desde el Norte hasta el Sur del país hay reducción del brillo solar en años La Niña respecto a los años El Niño, y las zonas ubicadas entre Nariño y Antioquia, son las que presentan la mayor reducción en brillo solar, en todas las estaciones, con valores superiores al 10%. Valores del 16%, significan una reducción del 16%, equivalente a una disminución en 305 horas del brillo solar, lo que significa tener entre 45 y 65 días los cultivos de café a la sombra o sin brillo solar, con un subsecuente impacto sobre la productividad, es así como el impacto de la disminución en brillo solar en años La Niña respecto a años El Niño, puede significar caídas en la producción potencial entre un 20% en promedio; sin embargo, existen zonas donde la disminución en productividad potencial puede ser de hasta 54,7%.

Avances en la regionalización de la caficultura por riesgo climático. Con el objetivo de lograr regionalizar la zona cafetera por niveles de riesgo a la variabilidad climática, se avanzó en el desarrollo de índices de vulnerabilidad tanto al exceso como al déficit hídrico, en el caso específico del exceso hídrico se ha avanzado en la evaluación de las pérdidas potenciales de bases intercambiables en el suelo (potasio, calcio y magnesio), se han muestreado en el campo y evaluado en el laboratorio, cerca de 20 unidades de suelos de las zonas cafeteras de Nariño-Cauca-Valle del Cauca-Risaralda-Caldas-Quindío-Antioquia y Santander, y se ha encontrado que hay diferencias en las cantidades de nutrientes perdidos por efectos del exceso hídrico, lo que permite el desarrollo de un índice de vulnerabilidad de los suelos a perder su fertilidad por el exceso hídrico, al igual que el de avanzar en la regionalización y ajuste a las recomendaciones, en este caso, de fertilización de los cafetales.

Epidemiología de enfermedades del cafeto. En la adaptación de la caficultura al Cambio Climático, se realizó el seguimiento epidemiológico de enfermedades para bajo condiciones ambientales de 6 meses de influencia de La Niña, seguidos de 4 meses Neutros. Se observó que la epidemia de roya en plantaciones pequeñas de variedad Caturra, situadas entre 1.600 y 1.900 m, y sin una carga productiva alta, no registra crecimientos acelerados. Las mismas parcelas han mostrado baja presencia y poco impacto de muerte descendente, a pesar de las condiciones favorables por altitud y de la fase vegetativa del cultivo. La incidencia de mal rosado en la Estación Central Naranjal mostró un ligero incremento en la época lluviosa del primer semestre con respecto al inicio del año (de 0,64% a 3,21%) para luego disminuir en el período de menores precipitaciones de mitad de año (1,39%).

Medición huella de carbono en la cadena de producción, transformación y comercialización del Café de Colombia. Se realizó un piloto de la medición de la huella de carbono en la cadena de producción, transformación y comercialización del Café de Colombia. Se destaca que el café pergamino seco tiene un valor excedente de CO₂eq., lo cual contribuye en la reducción de la huella de carbono en las etapas subsiguientes de la cadena de valor.

Durante el año 2012, el equipo de investigadores de Cenicafé, a partir de las herramientas normativas desarrolladas conjuntamente con el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, con el apoyo de las diferentes dependencias de la institucionalidad, realizó el piloto de la medición de la huella de carbono en la cadena de producción, transformación y comercialización del Café de Colombia. El estudio se realizó en cada uno de los siguientes puntos de la cadena de valor:

Finca: 1.000 predios de productores del programa Nespresso de la Unión Nariño, producto seleccionado café pergamino seco.

Cooperativa de caficultores del norte de Nariño – La Unión: producto seleccionado café pergamino seco.
Almacafé sucursal Pasto: producto seleccionado café excelso y coproductos

Torrefactora, planta torrefactora de Almacafé Bogotá, producto seleccionado café tostado

Centro de distribución logístico en Bogotá: producto seleccionado café tostado

Procafecol - Cuatro Tiendas Juan Valdez en Bogotá: producto seleccionado café filtrado y café tostado
Operadora portuaria cafetera e Inspección Cafetera

Almacafé en Buenaventura: producto seleccionado café excelso

Buencafé Liofilizado de Colombia en Chinchiná: producto seleccionado café Liofilizado

Se destaca en los resultados del piloto, que el café pergamino seco tiene un valor excedente de CO₂ eq., que contribuye en la reducción de la huella de carbono en las etapas subsiguientes de la cadena de valor.

Preservando la biodiversidad y contribuyendo a la mitigación y adaptación al cambio climático. La participación de Cenicafé en el Programa Forestal KfW se ha enfocado en garantizar la coherencia y consistencia de los datos geospaciales procedentes de los usuarios que conforman los núcleos de intervención. La actualización de la base de datos del Programa Forestal KfW, se ha venido ajustando en cada uno de los ocho departamentos de intervención del Programa, junto con la construcción de siete microcuencas, que son espacializadas y analizadas. Esta información es de gran utilidad para evaluar la trazabilidad y evidencia del cumplimiento de objetivos a los donantes del proyecto a partir de consultas de sus atributos en el Sistema de Información Geográfica. Dada la dinámica de las plantaciones, se emplea un método de mapeo masivo a partir de imágenes satelitales con un grado de aproximación asociado, que permite facilitar el trabajo de reconocimiento de uso del suelo en cada una de las microcuencas. Además de la delimitación de lotes, también permiten la extracción de características vegetales con el fin de dar cuenta del impacto del proyecto a través del tiempo. Todo ello, con el fin de mejorar el manejo de la biodiversidad por parte de los agricultores en las áreas de influencia del Programa.

Sostenibilidad

Cenicafé a través de la Disciplina Sostenibilidad, con la colaboración de la Disciplina Gestión de Recursos Naturales y Conservación y la Disciplina de Biometría, desarrolla la implementación de un Sistema Integrado de Gestión Rural (SIGR), dentro del Convenio Huellas de Paz, esta implementación se desarrolla en los departamentos cafeteros de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Antioquia.

La implementación del SIGR se realiza a través de la utilización del ciclo de Deming o de mejoramiento continuo, que contempla las fases: Planear, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA). Durante el año cafetero

2011 - 2012, se llevó a cabo la fase del planear, con la realización de la caracterización de la población beneficiaria del Convenio y el establecimiento de los indicadores sociales, ambientales y de calidad (técnico-económico), lo cual permitió analizar y establecer el estado actual de los Titulares de Derechos.

Adicionalmente, durante este período se ha desarrollado un plan de formación que contempla cinco módulos: Fortalezcamos la sostenibilidad de la empresa cafetera, Gestión integral del recurso hídrico, Gestión integral de los recursos naturales, Seguridad alimentaria y Sistemas de producción sostenibles, para los titulares de derechos, con la Fundación Manuel Mejía y la participación de los investigadores de las disciplinas, que colaboran en la implementación del SIGR.

Dentro de las actividades relacionadas con el proceso de producción de semilla en fincas de particulares se elaboró y publicó, en conjunto con las Disciplinas de Sostenibilidad, Mejoramiento Genético, Experimentación, Fitotecnia, Ingeniería Agrícola, Entomología y Fitopatología, la Guía para la implementación del protocolo “Producción de semilla de café Variedad Castillo® y sus compuestos regionales en fincas de caficultores”, la cual permite ampliar los criterios establecidos en el Protocolo y proporcionar elementos de toma de decisión a caficultores y técnicos en aspectos relacionados con la producción de semilla. Esta publicación es un documento controlado, el cual se entrega codificado a los cafeteros avalados, Líderes de Extensión Rural de los Comités de Cafeteros y Coordinadores de la Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Beneficio y secado del café. Se desarrolló la tecnología Ecomill® para lavar café en proceso con fermentación natural o con aplicación de enzimas pectinolíticas, con consumo específico de agua de 0,3 a 0, 5 L/kg de café pergamino seco (c.p.s). Se solicitó a la SIC patente de invención. Se elaboraron los planos detallados para la construcción de tres módulos con capacidades para 500, 1.500 y 3.000 kg/h de café lavado. Las aguas residuales de lavado con Ecomill® pueden mezclarse con la pulpa fresca o deshidratarse, utilizando secadores solares de bajo costo, permitiendo el control de hasta el 100% de la contaminación generada. Con ECOMILL® se lava café utilizando menos del 30% de la energía empleada con Becolsub.

Se desarrolló un método para determinar el punto de finalización del proceso de fermentación del mucílago del café. Para su aplicación se utiliza un

dispositivo, en el cual se relaciona la disminución de la altura de una masa de café colocada en su interior con la degradación del mucílago. Se solicitó a la SIC patente de invención. El método ha sido evaluado en 62 fincas localizadas en los departamentos de Caldas, Risaralda y Valle del Cauca, obteniendo estimaciones correctas en más del 96% de las pruebas.

Se desarrolló y evaluó un dispositivo para medir la humedad del café durante el secado en silos. Se utiliza un dispositivo fabricado en tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro y una balanza electrónica de bajo costo (\$40.000). En la etapa de validación en fincas en los departamentos de Caldas y Risaralda se obtuvo café en el rango exigido en la comercialización (10% al 12%) en más del 95% de los lotes procesados con la metodología.

Sostenibilidad Ambiental. Se está apoyando la implementación de corredores de conservación y sistemas de producción sostenible en áreas de influencia del Programa Forestal KfW-FNC. Durante el presente año se definieron los criterios técnicos y prácticos para la implementación de corredores y se seleccionaron ocho cuencas en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila, Risaralda, Santander y Tolima.

Se culminó la investigación sobre la conservación de las aves migratorias boreales en zonas cafeteras. El análisis de la base de datos permitió identificar el número y distribución de las especies de aves, incluyendo las migratorias y las clasificadas en alguna categoría de amenaza. En total se registraron 516 especies, entre las cuales se encuentran 27 especies clasificadas en la lista roja de aves de Colombia, 34 especies migratorias boreales, 22 endémicas y 18 casi endémicas. El proyecto incluyó como parte integral, la aplicación del enfoque participativo en la investigación, en el que investigadores, extensionistas y caficultores participaron conjuntamente en el estudio de las aves, como componentes del entorno natural del paisaje cafetero.

Se está evaluando la larvicultura sobre pulpa de café, empleando la mosca soldado negra, *Hermetia illucens*, con el fin de determinar su potencial como generador de abono orgánico y de proteína animal. Durante el presente año se estudió el ciclo de vida de *H. illucens* sobre la pulpa de café, con un ciclo de vida de huevo-adulto de 45,8 días y una longevidad media de los adultos de 10,4 días.

Para contribuir a la caracterización y conservación de la biodiversidad de la Reserva Forestal Protectora de Planalto - Cenicafé, se registraron 23.949 individuos de mariposas diurnas, pertenecientes a 274 especies, de las cuales 108 son nuevos registros para esta reserva de 79 hectáreas, ubicada en el municipio de Manizales, Caldas.

Producción de semilla

Cenicafé juega un rol importante en la estrategia de producir y distribuir la semilla de Variedad Castillo® y sus compuestos regionales, para la renovación del parque productivo de semilla durante el quinquenio 2011 - 2015. Es así como esta actividad se lleva cabo en 75 hectáreas de las Estaciones Experimentales y en 45 fincas de caficultores avalados por Cenicafé. Al cierre del año cafetero se han distribuido del parque de Cenicafé 41.327 kg de semilla de las variedades resistentes a la roya del cafeto, a los diferentes Comités de Cafeteros y se proyecta al finalizar el año entregar 75.000 kg. El 88,4% corresponde a la Variedad Castillo® general y el 11,6% a sus compuestos regionales y la variedad Tabi. Los Comités de Cafeteros que han demandado más semilla son Huila, Caldas y Valle.

Investigación Participativa

Se presentó el dispositivo para cosecha manual del café (Canguaro dos mangas) a 304 caficultores y 28 recolectores, en los departamentos de Antioquia, Cauca, Huila, Nariño, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. El 80% de los asistentes expresaron intención de utilizarlo. El modelo actual tiene un costo de \$30.000 y se espera una vida útil de 3 años. Con el Canguaro 2M se favorece la recolección de café maduro y se reduce la caída de frutos al suelo.

Divulgación y Transferencia

Como apoyo a la investigación, se publicaron los Avances Técnicos 410 al 425 y la Revista Cenicafé Vol. 61 No 4 y Vol. 62 No. 1. Se entregó el Boletín Técnico No. 38, *Trichoderma* spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café Afiche y otros. También se entregaron, en versión digital las Brocartas No. 45 a la 47, relacionadas el repase como práctica cultural para el control de la broca del café. Durante este año se entregó la primera publicación del boletín digital Alertas

Cafeteras, con la publicación de La arañita roja del café. Vigilancia fitosanitaria y manejo oportuno. Con esta publicación se abre la oportunidad de entregar información a los caficultores de una manera sencilla y rápida, con respecto a los problemas referentes a la caficultura en Colombia.

Este año se entregó el Anuario Meteorológico Cafetero 2010 en formato digital, y se publicó el Informe Anual de Actividades de Cenicafé 2011. Así mismo, se entregaron las Biocartas Nos. 15 y 16, tituladas Una alianza por la conservación de las aves migratorias en zonas cafeteras de Colombia y Los Bosques de Roble Negro del Huila; y los libros Guía para la implementación del protocolo "Producción de semilla Variedad Castillo y sus compuestos regionales en fincas de caficultores", el libro de Escarabajos coprófagos del eje cafetero, Árboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con café, Ventiladores para secadores de café: Diagnóstico, diseño y construcción económica de ventiladores centrífugos y la publicación digital del Brochure Cenicafé: versión inglés y español.

En el 2012 se recibieron 151 visitas a las instalaciones de Cenicafé, donde se atendieron 3.657 visitantes, entre los que se encuentran Caficultores, funcionarios de la Federación Nacional de Cafeteros, Entidades Cooperantes, Centros de Investigación, compradores de café y periodistas. En otras actividades de capacitación de los investigadores se registraron 26 visitas de campo, asesorías y seminarios dictados por los investigadores fuera de Cenicafé.

Una de las actividades más importantes desarrolladas por los Investigadores de Cenicafé, en el marco del Sistema de Gestión Integral, ligado al Acuerdo de Nivel de Servicio (ANS): Construir y Utilizar Espacios de Interacción, se encuentran las 63 actividades de capacitación de los Extensionistas de todo el país, a los cuales asistieron 2.458 personas del Servicio de Extensión. Como resultado de las evaluaciones de las actividades desarrolladas en el marco de este ANS se evidencia que frente a los cinco factores tenidos en cuenta a ser calificados en cada una de las actividades desarrolladas en los Espacios de Interacción frente a la forma como se expresaron y cubrieron los objetivos, la metodología utilizada, la manera en como el conferencista presentó el tema, el grado de satisfacción y cumplimiento de expectativas frente a la capacitación y las herramientas y el sitio para realizar la capacitación, estas actividades estuvieron calificadas en el rango entre bueno (3) y excelente (4), teniendo en cuenta los promedios ponderados entre la calificación dada y el número de participantes que otorgaron dicha calificación.

Durante el 2012 se publicaron en la página web: www.cenicafe.org, y enviaron por correo electrónico los anuncios de publicación, de los Avances, artículos científicos y libros, al Servicio de Extensión y demás colaboradores de la Institucionalidad Cafetera, así como a las bibliotecas de entidades suscriptoras de las publicaciones del Centro.

En conjunto con las demás dependencias del Gremio, se preparó el curso de E-learning “Manejo de Plagas y Enfermedades asociadas a la variabilidad climática” con la Fundación Manuel Mejía.

Sistema de Gestión Integrado

En el mes de noviembre de 2011, después de casi dos años de implementación, Cenicafé recibió por parte del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – Icontec, el certificado para el Sistema de Gestión Integral en dos componentes:

ISO 9001, versión 2008: Proceso misional Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica. Con alcance a las sede Planalto, La Granja y las Estaciones Experimentales: Naranjal, La Catalina, Paraguaicito, El Tambo, Líbano, Santander, El Rosario y Pueblo Bello.

ISO 14001, versión 2004: Para el componente ambiental. Con alcance: Planalto y la Estación Central Naranjal.

De otra parte, durante el 2012, en el marco del Sistema de Gestión Integral, las actividades estuvieron enfocadas principalmente en la apropiación del sistema, especialmente en el componente ambiental, teniendo como referencia lo establecido en nuestra matriz de comunicaciones. Adicionalmente, se realizó en el mes de julio, de acuerdo a la programación del área de Gestión Organizacional en la Oficina Central, un ejercicio de auditoría interna, en el cual Cenicafé asumió el desarrollo de la actividad con su equipo de auditores internos, a diferencia de las auditorías del año 2011, que fueron lideradas por la Oficina Central y la firma consultora Gestión y Conocimiento, donde Cenicafé participó como acompañante, como parte del proceso de aprendizaje. También se contó con el apoyo de auditores internos de otras dependencias, como son: Buencafé Liofilizado de Colombia, Gerencia Técnica y los Comités Departamentales de Cafeteros de Caldas, Antioquia, Tolima, Santander, Cauca, Risaralda y Quindío. Vale destacar que en la auditoría se identificaron aspectos por mejorar que contribuyen al proceso de mejoramiento continuo del sistema.

Fernando Gast
Director de Cenicafé
Noviembre 2012



Disciplinas de Investigación



FISIOLOGÍA



Metabolismo del carbono y relación fuente-demanda en el cafeto *Coffea arabica* L.

La búsqueda del incremento en la productividad de los cultivos puede lograrse por diferentes rutas. Una de ellas es profundizar y entender cómo es el proceso metabólico y la eficiencia en el uso del carbono (EUC) en la planta, con el fin de buscar metodologías que anticipadamente permitan identificar genotipos potenciales, que por su EUC generen un balance positivo, en términos de una mayor distribución de los asimilados hacia el órgano de importancia económica, como son los frutos del café. Para ello se desarrollaron tres experimentos bajo condiciones semi-controladas y de campo, en plantas de *Coffea arabica* L. Variedad Castillo® El Rosario.

Esta investigación permitió profundizar en el entendimiento del balance metabólico y bioquímico de los principales productos fotosintéticos (material orgánico, almidón, azúcares totales, proteínas totales, lípidos y celulosa) entre los diferentes órganos de

la planta de café, de acuerdo con su estado de desarrollo.

Cuando las plantas están en etapa vegetativa, las hojas correspondientes a los nudos 2 y 3 de una rama (30-60 días de edad) cumplen una función neta de fuente de asimilados para las hojas de los nudos 1, 4 y 5 (0-30 días y 150-180 días de edad, respectivamente) las cuales se comportan como vertederos de los mismos. Igualmente, se evaluó el movimiento de los asimilados entre las hojas, ramas, tallo y raíces, en respuesta a diferentes condiciones de temperatura (15, 25 y 35°C). La temperatura óptima para la mayor parte de los procesos fisiológicos del café, está alrededor de los 25°C. Hubo desbalance negativo cuando la temperatura fue superior o inferior a la óptima. Esta información es interesante desde el punto de vista de la variabilidad climática, ya que ante fenómenos como El Niño y La Niña, en las cuales la temperatura cambia drásticamente, puede comprenderse mejor qué sucede con la fisiología de la planta y el cultivo. Por último, cuando la planta se encuentra en estado reproductivo, el movimiento de los asimilados hacia los frutos, de acuerdo con su edad, es dinámico, y responde a las necesidades de crecimiento y desarrollo de los mismos.

Evaluación de prácticas agronómicas y fisiológicas para la implementación del manejo integrado de la broca en cafetales.

Cuando crece y se desarrolla, la planta de café desplaza su producción desde el tercio inferior hasta el superior, y del interior hacia el exterior de sus ramas. Esto hace que en la medida que se presentan las cosechas, en los cafetos quedan zonas que ya produjeron y que poco aportan en el balance neto de las siguientes, perjudicando de esta manera el índice de cosecha y afectando la productividad del cultivo. Además, estas zonas desde el punto de vista agronómico (labores de fertilización, recolección, movimiento del recolector en el lote, porcentaje de broca, etc.) podrían estar afectando el balance económico.

Desde el año 2011, se viene adelantando el experimento “Evaluación de prácticas agronómicas y fisiológicas para la implementación del manejo integrado de la broca en cafetales”-MAP0101, en un trabajo interdisciplinario entre Entomología, Ingeniería Agrícola, Fisiología Vegetal, Economía Agrícola y Experimentación, en el cual se quiere integrar la labor del desrame, de tal forma que se comprenda qué pasa con la planta cuando se quitan las ramas poco productivas de su parte inferior. Así mismo, cómo se verá favorecido el manejo y control de broca al eliminar una fuente de inóculo importante por los frutos dejados en la recolección, así como facilitar la toma de los frutos caídos al suelo, y la facilidad de mejores prácticas agronómicas y de recolección, y finalmente, el balance económico las mismas.

Floración del café. Genómica. Se cuenta con aproximadamente el 75% de los genes que están involucrados con todas las funciones biológicas del café de Colombia. Lo cual equivale a la identificación de 55.554 genes de *C. arabica* relacionados con resistencia a factores bióticos, nutrición, calidad, floración y producción, entre otras características de interés.

Se avanzó en el conocimiento de los factores genéticos y ambientales que regulan el proceso de la floración del cafeto. Es así como se tienen los perfiles de la actividad de genes relacionados con el rompimiento de la latencia de los botones florales, lo cual constituye la primera aproximación al entendimiento de las bases genéticas relacionadas con la floración del café mediada por el estrés hídrico. Se estableció la funcionalidad del gen integrador central de la floración FT (FLOWERING LOCUS T) de café (CaFT), en plantas transgénicas de tabaco, como especie modelo, observándose plántulas con floración precoz (Figura1), característica

relacionada con el rol de FT en otras especies. El conocimiento generado en términos de floración, permitirá establecer estrategias de manejo y predicción de este fenómeno.

Caracterización de la aplicación combinada de reguladores fisiológicos/nutrientes sobre la producción de *Coffea arabica* Variedad Castillo®.

Con la objetivo de determinar el efecto bioestimulador de la floración y la producción de café Variedad Castillo®, en cafetales en etapa productiva, establecidos en la Estación Central Naranjal, se adelantan evaluaciones de diez productos catalogados como bioestimulantes y reguladores de crecimiento, combinados con nutrición foliar (Figura 2). Resultados preliminares sugieren



Figura 1. Planta transgénica de tabaco con floración precoz, característica relacionada con el rol de FT.



Figura 2. Plantas de Variedad Castillo® tratadas con bioestimulantes y reguladores de crecimiento, combinados con nutrición foliar, en la Estación Central Naranjal.

que la aplicación de estos productos no tiene efecto directo sobre las variables de crecimiento evaluadas (número de ramas, número de nudos/rama, área foliar, número de hojas), ni sobre el número de flores y frutos por tratamiento, comparado con la parcela testigo, a la cual no se le hizo ninguna aplicación foliar. Así mismo, bajo las condiciones experimentales evaluadas, los bioestimulantes caracterizados no tuvieron efecto como “inductores de floración”, entendiéndose como rompimiento de latencia de los botones florales, este fenómeno sigue determinado por un componente ambiental. No obstante, en algunos tratamientos se observaron diferencias a nivel de peso y tamaño de grano, lo que fue consistente con la mayor producción de estas parcelas, durante los dos períodos evaluados (segundo semestre de 2011 y primer semestre de 2012).

Criterios fisiológicos para la producción de plántulas de café. Se adelanta una investigación con el fin de determinar la viabilidad de utilización de nuevos contenedores o sustratos alternativos (Figura 3) para la elaboración de almácigos, con el propósito de contribuir con las políticas de renovación de cafetales incentivada por la Federación Nacional de Cafeteros.

En la primera fase del proyecto se está determinando el máximo tiempo que un contenedor puede soportar una planta de café sin disminuir su tasa de crecimiento. Para ello, se están registrando semanalmente variables tales como altura, área foliar, longitud de la raíz, volumen de la raíz y peso seco de cada órgano.



Figura 3. Contenedores o sustratos evaluados. De izquierda a derecha: JiffyPod, espuma agrícola, porta tubete, bolsa (13 x 17 cm), bolsa (17 x 23 cm).

Esta investigación tiene por objeto a largo plazo diseñar estrategias de manejo en almácigo que permitan disminuir la contaminación por efecto del uso de materiales plásticos, prevenir la movilización de patógenos en los sustratos utilizados, ya que en los sistemas en prueba se trabaja con algunos sustratos inertes, y reducir la mano de obra al momento de siembra.

Extracción y caracterización de antioxidantes en café.

Buscando un desarrollo sostenible y comprometido con la innovación, Cenicafé ha desarrollado investigaciones encaminadas a la caracterización física, química y funcional de diferentes órganos de las plantas de café con el objeto de identificar oportunidades potenciales y desarrollar nuevos productos exitosos, que den valor agregado al café. En adición a la optimización de procesos para el mejoramiento de productos actualmente en el mercado, se evidencia la incursión en la industria farmacéutica y cosmética, como idónea, con base en la potencialidad de uso y transformación de compuestos funcionales a partir de diferentes fuentes.

En esta investigación se evaluó la capacidad antioxidante de diferentes órganos de la planta de café, tales como: mucílago, hojas, pulpa y café verde. Se encontró que las hojas tienen una capacidad antioxidante muy superior a los demás órganos evaluados. Este resultado permite pensar que es posible el uso alternativo de hojas de café para la fabricación de bebidas “tipo té”; sin embargo, para llegar a un producto final se requiere la caracterización más detallada de los metabolitos secundarios presentes en este órgano. Adicionalmente, se cuantificaron polifenoles y flavonoides para cada uno de los órganos antes mencionados. Se encontró que existe una correlación directa entre polifenoles totales y capacidad antioxidante.

Preservando la biodiversidad y contribuyendo a la mitigación y adaptación al cambio climático.

La participación del experimento FIS1511 al interior del Programa Forestal KfW, se ha enfocado en garantizar la coherencia y consistencia de los datos geoespaciales procedentes de los usuarios que conforman los núcleos de intervención. A partir de las nuevas metas del programa (plantaciones por hectárea), que dependen de los recursos económicos disponibles, el número de usuarios y sus medidas, como tipo de plantación, son variables. Por ello, es conveniente la actualización de la base de datos del Programa Forestal KfW, la cual se ha venido ajustando en cada uno de los ocho departamentos de intervención del Programa, concentrando la información en Oficina Central de la Federación

Nacional de Cafeteros, que luego es espacializada y analizada al interior del proyecto. Esta información es de gran utilidad para evaluar la trazabilidad y evidencia de cumplimiento de objetivos del proyecto, a partir de consultas de sus atributos en el Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para el componente de Biodiversidad – Programa Forestal KfW, se diseñaron siete microcuencas para cada departamento de influencia, excepto Cundinamarca, de acuerdo a los criterios de selección, para la construcción de corredores de conservación (Figura 4). Se realizaron en el campo las correcciones de los límites de las microcuencas, así como la actualización de uso de suelo para los departamentos de Caldas (microcuenca El Congal) y de Risaralda (microcuenca La Esmeralda). Todo ello, con el fin de mejorar el manejo de la biodiversidad por parte de los agricultores en las áreas de influencia del Programa.

Dada la dinámica de las plantaciones, se emplea un método de mapeo masivo con un grado de aproximación asociado, que permite facilitar el trabajo de reconocimiento de uso del suelo en cada una de las microcuencas. Esto es, el procesamiento de imágenes satelitales o sensores remotos, que además de la delimitación de lotes también permiten la extracción de características vegetales, con el fin de dar cuenta del impacto del proyecto en la biodiversidad a través del tiempo. Otro indicador del estado de la vegetación son las firmas espectrales de campo, las cuales se han tomado en lotes de

la Estación Central Naranjal, como validador de correlación con las firmas del sensor remoto (Figura 5). Los resultados indican que se ha alcanzado un 65% de correlación, que se pretende mejorar a través de la adquisición de equipos de medición



Figura 4. Zonas seleccionadas para la construcción de corredores de conservación.

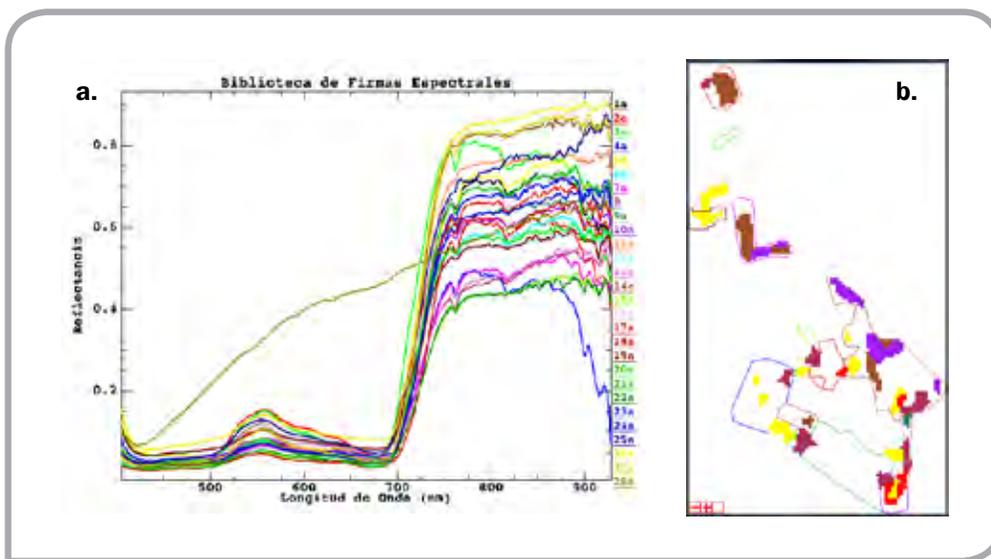


Figura 5. Firmas espectrales (a) y la clasificación de coberturas de área piloto (b).

más precisos y modelos de corrección atmosférica más robustos.

Caracterización de los cacaos de Colombia. Se culminó el estudio de los cacaos de Ecuador, reconocidos mundialmente por sus características de cacao fino y de aroma, permitiendo resaltar las características de los cacaos colombianos, los cuales al ser comparados presentan atributos muy similares.

Paralelamente, se realizaron dos experimentos de fermentación de clones de cacao de la Granja Luker, en dos épocas climáticas contrastantes, influenciadas por el fenómeno de La Niña, en diciembre de 2011,

y de El Niño, en agosto de 2012, que permitieran generar un conocimiento del comportamiento de variables como la temperatura de la masa de cacao, pH durante el proceso de fermentación y su influencia sobre el perfil sensorial. Posteriormente, se realizarán las pruebas fisicoquímicas de las muestras recolectadas, durante los 10 días que duró el proceso, para su caracterización final (Figura 6).

Así mismo se realizó el análisis de la composición de ácidos grasos, de isómeros de tocoferol (vitamina E) y la evaluación de la actividad antioxidante de la manteca de cacao, en diferentes accesiones cultivadas en Granja Luker (Figura 7).



Figura 6. Secado de muestras de cacao.



Figura 7. Colección Casa Luker de cacaos colombianos.

SUELOS



Las investigaciones desarrolladas en la Disciplina de Suelos buscan los siguientes dos objetivos: Generar conocimientos sobre la fertilidad de los suelos de la Zona Cafetera Colombiana, con el fin optimizar la nutrición del café, mediante la recomendación de prácticas de fertilización, que conduzcan al aumento del rendimiento del cultivo, con bajos costos, sin que resulten nocivas para el medio ambiente.

Generar conocimientos y tecnologías que permitan el uso, manejo y conservación de los suelos y aguas de la Zona Cafetera Colombiana, contribuyendo a la sostenibilidad y competitividad de la caficultura.

Para lograr los anteriores objetivos, durante el 2012 se desarrollaron los siguientes experimentos en las dimensiones económica y ambiental.

Evaluación del efecto de microorganismos solubilizadores de fósforo en el crecimiento de café en la etapa de almácigo. SUE0335. El objetivo del experimento es evaluar el efecto de microorganismos solubilizadores de fósforo en el crecimiento del

café en la fase de almácigo. Para tal fin fueron seleccionados diferentes unidades de suelos de la Zona Cafetera Colombiana, representativas por su área sembrada en café. En cada una de ellas, se efectuó un análisis de fijación o “captura” de fosfatos, con el fin de seleccionar tres o cuatro de ellas, que presentaran diferencias en su poder de fijación, para realizar la fase de almácigos.

Considerando la capacidad de fijación de la unidad Chinchiná como el 100% (nivel base), los demás suelos evaluados requerirían la siguiente proporción de P, por debajo del nivel base, para alcanzar 0,2 mg.L⁻¹.

Unidad Doscientos, en Caldas, Cauca y Valle, 43%
Unidad Suroeste, 27%
Doña Juana (Andisol), en Nariño, 46%
Unidades Paujil, Ropero y Llano Palmas, 78%
Unidad Quindío (Andisol), 68%
Unidad San Simón, 93%

En otras palabras, si la fijación de P en la unidad Chinchiná es del 100%, para las unidades Doscientos es del 57%, Suroeste 73%, Doña Juana 54%, Paujil, Ropero y Llano Palmas 22%, mientras que para las unidades Quindío y San Simón sería 32%

y 7%, respectivamente (Figura 8). Estos resultados sugieren para futuras investigaciones definir planes de abonamiento con fósforo a escala regional acorde con la unidad de suelos.

Respecto a la fase de almácigo, ésta se encuentra instalada con plantas de la Variedad Castillo® general, en las unidades de suelos San Simón, Ropero, Llano Palmas y Chinchiná, dado el contraste que presentan para fijar el P.

Los tratamientos que se evalúan en los suelos seleccionados son: dos hongos comercialmente ofrecidos como solubilizadores de P (*Mortierella* sp. y *Paecilomyces* sp.), cada uno de ellos sólo y con micorriza comercial (Micorrizar) en las cantidades recomendadas por Cenicafé, con micorriza sola y la recomendación actual de fertilizante fosfórico de síntesis (testigo relativo) que se tiene para almácigo en forma de DAP, y un testigo absoluto (suelo solo).

Lixiviación y volatilización del nitrógeno a partir de diferentes fuentes fertilizantes. SUE0338. A través de esta investigación se busca evaluar el efecto del fertilizante Sulfammo®, en la reducción de las pérdidas de nitrógeno (N) por volatilización y lixiviación. En principio, las evaluaciones se

realizaron con base en las especificaciones técnicas del fertilizante suministrado por Timac Agro SAS, cuya composición química según la descripción en la etiqueta, correspondía al Sulfammo 26®. Luego de culminar la fase experimental y con el fin de obtener un mayor número de variables que permitieran explicar mejor los resultados, en el laboratorio de la Disciplina Suelos, se cuantificó la composición nutricional del fertilizante objeto de estudio. Dicho procedimiento, permitió corroborar que correspondía a la fuente Sulfammo 10®, portador de una concentración de N 40% inferior a la de la fuente utilizada inicialmente; razón por la cual fue necesario considerar un nuevo montaje del experimento para la fase de volatilización.

Pérdidas acumuladas de N por volatilización: Luego de 20 días, del total de N aplicado a través de la urea, cerca del 21% se volatilizó como N-NH₃ (Figura 9). Para el Sulfammo®, el acumulado de pérdidas alcanzó valores de 1,91%.

pH residual: Transcurridos 20 días, el tratamiento testigo presentó un nivel de pH 4,9, mientras que la urea y el sulfammo, indujeron cambios en esta propiedad química, incrementando el pH en aproximadamente una unidad (Figura 10).

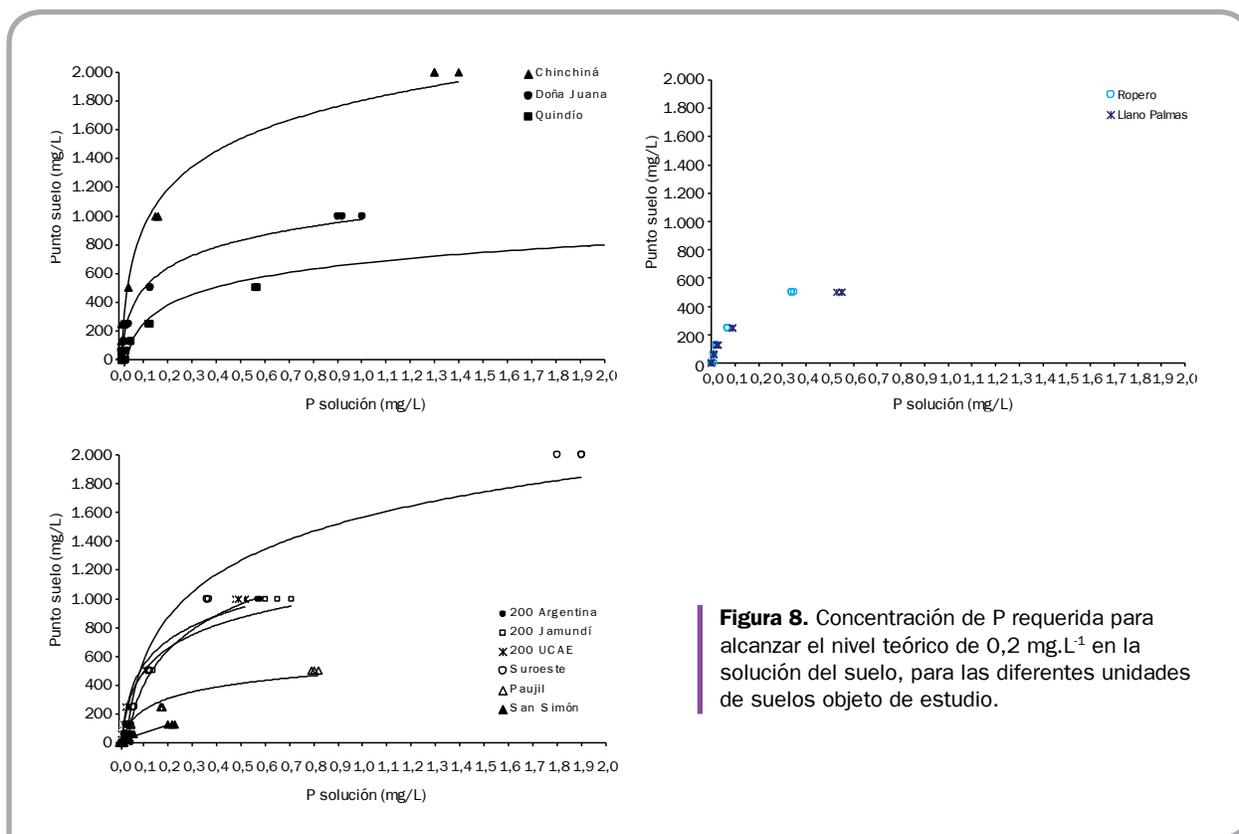


Figura 8. Concentración de P requerida para alcanzar el nivel teórico de 0,2 mg.L⁻¹ en la solución del suelo, para las diferentes unidades de suelos objeto de estudio.

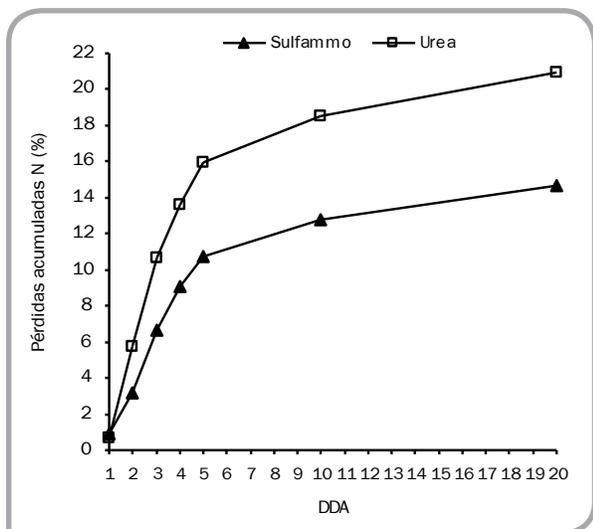


Figura 9. Pérdidas de N acumuladas a partir de la urea y el Sulfammo®.

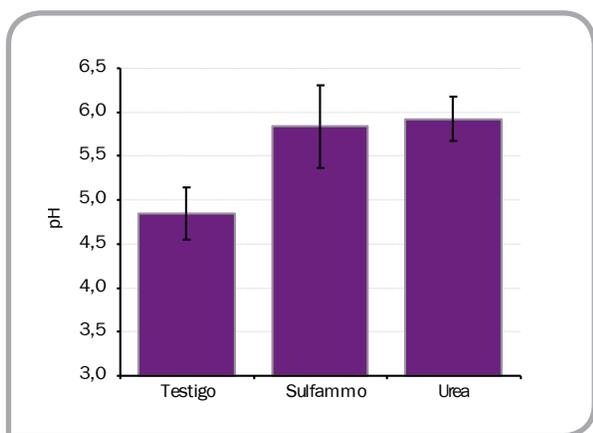


Figura 10. Cambios en el pH consecuencia de los tratamientos evaluados. Barras verticales indican intervalos de confianza para la variable pH, con un coeficiente de confianza del 90%.

Con relación al componente climático, al considerar el acumulado de lluvia y la humedad del suelo, en los últimos 30 días, antes de iniciar la observación y durante el período donde se presenta mayor volatilización (0-3 días), se detectó un exceso que pudo haber truncado parte de la actividad microbiana que cumple el papel de transformación del N; debido a que el experimento se adelantó durante la ocurrencia del fenómeno climático La Niña. Este fenómeno puede explicar el por qué la volatilización de N en este estudio fue 25% menor al que se ha presentado en estudios previos adelantados en Cenicafé, en condiciones de lluvia y humedad, de un año considerado "Normal" desde el punto de vista climático para la Zona Cafetera de Colombia (Figura 11).

Pérdidas de nitrógeno por lixiviación y volatilización a partir de diferentes fuentes fertilizantes. SUE0339.

El desarrollo de este trabajo apunta a la evaluación de las pérdidas de N por 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).

Lixiviación de N. En general, para los dos suelos evaluados (unidades Chinchiná y Doscientos), no hubo efecto del polímero propuesto comercialmente como inhibidor de la nitrificación (Figura 12).

Adicionalmente, en la Estación Central Naranjal, se realizaron tres evaluaciones en un cafetal en estado de crecimiento vegetativo. En el primer experimento, se evaluó la volatilización a partir de la urea aplicada en la superficie e incorporada a 3 y 6 cm en el suelo. En las tres modalidades

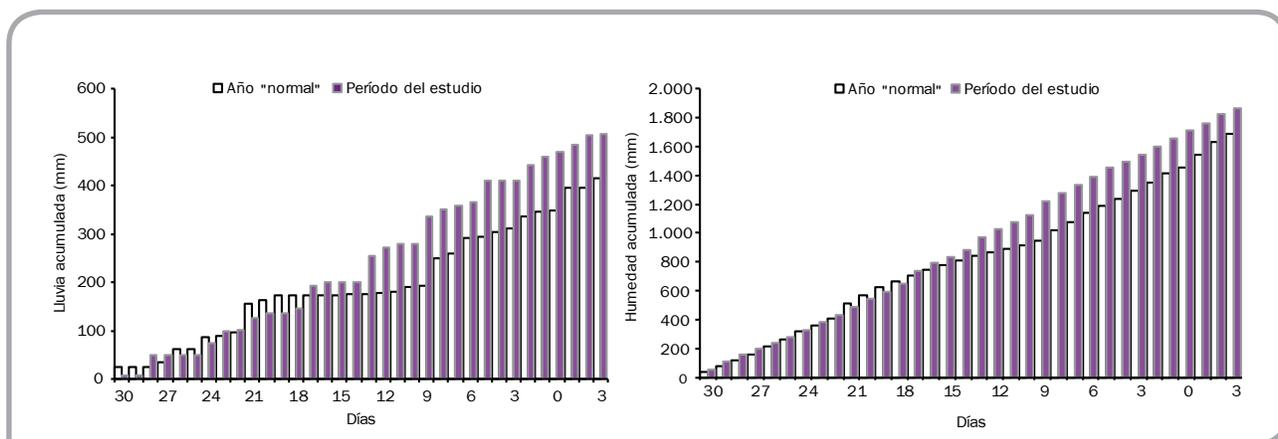


Figura 11. Lluvia y humedad del suelo acumulada, 33 días antes de la máxima volatilización registrada.

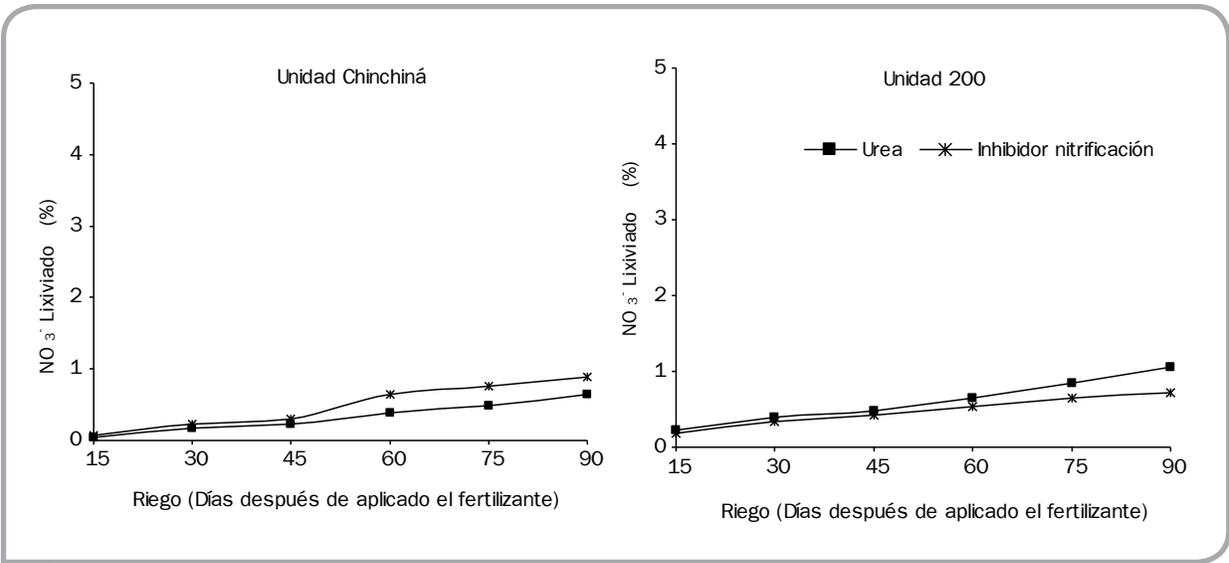


Figura 12. Lixiviación de nitratos a partir de urea convencional y urea recubierta con un inhibidor de la nitrificación.

de aplicación, la dosis de N correspondió a 3 g por planta. A partir de la misma dosis de N, en un segundo experimento se midió el fenómeno luego de suministrar urea granulada (recubierta con formaldehído), urea en solución y urea en mezcla física con sulfato de amonio (1/3 del N como SAM y la cantidad restante en forma de urea). Al mismo tiempo, se cuantificaron las pérdidas a partir de 3 dosis (1, 2 y 3 g de N), mediante la urea sin recubrimiento. En el último experimento, las pérdidas del N contenido en la urea fueron medidas cuando dicha fuente se aplicó inmediatamente después de haber realizado una enmienda con cal dolomita.

Transcurridos 20 días de evaluación, el acumulado de la volatilización de N a partir de la urea superficial y la urea aplicada sobre la cal fue aproximadamente 27%; la disolución de la fuente y la urea granulada redujeron el fenómeno al 16% y 19%, respectivamente. La mezcla física con el SAM condujo a que la volatilización estuviera por debajo del 11% y la incorporación de la urea en el suelo apenas ocasionó pérdidas entre 0,3% y 3,7%. Finalmente, la volatilización se redujo casi proporcionalmente con la dosis suministrada (Figuras 13, 14, 15, 16, 17 y 18).

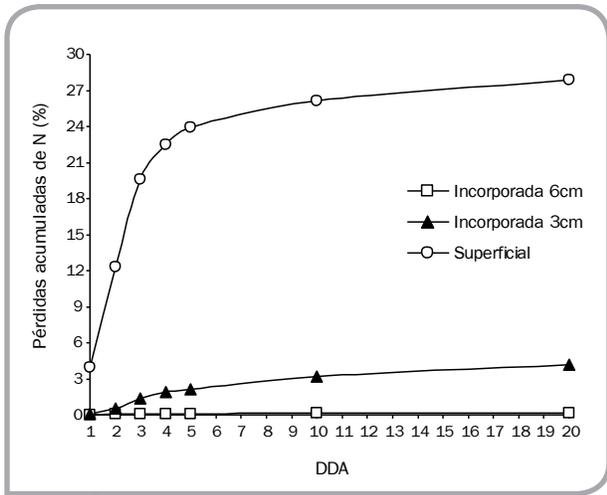


Figura 13. Pérdidas de N por volatilización, a partir de la urea incorporada.

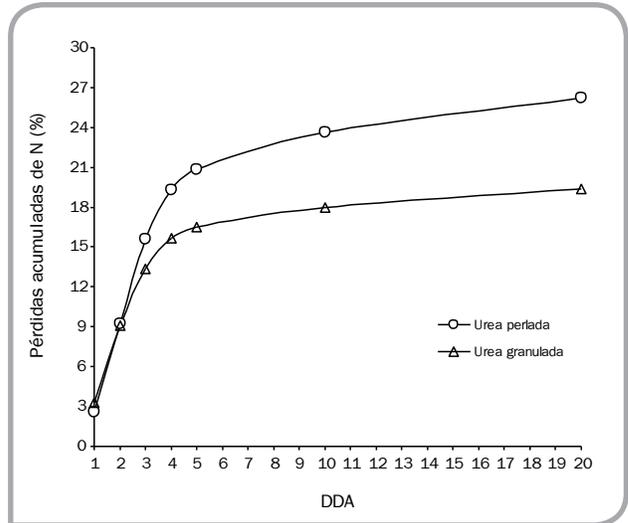


Figura 14. Pérdidas de N por volatilización a partir de la urea perlada y urea granulada.

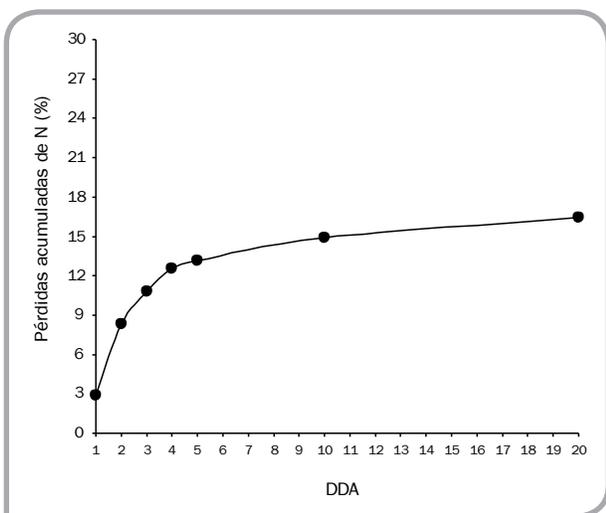


Figura 15. Pérdidas de N por volatilización a partir de la urea en solución.

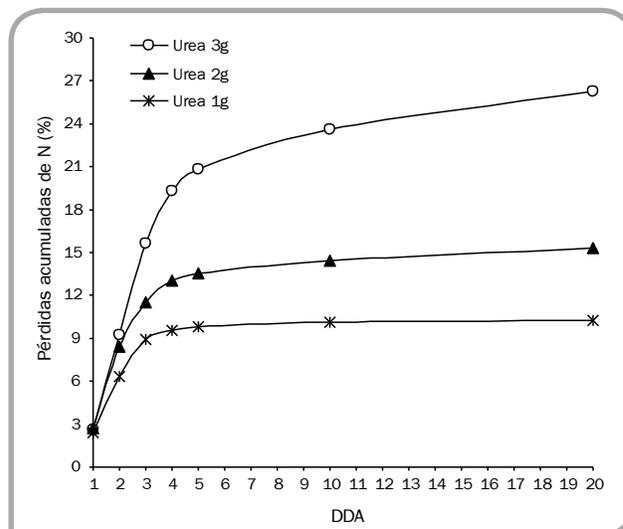


Figura 16. Efecto de la dosis en la volatilización del N aplicado a partir de la urea.

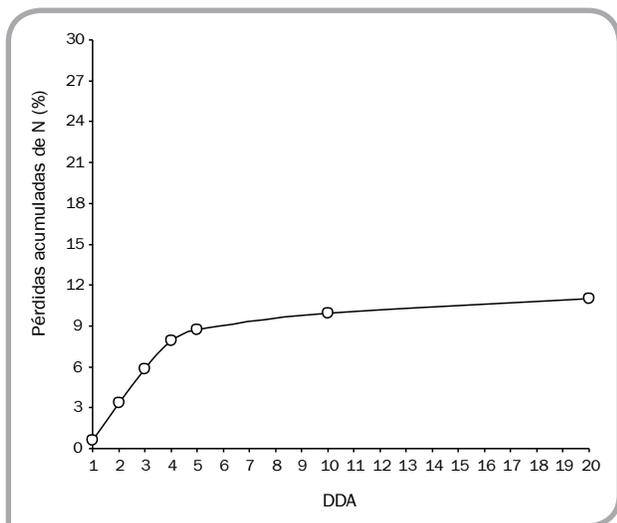


Figura 17. Volatilización de N a partir de la aplicación de urea en mezcla con SAM.

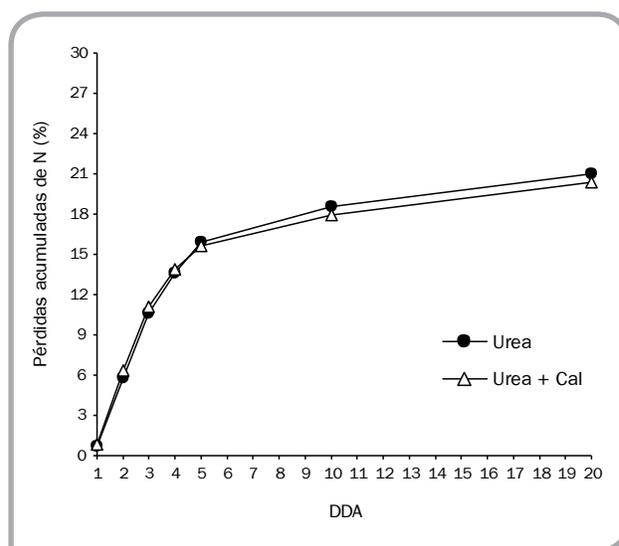


Figura 18. Volatilización de N a partir de la urea aplicada sobre cal dolomita.

A través del seguimiento a los valores de pH residual del suelo, luego de evaluar las modalidades de aplicación descritas, pudo corroborarse que una vez esta fuente fertilizante se incorpora, continúan las transformaciones de las que es objeto. En este mismo sentido, el pH se incrementó con relación al testigo (pH: 4,6) en 1,0 y 0,5 unidades respectivamente, con la adición de urea y urea en mezcla con SAM. En presencia de la cal, no hubo modificación del pH, efecto que puede asociarse con la lenta solubilidad y transformación de la cal (Figuras 19 y 20).

Por último, cabe aclarar que es necesario evaluar si las estrategias propuestas, conducen también a incrementar la eficiencia en el uso del elemento por el cultivo.

Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del café. SUE0528. El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del café. Los tratamientos, consistentes en distribuir el fertilizante requerido según el análisis de suelos en diferentes proporciones en el año, son los siguientes:

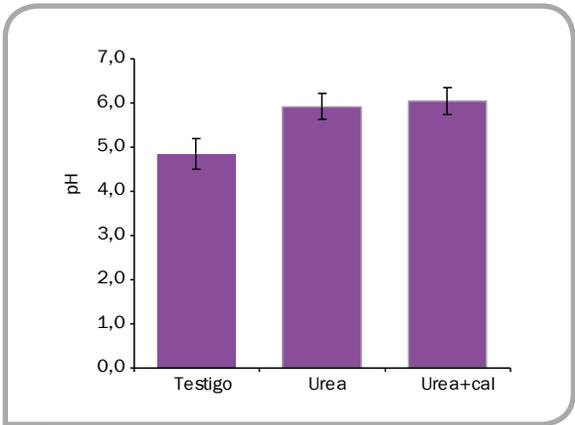


Figura 19. pH residual generado por los tratamientos, 20 días luego su aplicación. Barras verticales indican intervalos con coeficiente de confianza del 95%

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 1.

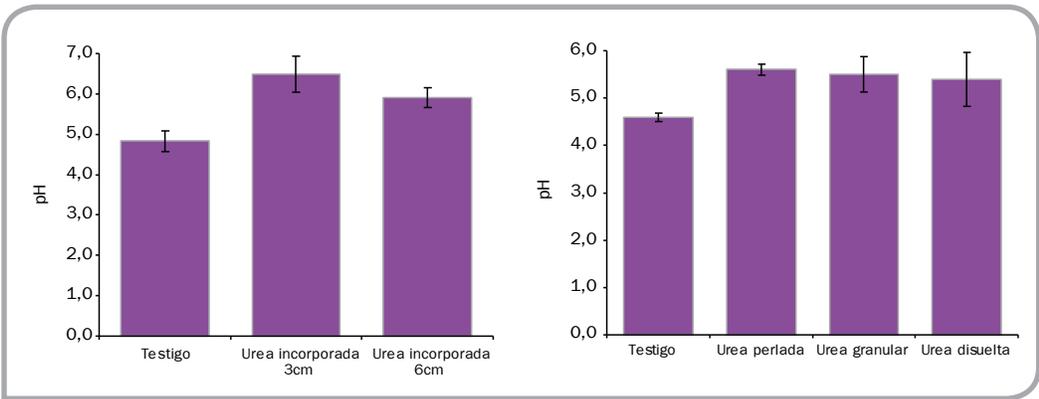


Figura 20. pH residual generado por los tratamientos, 20 días luego su aplicación. Barras verticales indican intervalos con coeficiente de confianza del 95%.

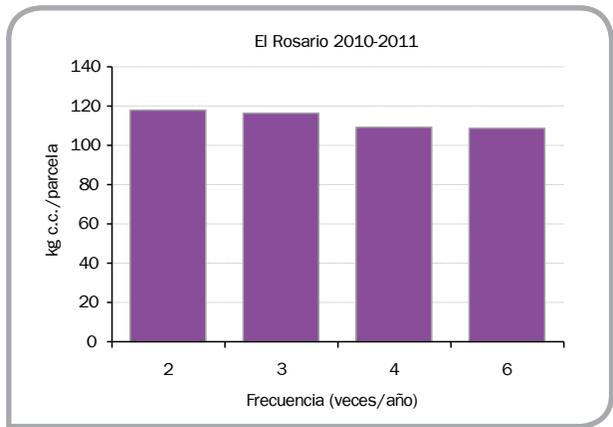


Figura 21. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la Estación Experimental El Rosario (Antioquia).

Tabla 1. 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		■		■		■		■		■		■

Con el número de repeticiones asignadas a los tratamientos, se obtuvo una confiabilidad en los resultados superior al 90%.

Para la Estación Experimental El Rosario (Antioquia), fraccionar más de dos veces la fertilización requerida para cafetales en edad productiva, según el análisis

de suelos, no ha afectado la producción anual de café cereza (c.c.) ni el acumulado de la cosecha obtenida para dos años de producción (Figura 21). Para la Estación Central Naranjal, transcurridos tres años de evaluación, dicha práctica tampoco ha mostrado efectos en la producción anual ni en el acumulado (Figura 22).

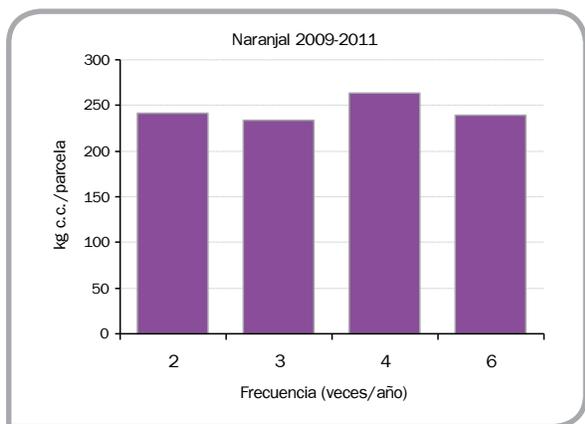


Figura 22. Acumulado de producción de café cereza, entre 2009-2011, para la Estación Central Naranjal (Caldas).

Descriptivamente, no se han detectado cambios en el patrón de distribución de la producción por efecto de los tratamientos en estas localidades (Figura 23).

En Paraguaicito, El Agrado y El Porvenir, en Quindío, se cuenta con datos de un solo año de cosecha y la baja producción (especialmente en El Porvenir y Paraguaicito) y variabilidad de registros, que es propia de una plantación que inicia su fase productiva, lo cual no permite definir con claridad algún efecto de los tratamientos. En Santander, tampoco se ha detectado efecto del fraccionamiento de la fertilización durante los dos primeros años de la fase productiva (Figura 24).

Fertilización con cinc en el cultivo de café. SUE0533. Se evalúa en zocas de café variedad Colombia, la

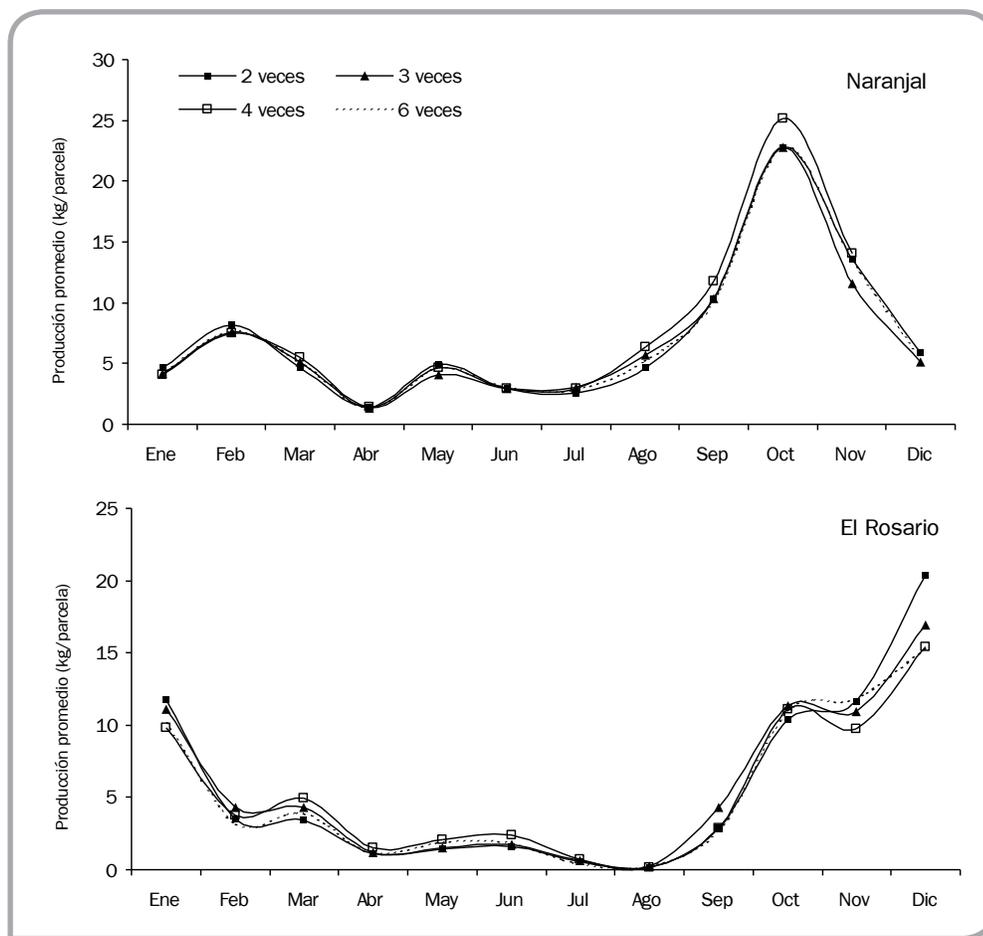


Figura 23. Distribución promedio de la producción por año, en la Estación Central Naranjal y la Estación Experimental El Rosario.

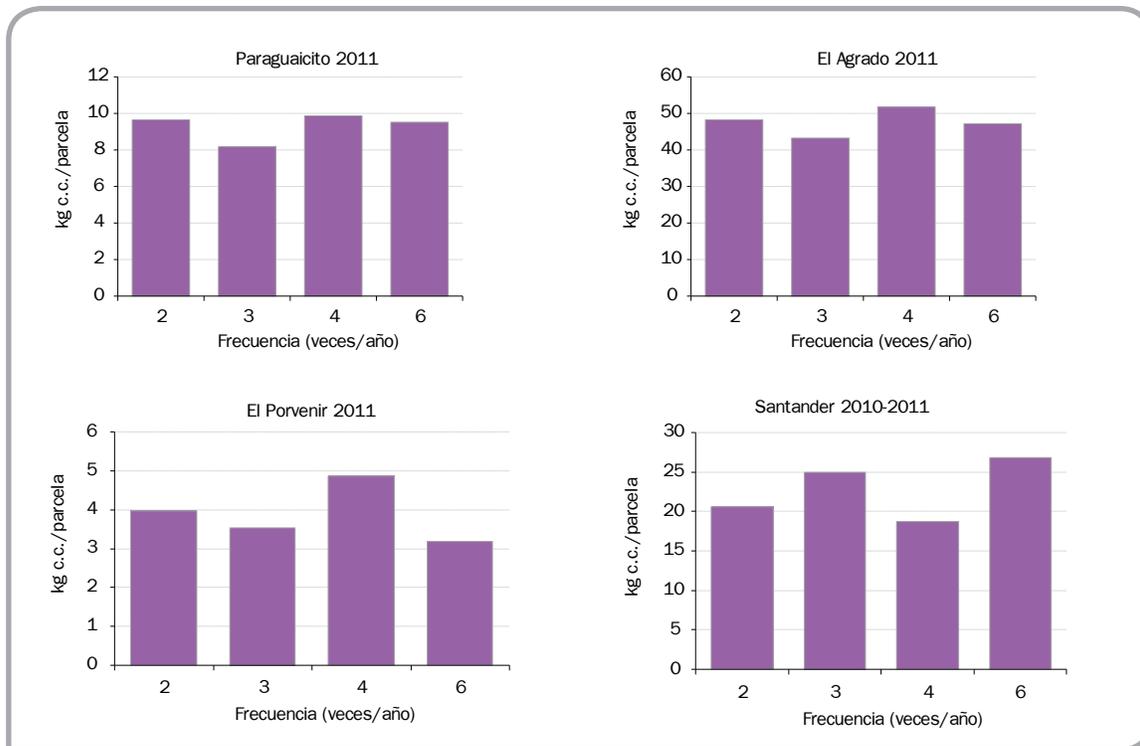


Figura 24. Efecto del fraccionamiento de la producción en las Estaciones Experimentales Santander y Paraguaicito y las Fincas El Agrado y El Porvenir.

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). Para este período se analizó la producción de café cereza, por año y acumulada, obtenida desde agosto de 2008 a diciembre de 2011 en la Estación Experimental El Rosario (Antioquia), desde febrero de 2009 hasta diciembre de 2011 en Gigante (Huila), y desde abril de 2010 a septiembre de 2012 en la finca El Troje (Timbío-Cauca). En la Estación El Rosario y en Gigante no hubo efecto de los tratamientos sobre la producción anual y acumulada de café (Figura 25), en la finca El Troje, de acuerdo a la prueba de Tukey al 10%, se evidenció el efecto de los tratamientos en la producción, donde el tratamiento 4 mostró diferencias a favor frente a los tratamientos 3 y 5; pero en términos generales, ningún tratamiento se diferenció del testigo (tratamiento 7), a excepción del tratamiento 3, para el año 2011, que fue diferente en forma negativa con relación al testigo. La dosis más alta de Zn edáfico podría afectar la productividad posiblemente por toxicidad.

Alternativas para la fertilización de cafetales en producción con fuentes simples, en mezcla física y

complejos granulados. SUE0534. Este experimento tiene como objetivo evaluar el efecto de fertilizantes en mezcla física, fertilizantes en mezcla química y fertilizantes complejos granulados en la producción y calidad del café.

La selección de los tratamientos permitirá además evaluar los siguientes aspectos: i). La eficiencia agronómica de un complejo granulado que se propone comercialmente para el abonamiento de cafetales en producción, llamado Hydrán, de grado 19-4-19-6, que es fabricado por la empresa cofinanciera, frente al 17-6-18-2, el cual presenta una amplia acogida en el Gremio; ii). El equivalente nutricional de dichos fertilizantes respecto a la mezcla física de urea, DAP, KCl más Kieserita granulada, y la recomendación de nutrimentos según el análisis de suelos; y iii). La respuesta del café a la aplicación de calcio y boro, suministrado de manera separada o conjuntamente, a través del Nitrabor.

Para alcanzar los objetivos propuestos, la investigación se adelanta en cinco localidades de la Zona Cafetera Colombiana, contrastantes en clima y suelos: la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), la Estación Experimental Paraguaicito (Buenavista, Quindío), la Estación Experimental Santander (Floridablanca, Santander), la Estación Experimental El Rosario

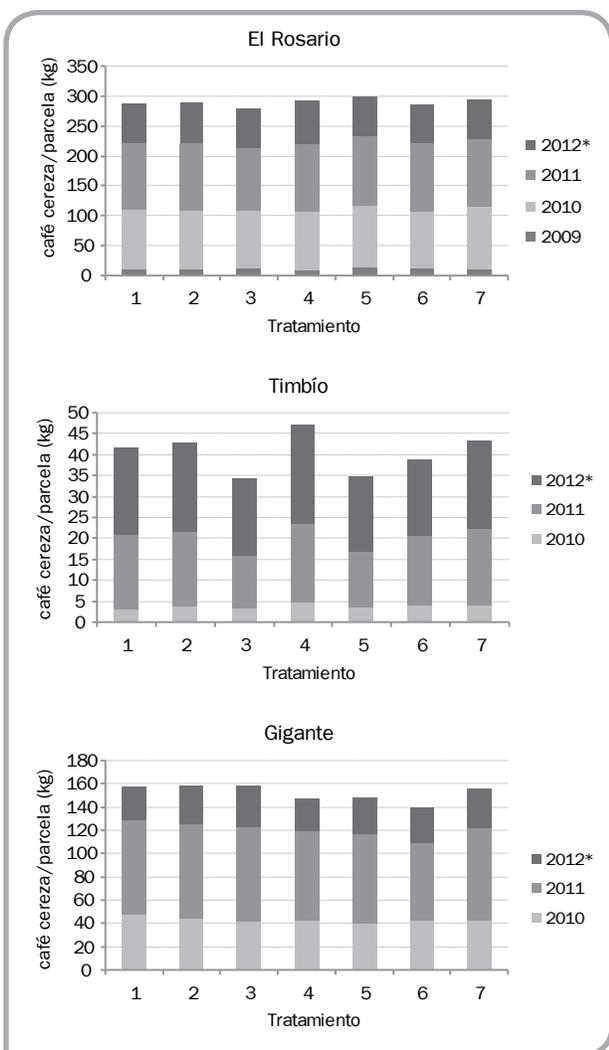


Figura 25. Efecto de la aplicación de Zn sobre la producción de café. *Resultados parciales del 2012.

(Venecia, Antioquia) y por solicitud del Comité de Cafeteros del Quindío, se instaló una réplica en la finca El Agrado (Montenegro, Quindío), en un lote que iniciaba su edad reproductiva.

Para cada localidad, una vez las plantaciones inician su edad productiva, reciben todos y cada uno de los tratamientos (Tabla 2), dos veces por año, de acuerdo a las actuales recomendaciones que tiene Cenicafé para el abonamiento de cafetales en producción. Es decir, el 50% entre febrero y marzo, y la cantidad restante entre agosto y septiembre.

Para todos los sitios de evaluación, el diseño experimental y número de repeticiones (7 por tratamiento) permite obtener resultados con una confiabilidad superior al 90%.

El Rosario. Transcurrido un año de evaluación y dada la amplia variabilidad de la producción, característica en un lote de primer año de cosecha, estadísticamente no se ha detectado efecto de los tratamientos en la producción de café (Figura 26).

Calidad física del grano. La relación café cereza (cc)/ café pergamino seco (cps), la cual hace referencia a la cantidad de cc necesaria para obtener 1 kg

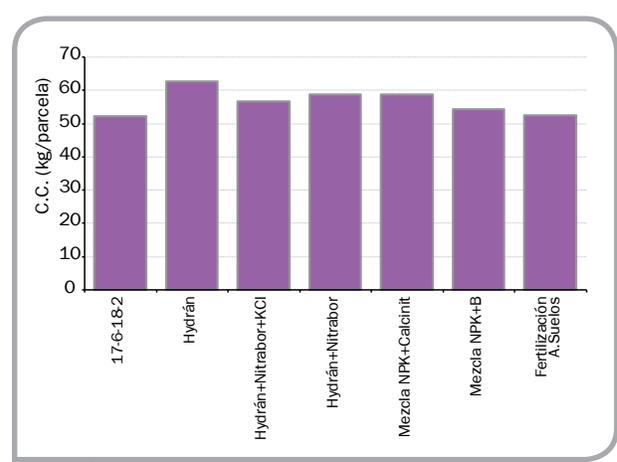


Figura 26. Efecto de los tratamientos en la producción del café en El Rosario (Antioquia)

Tabla 2. Descripción de los tratamientos.

Trata	Producción (17-6-18-2)	Hydrán	Nitrabor	UREA	KCl	DAP	Kieserita (25MgO-20S)	Boro Klip (20,5B)	Kelatex Zn (9Zn)	Calcinit (26CaO)	—(kg.ha ⁻¹ .año ⁻¹)—							
											N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
1	1.412										240	85	254	0	28	28	2,8	1,4
2		1.263									240	51	240	0	38	22	1,3	1,2
3		900	460		115						240	36	240	120	27	16	2,3	1,0
4		900	460								240	36	171	120	27	16	2,3	1,0
5				336	400	87	120		16	453	240	40	240	120	30	25	0	1,4
6				488	400	87	120	11,22	16		240	40	240	0	30	25	2,3	1,4
7											Análisis de suelos						0	0

de cps, fue en todos los casos de 4,8 (Figura 27). En cuanto al factor de rendimiento en trilla (FRT), tampoco se detectaron efectos significativos (Figura 27).

Calidad de la bebida. Los resultados de calidad en taza, realizados en el laboratorio de calidad de la Cooperativa de Caficultores de Manizales, seccional

La Selva, permitieron definir tres calidades de café (Figura 27), de acuerdo con la escala de valoración de la Sociedad Americana de Cafés especiales (SACE):

El 100% de las tazas de todos los tratamientos, exceptuando el número 7 que tuvo una calificación promedio de 71, alcanzaron la categoría de Café Especial, por presentar un puntaje superior a 85.

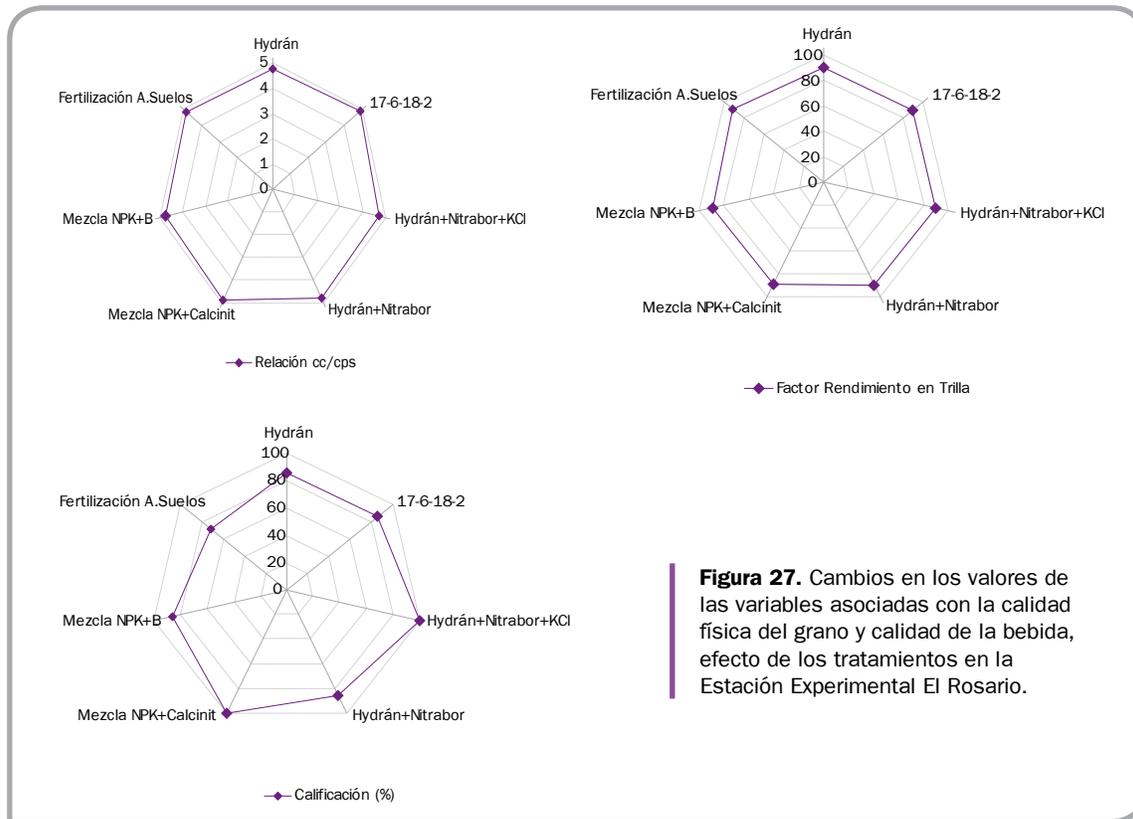


Figura 27. Cambios en los valores de las variables asociadas con la calidad física del grano y calidad de la bebida, efecto de los tratamientos en la Estación Experimental El Rosario.

El tratamiento portador de NPK y Mg en mezcla de simples + Calcinit (tratamiento 5) y el tratamiento 3 (Hydrán + Nitrabor + KCl), alcanzaron la categoría de Café Extraordinario (máxima calificación).

El Agrado. Al igual que para la Estación Experimental El Rosario, tampoco hubo efecto de los tratamientos en la producción de 2011 (Figura 28).

Calidad física del grano: La relación café cereza (cc)/ café pergamino seco (cps), se mantuvo por debajo de 5 (Figura 29). En cuanto al factor de rendimiento en trilla (FRT), los niveles estuvieron levemente por debajo de lo encontrado en El Rosario, pero sigue correspondiendo a una alta calidad (Figura 30).

Efecto de la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre la producción del café. SUE0536. Para este período se analizó la

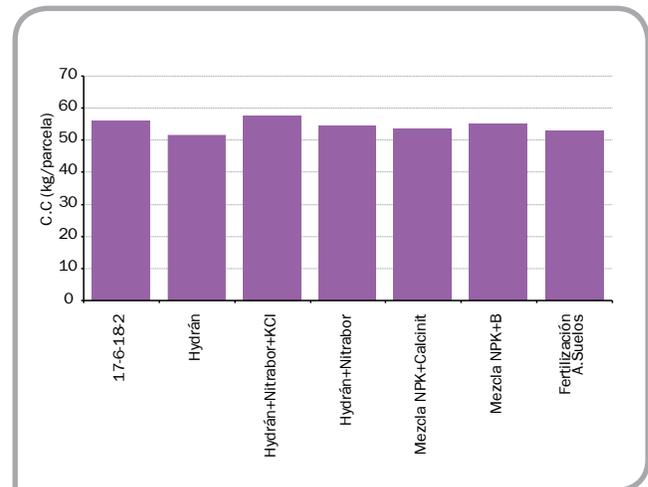


Figura 28. Efecto de los tratamientos en la producción del café en El Agrado.

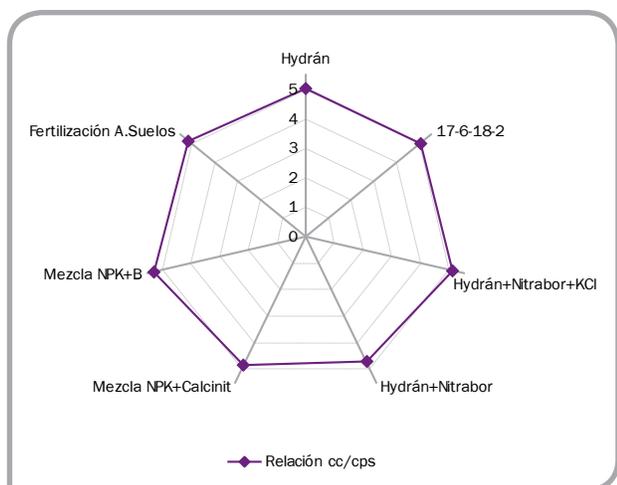


Figura 29. Cambios en la relación cc/cps, por efecto de los tratamientos en la finca El Agrado (Quindío).

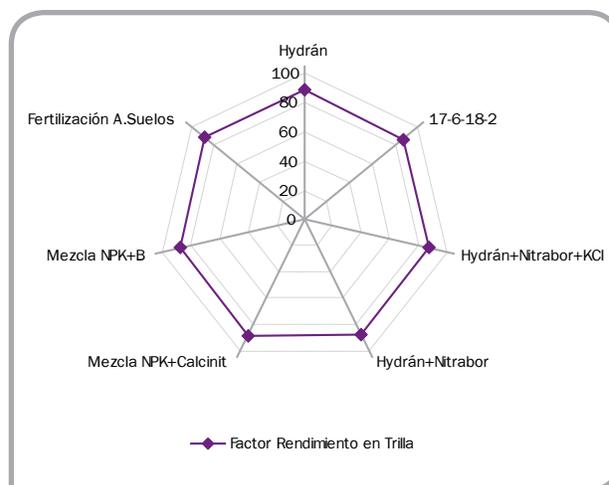


Figura 30. FRT en la masa de café recolectada en cada uno de los tratamientos en la finca El Agrado (Quindío).

producción acumulada promedio, obtenida desde junio de 2009 a septiembre de 2012, en Gigante (Huila), desde agosto de 2009 hasta septiembre de 2012 en la Estación Experimental Santander (Santander), desde julio de 2009 hasta agosto de 2012 en la Estación Central Naranjal (Caldas), y desde enero de 2010 a septiembre de 2012 en Paraguaicito (Quindío). Los tratamientos aplicados se observan en la Tabla 3.

En Naranjal, Santander y Gigante, hubo efecto de los tratamientos sobre el promedio de la producción acumulada de café cereza; sin embargo, en Paraguaicito no se presentó efecto de los tratamientos sobre

el promedio de la producción acumulada (Tabla 4). El alcance de estos resultados aún es preliminar, debido a que falta por registrar la cosecha principal del 2012. En términos descriptivos, se observó que en Naranjal el tratamiento con mayor producción de café cereza por parcela fue el número 8 [fertilización química (75%) + Lombricompuesto (125 g /planta año) (fraccionado)], en Paraguaicito el tratamiento 1 [fertilización química (100%) + Lombricompuesto (250 g /planta año)], en Santander el tratamiento 2 [fertilización química (100%) + Lombricompuesto (125 g /planta año)] y en Gigante el tratamiento 4 [fertilización química (75%) + Lombricompuesto (125 g /planta año)] (Tabla 4).

Tabla 3. 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

En cada localidad, los tratamientos presentaron un comportamiento diferente. En Naranjal, Paraguaicito y Gigante, la fertilización orgánica basada en suplir los requerimientos de N (tratamiento 12) no presentaron diferencias con relación al 100% de la fertilización química, basada en el análisis de suelos (tratamiento 11). En Santander hubo diferencia a favor de la fertilización química (tratamiento 11) con relación a la fertilización orgánica (tratamiento 12).

La fertilización química al 100%, según el análisis de suelo, más el suplemento con fertilización orgánica (tratamientos 1 y 2) afectó positivamente la producción en Paraguaicito y Gigante, al compararla con la fertilización química sin suplemento orgánico (tratamiento 11). En Naranjal y Santander la mayor producción de café cereza por parcela se presentó en los tratamientos 7 y 8, con relación al grupo de tratamientos 3 y 4, cuya diferencia radica en no aplicar al mismo tiempo ambas fuentes. Estos dos grupos de tratamientos se presentaron como promisorios por sus efectos en la producción, similares en Naranjal, Paraguaicito y Santander, con mayores valores en Gigante, en comparación con el tratamiento de fertilización química al 100%.

En Paraguaicito y Gigante hubo mayor efecto en la producción, al disminuir las dosis de la fertilización

química al 75% y 50%, lo anterior dado el efecto en el aumento de la acidez del suelo, producto de la fertilización química nitrogenada.

Evaluación de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción de café. SUE0537. Con esta investigación se busca determinar el efecto de la aplicación de cuatro dosis (200, 300 y 400 kg/ha/año) y tres fuentes de nitrógeno (urea, nitrato de amonio y urea recubierta con una molécula para inhibir la nitrificación del amonio) en la producción de café. Los sitios experimentales son las Estaciones Experimentales Naranjal (Caldas), El Rosario (Antioquia), Paraguaicito (Quindío) y La Unión (Tolima). Adicionalmente, se vienen analizando las concentraciones de los elementos en las hojas y realizando lecturas con SPAD (Soil Plant Analysis Development) en Naranjal y Paraguaicito.

Producción de café cereza. En contraste al año 2010, en esta vigencia hubo efecto de las dosis de N en las cuatro localidades, más no hubo respuesta a las fuentes ni interacción Dosis x Fuente. Debido a lo anterior, se procedió a determinar las tendencias para cada sitio; en este sentido, se halló una respuesta tipo lineal para la Estación Experimental Líbano, en tanto que para las demás localidades el comportamiento fue de tipo cuadrático (Figura 31). En el caso de Líbano, a pesar de encontrar una respuesta lineal, la magnitud del incremento fue relativamente baja, pues al aplicar la dosis máxima, es decir, 400 kg/ha/año de N, la producción sólo aumentó en 10% con respecto al testigo sin fertilización nitrogenada. Para Naranjal el óptimo biológico se obtuvo con 263 kg/ha/año de N, dosis mediante la cual se representó un incremento porcentual de 26% con respecto al testigo. La máxima producción de café en Paraguaicito se obtuvo con 341 kg/ha/año de N, cantidad que se tradujo en un incremento equivalente a 19%; pese a lo anterior, no existió una diferencia marcada entre esta dosis y 200 kg/ha/año. En la Estación El Rosario se logró incrementar la producción hasta 37%, cuando se suministraron 290 kg/ha/año de N. Aunque los anteriores resultados son parciales, hasta el momento sugieren que son suficientes 300 kg/ha/año de N para suplir los requerimientos nutricionales de café.

Concentración foliar de nutrientes. En las cuatro localidades hubo efecto de las dosis de nitrógeno en la concentración de este elemento en las hojas, y sólo en Paraguaicito se detectaron diferencias entre las fuentes, sin que en algún caso se presentara interacción Dosis x Fuente. En todos los casos el comportamiento de la respuesta al suministro de

Tabla 4. Promedio de la producción de café cereza acumulada (kg/parcela).

Tratamiento	Naranjal	Paraguaicito	Santander	Gigante
	Producción de café cereza/parcela (kg)			
1	102,7 ab	115,9 a	53,6 a	102,2 abc
2	92,1 ab	96,9 a	57,3 a	97,2 abc
3	100,3 ab	101,8 a	50,4 a	93,7 abc
4	97,0 ab	104,0 a	45,5 ab	116,2 a
5	105,0 ab	109,6 a	45,4 ab	99,1 abc
6	84,1 b	107,1 a	49,8 ab	83,5 abc
7	109,4 ab	94,3 a	55,3 a	98,4 abc
8	116,0 a	105,8 a	52,9 a	108,5 ab
9	90,3 ab	103,6 a	52,6 a	99,0 abc
10	91,1 ab	105,4 a	46,1 ab	95,1 abc
11	102,2 ab	89,1 a	53,3 a	81,1 bc
12	88,2 ab	97,8 a	36,1 b	73,5 c

*Letras iguales representan semejanza estadística entre tratamientos según prueba de Tukey al 10%.

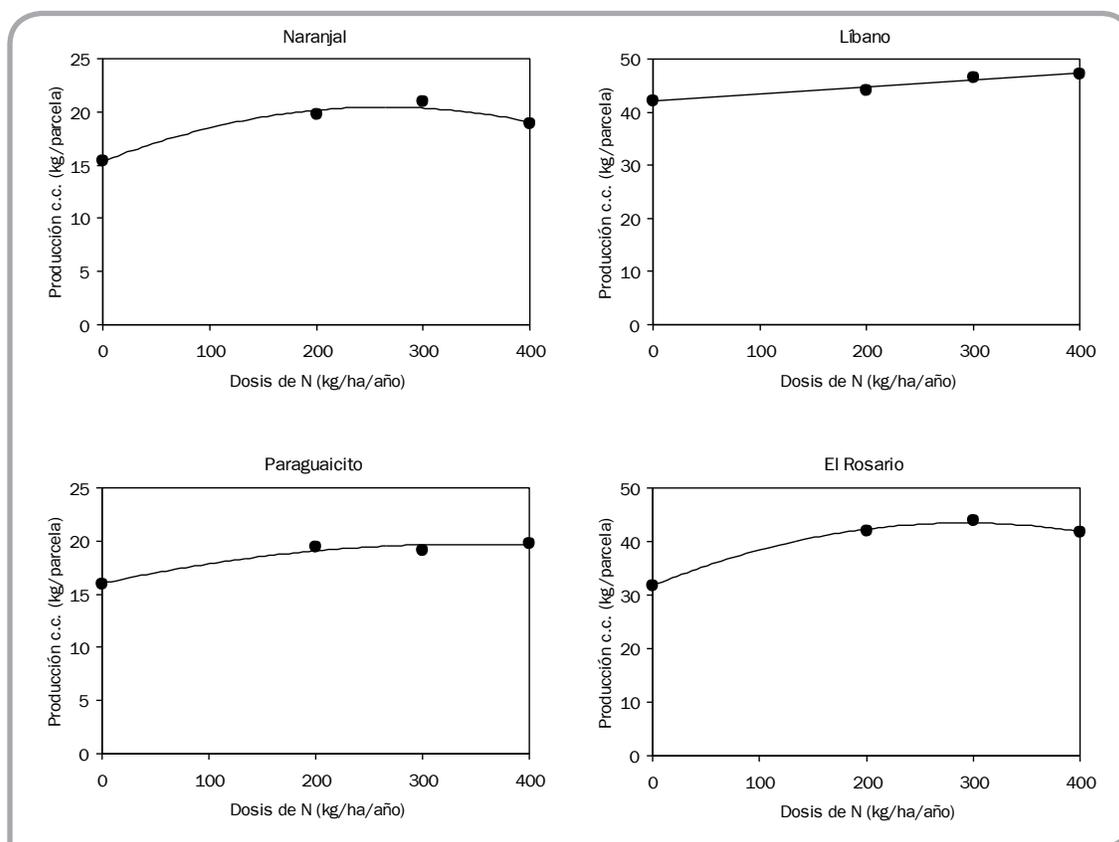


Figura 31. Valores promedio de la producción de café cereza (c.c.), obtenidos en respuesta a dosis de nitrógeno durante el año 2011, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé.

N fue de tipo cuadrático (Figura 32). De acuerdo a las ecuaciones obtenidas se calcularon los valores más altos para cada sitio, así: El Rosario (2,9%), Paraguaicito (2,8%), Líbano (2,6%) y Naranjal (2,5%). En Paraguaicito, el promedio de N foliar, logrado con la aplicación de urea-IN (2,71%) fue estadísticamente mayor que con la urea (2,59%); sin embargo, la diferencia detectada se considera baja (0,12%). El promedio para nitrato de amonio (2,66%) se cataloga como igual a las dos fuentes antes citadas.

En la Estación Naranjal, la aplicación de dosis crecientes de nitrógeno afectó negativamente las concentraciones foliares de fósforo, potasio, calcio, cinc, cobre y boro. En la Estación Líbano ocurrió lo mismo para fósforo, potasio, cobre y boro, en tanto que el magnesio tendió a incrementarse. En la Estación Paraguaicito disminuyeron las concentraciones de fósforo, manganeso, cobre y boro, y en El Rosario disminuyeron las concentraciones de fósforo, potasio, cobre y boro.

Lecturas de SPAD. En la Estación Central Naranjal el análisis estadístico señaló efecto de las dosis

para las dos épocas de evaluación (marzo y mayo), siendo el comportamiento de la respuesta en ambos casos de tipo cuadrático (Figura 32). En Paraguaicito se presentó efecto de dosis en el mes de marzo, sin embargo, la diferencia entre un tratamiento y otro fue baja.

En el marco del mismo experimento, se determinó la respuesta a las dosis y fuentes de nitrógeno en la Estación El Rosario. Se evaluaron cuatro dosis de nitrógeno-N (0,25, 0,50, 0,75 y 1,00 g/planta), suministradas a través de urea, SAM, nitrato de amonio, nitrato de potasio, Calcinit, Nitrorbor y Nitromag. El N se aplicó cuando las plántulas tenían dos meses de transplante, junto con 2 g/planta de P_2O_5 en forma de Superfosfato triple-SFT. Además de los 28 tratamientos descritos, se contó con un testigo sin N, pero con aporte de P_2O_5 como SFT, un testigo absoluto y tres alternativas de fertilización comúnmente empleadas durante esta etapa: 2 g/planta de P_2O_5 aplicados a través de DAP, mezcla de suelo y lombrinaza en proporción 3 a 1, y la mezcla de suelo y lombrinaza en proporción 3 a 1 + 2 g/planta de P_2O_5 suministrado vía DAP. Se

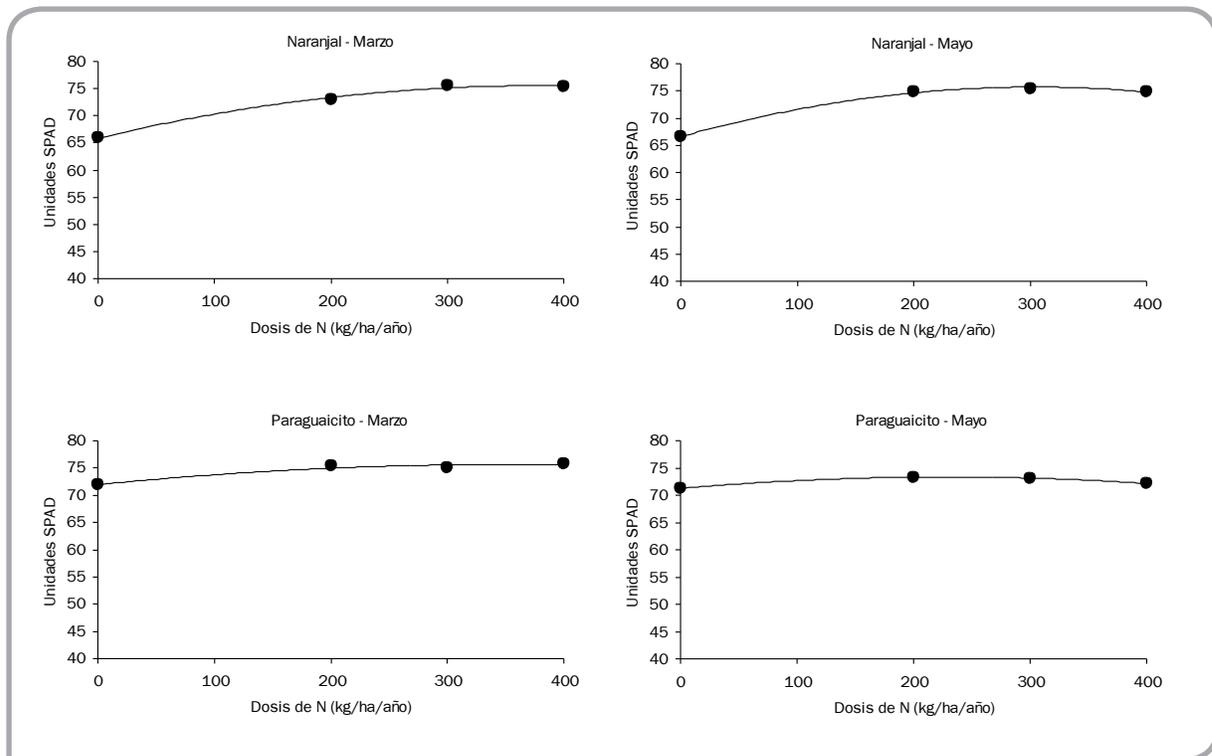


Figura 32. Lecturas de SPAD, tomadas en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito, en función de dosis de nitrógeno. Datos promedios de las tres fuentes empleadas.

emplearon suelos de las unidades Salgar y Venecia, obtenidos en los municipios de Fredonia y Venecia, respectivamente (departamento de Antioquia).

Efecto de los tratamientos sobre el peso seco de las plantas. Para el suelo de la unidad Salgar sólo se presentó efecto de las fuentes de N; en este sentido, el promedio más alto se obtuvo al aplicar SAM, el cual se diferenció estadísticamente del nitrato de amonio, Nitrabor, urea y nitrato de potasio (Tabla 5). En cuanto al testigo sin N, su promedio fue menor frente al obtenido con el SAM e igual con respecto a las demás fuentes ($p \leq 0,1$). Para el suelo de la unidad Venecia el análisis de varianza indicó respuesta a la dosis y fuentes, más no hubo interacción entre ellas. El peso promedio de las plantas que recibieron aporte de N vía SAM, nitrato de amonio, Nitromag y urea fue mayor que el registrado para nitrato de potasio, siendo estadísticamente iguales el promedio de esta última fuente y los de Calcinit y Nitrabor. El comportamiento de la respuesta a las dosis de N suministradas se ajustó a un modelo cuadrático (Figura 33), cuyo punto de inflexión, 0,54 g/planta, señala la dosis requerida para alcanzar la biomasa máxima (óptimo biológico). Pese a lo anterior, el efecto de

los tratamientos de N puede considerarse de baja magnitud, debido a que para las dos unidades de suelo evaluadas, el máximo incremento obtenido con respecto al testigo correspondió a 29%, el cual se obtuvo al aplicar SAM. De modo similar, el aumento obtenido mediante el suministro de 0,54 g/planta de N en el suelo de la unidad Venecia, sólo representó 16,5%. Esta baja respuesta se debe a la fertilidad natural de N en el suelo, para satisfacer los requerimientos de las plantas.

La incorporación de la lombrinaza al suelo de la unidad Venecia contribuyó significativamente al crecimiento de las plantas (Tabla 6), resultado que no se logró mejorar con la aplicación adicional de fósforo. Cuando no se utilizó este abono orgánico el efecto de la aplicación de SFT fue bajo, en tanto que el suministro de DAP dio como resultado un mayor peso de las plantas ($p \leq 0,05$); sin embargo, el promedio obtenido por éste fue menor que los tratamientos con lombrinaza.

En contraposición a lo anterior, el empleo de la lombrinaza en el suelo de la unidad Salgar se tradujo en una reducción del crecimiento de las plantas, en tanto que la aplicación de DAP contribuyó

Tabla 5. Valores promedio de peso seco de las plantas de café, obtenidos para dos unidades cartográficas de suelos del departamento de Antioquia, en respuesta a dosis y fuentes de nitrógeno (N).

Fuente de N	Dosis de N (g/planta)	Peso seco (g/planta)	
		Unidad Salgar	Unidad Venecia
Testigo*	0,00	4,30	3,06
Calcinit	0,25	4,98	2,96
	0,50	4,01	3,45
	0,75	3,94	2,88
	1,00	5,49	3,92
	Promedio	4,64 ab	3,31 ab
Nitrabor	0,25	4,33	3,48
	0,50	3,90	3,16
	0,75	4,78	2,94
	1,00	4,54	3,03
	Promedio	4,40 b	3,15 ab
Nitrato de potasio	0,25	4,52	3,06
	0,50	4,31	2,62
	0,75	3,05	2,76
	1,00	3,25	1,84
	Promedio	3,80 b	2,57 b
Nitromag	0,25	4,82	3,75
	0,50	4,44	4,24
	0,75	5,00	4,31
	1,00	4,93	2,95
	Promedio	4,80 ab	3,78 a
Nitrato de amonio	0,25	4,92	3,34
	0,50	4,47	4,02
	0,75	4,33	4,24
	1,00	4,23	3,79
	Promedio	4,46 b	3,83 a
Sam	0,25	5,31	4,32
	0,50	5,53	3,93
	0,75	5,55	4,18
	1,00	5,76	3,41
	Promedio	5,53** a	3,95 a
Urea	0,25	4,26	3,43
	0,50	4,30	4,17
	0,75	3,94	3,75
	1,00	4,56	3,38
	Promedio	4,24 b	3,67 a

* Testigo con aportes de SFT y sin lombrinaza; ** Diferencia significativa con respecto al testigo, según prueba Dunnett ($p \leq 0,05$). Letras distintas indican diferencias significativas entre los promedios de las fuentes de N en cada unidad de suelo, según prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

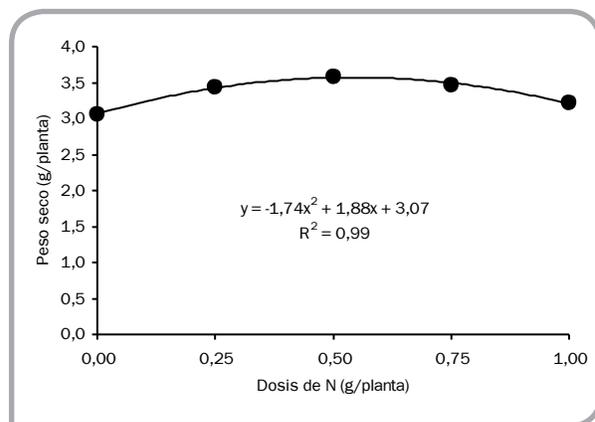


Figura 33. Peso seco de las plantas de café, desarrolladas en el suelo de la unidad Venecia, en respuesta a dosis de nitrógeno (N). Valores promedio correspondientes a las siete fuentes fertilizantes empleadas.

significativamente a la obtención de plantas de mayor peso (Tabla 6). La respuesta de las plantas al suministro de DAP, especialmente cuando éstas se desarrollaron en suelo solo, se puede relacionar al aporte conjunto de fósforo (2 g/planta de P_2O_5) y N (0,78 g/planta de N).

Determinación de la humedad del suelo para el inicio de movimientos en masa. SUE0923. En suelos de las unidades San Simón y Doscientos, con lluvia simulada, el primer sector del talud en saturarse fue el pie, y se causaron desgarres superficiales y erosión laminar severa. Al inicio de la lluvia, la succión se incrementó, seguida de una caída por debajo del valor inicial al finalizar la misma. En ambos suelos, al terminar la lluvia, la succión continuó su disminución en la base y el subsuelo, mientras que ésta se incrementó nuevamente en la sección media y la corona.

Al partir de una succión alta y con grietas en el suelo de la unidad San Simón, producto del secado y humedecimiento, la lluvia favoreció la saturación de la base y del horizonte más superficial. En ambos suelos, para la simulación del flujo subsuperficial en la corona del talud, la falla se generó por la pérdida de succión de la base, controlada por la permeabilidad de los horizontes de suelo (Figura 34) y por los cambios en el nivel freático.

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 el 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 exploratorios investigados.

Tabla 6. Peso seco de las plantas (g) en respuesta a fósforo y lombrinaza.

Tratamiento de fósforo	Unidad Salgar		Unidad Venecia	
	Sin lombrinaza	Con lombrinaza	Sin lombrinaza	Con lombrinaza
Testigo*	3,48 B bc	0,98 B d	2,17 B b	7,55 A a
SFT**	4,30 B b	2,30 A cd	3,06 B b	7,88 A a
DAP	6,11 A a	3,03 A bc	4,59 A b	7,79 A a

* Sin aportes de N ni P. ** Sin aportes de N. Letras en mayúsculas distintas indican para cada unidad de suelo y nivel de lombrinaza (sin y con) diferencias entre los tres tratamientos, según prueba Tukey ($p \leq 0,05$). Letras en minúscula distintas indican para cada unidad de suelo, diferencias entre los seis tratamientos, según prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

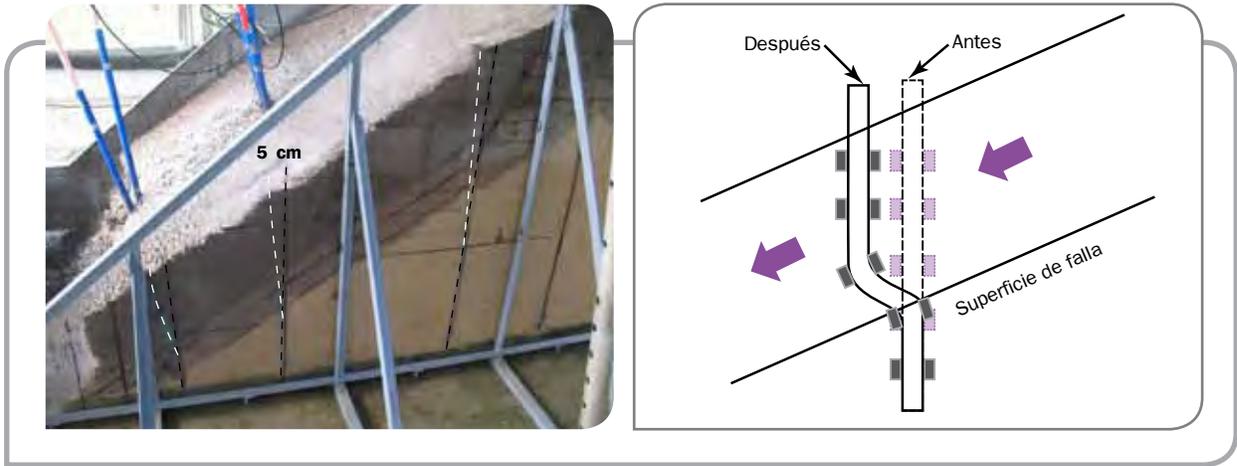
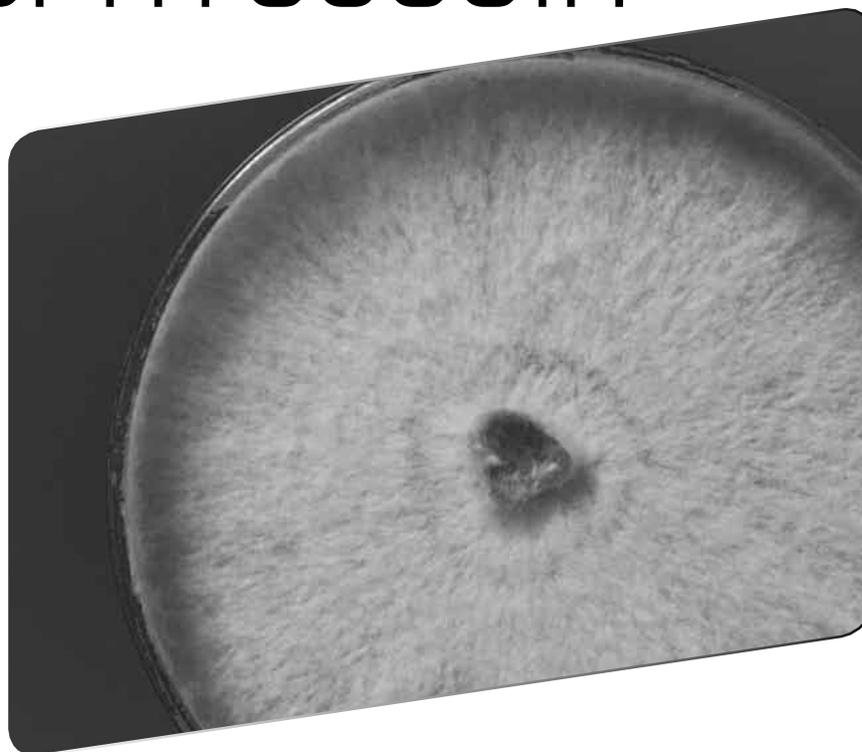


Figura 34. Plano de falla en la unidad San Simón, determinado por el cambio de permeabilidad de los horizontes de suelo.

FITOPATOLOGÍA



La roya del cafeto. En los años 2010-2012 se constató que un manejo agronómico adecuado, acompañado de acciones oportunas en la realización del control químico, permitieron disminuir de manera significativa el efecto de la roya del cafeto en las plantaciones, recurriendo a productos evaluados y recomendados por Cenicafé, en las dosis que los experimentos han indicado como las más adecuadas, por costos y por efectos ambientales. Fue evidente que el fenómeno de La Niña comprometió de manera notoria a la caficultura de variedades susceptibles, afectando su sanidad y su potencial productivo, pero también es claro que el uso de las variedades resistentes como Colombia y la Variedad Castillo® sigue siendo la estrategia de manejo de esta enfermedad más eficiente, a pesar de las condiciones tan favorables que se presentaron para el ataque del patógeno. Las acciones de mitigación de riesgo, a través del oportuno conocimiento de la evolución de las razas de roya en los cafetales de nuestro país, de recomendaciones para el manejo de la misma basadas en la investigación, y el complemento con

un plan de tanto alcance en la recuperación de las plantaciones de café y en la renovación de las mismas, como lo ha sido el plan de “Ola Invernal”, han permitido reducir el impacto fitosanitario a niveles del 13% al 24%, en los departamentos que terminaron cosecha en el primer semestre, valores que permiten pensar en el éxito de la preparación de la caficultura hacia un potencial panorama de variabilidad climática.

Como caso contrastante se ha visto un incremento notable en incidencia de roya en materiales de Costa Rica 95, sembrados en varias regiones del país, con varios lugares presentando niveles de infección superiores al 25%, lo cual evidencia la presencia de razas compatibles con este genotipo (Figura 35), y amerita un plan preventivo de manejo químico para controlar la enfermedad. La presencia colateral de otras enfermedades como gotera, mal rosado y muerte descendente, en varias regiones del país, también recibieron atención mediante la difusión de conocimientos sobre estos problemas, con un énfasis integral donde prima la aplicación de buen manejo agronómico, control de arvenses, fertilizaciones adecuadas y oportunas, y algún tipo de

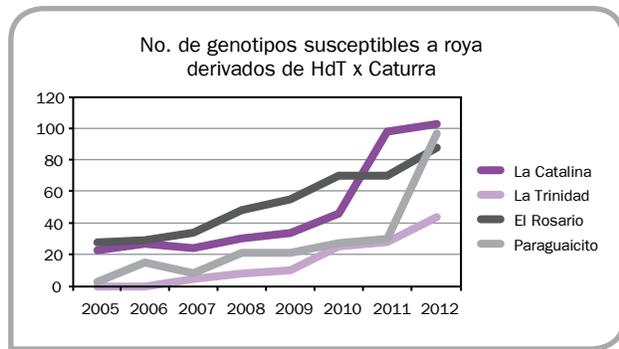


Figura 35. Evolución en el número de genotipos susceptibles a la roya del café pertenecientes al cruce de Caturra x Híbrido de Timor, que dio origen a la variedad Colombia. La mayoría de las plantas, de un total de 125 por sitio, presenta niveles de enfermedad muy bajos y las razas que los atacan son débiles y poco persistentes. Experimentos con marcadores moleculares indican que éstas se derivan de la raza II, que llegó originalmente al país en 1983.

control, que disminuyen el efecto de las enfermedades sobre las plantas de café y su producción.

La vigilancia continua de los niveles de la enfermedad, el uso de información agroclimática y la modelación de las epidemias son fundamentales para adelantar acciones que permitan mitigar los efectos de estas enfermedades en las plantaciones, y favorecer en el caso de la roya, la durabilidad de la resistencia de las variedades resistentes basada en la diversidad genética.

Control químico de la roya. Finalizados los experimentos con el fungicida pyraclostrobin (Comet® EC) quedó demostrado el control de enfermedades como la roya del café y la mancha de hierro, mostrando una efectividad biológica en el control de la roya superior a la ofrecida por el fungicida cyproconazole SL. Este resultado de mayor control quedó plenamente evidenciado en las mayores producciones de café y en los factores de conversión más favorables a los obtenidos con estos testigos de referencia y absolutos. El producto con ingredientes activos cyproconazole + thiamethoxam (Verdadero 600 WG) se continúa investigando en la variedad Caturra, confirmando en el primer año de experimentación que su acción preventiva contra la roya, empleando el calendario de aplicaciones para cosecha principal de segundo semestre del año, ejerce una mayor protección del follaje contra la roya, que cuando se aplica en el momento de ocurrir la floración principal de las plantas. Igualmente, es promisoría la alternancia de los fungicidas con ingredientes activos cyproconazole + thiamethoxam (Verdadero 600 WG) y cyproconazole + azoxystrobin (Amistar

ZTRA) para el control de la roya del café, no solo por su efectividad biológica sino también por la mayor producción de ramas secundarias que se deberán traducir en puntos de producción futura.

En las mismas plantas de café variedad Caturra se están realizando mediciones de fenología, con el fin de determinar a través de diferentes variables de crecimiento de las plantas, el efecto bioactivador del producto con los ingredientes activos cyproconazole + thiamethoxam, buscando una mayor producción, debido a unas condiciones de sanidad que generen menor estrés de las plantas. En la Variedad Castillo® continúan los estudios sin resultados experimentales contundentes que demuestren el efecto bioactivador del producto con ingredientes activos cyproconazole + thiamethoxam, sobre el vigor y la producción de plantas de café.

En condiciones de almácigo se sigue valorando la acción sobre las plantas de café del producto con ingredientes activos cyproconazole + thiamethoxam, cuando se alterna con aplicaciones de DAP, buscando resultados de mayor sanidad del follaje por la ausencia de la roya y de la mancha de hierro, y de mayor nutrición y desarrollo de las plantas por la adición del DAP.

Se requiere investigación para demostrar el efecto de los ingredientes activos cyproconazole + thiamethoxam en café, sobre la potenciación de su modo de acción en plantas de mayor edad, en condiciones donde los procesos morfológicos, fisiológicos y metabólicos involucren estrés para las plantas, promoviendo la activación de mecanismos de acción del producto en algunos de estos procesos.

Epidemiología asociada a la variabilidad climática. En la preparación de la caficultura al cambio climático, este año se inició la recaptura de datos de los experimentos de epidemiología y control de la roya del café, correspondientes a trabajos adelantados por la Disciplina de Fitopatología, entre los años 1985 y 1989, en 23 sitios ubicados entre los departamentos de Quindío, Caldas y Tolima. Hasta el momento, se han recuperado 7,32 Mb de hojas en formato dBase, almacenadas en discos Floppy de 3,5 pulgadas. Todos los archivos han podido leerse bajo el programa Excel, y se están revisando las variables medidas en ese entonces, de manera que se agrupen sitios por su similitud en los datos recopilados. Una vez finalice la referenciación geográfica a escala local, de los lugares asociados a los experimentos, se adicionarán datos climatológicos y se validarán modelos epidemiológicos conocidos mediante simulaciones computarizadas, para compararlos con

las series de la base de datos, que sirvan así para la generación de alertas oportunas, dependiendo del comportamientos del clima.

El primer año de investigación, entre 2011-2012, en plantaciones de café variedad Caturra, situadas en altitudes entre 1.600 y 1.900 m, con condiciones ambientales de seis meses típicos de influencia del fenómeno de La Niña y cuatro meses de condiciones Neutras (primer año del experimento), confirmó que la roya, en plantaciones pequeñas y sin una carga productiva alta, no registra valores con crecimientos acelerados de la epidemia. Sin embargo, en esas mismas condiciones, al comparar parcelas no tratadas contra la roya con parcelas tratadas con los fungicidas con ingredientes activos cyproconazole + thiamethoxam y pyraclostrobin, se evidencia el beneficio para las plantas y lo conveniente del control de la roya, confirmando que una enfermedad como ésta no requiere de manejos ocasionales, sino permanentes, si lo que se desea es mantener un cultivo de café sano y productivo durante todo el ciclo de producción de las plantas (Figuras 36 y 37).

Así mismo, en las mismas parcelas y plantas situadas en las altitudes, mencionadas anteriormente, se está evaluando la presencia de la enfermedad muerte descendente, mostrando en el primer año del experimento que, a pesar de las condiciones

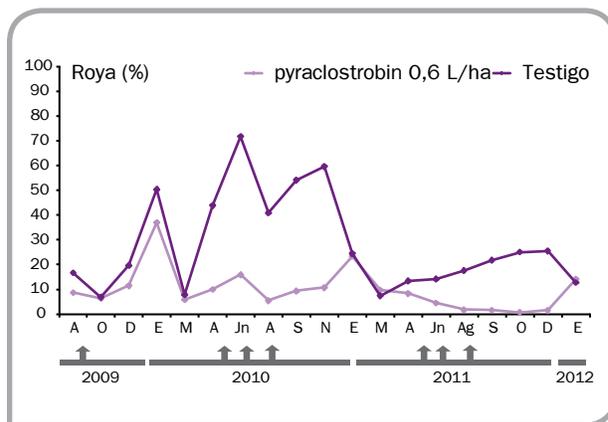


Figura 36. Incidencia de la roya del café en plantas tratadas con pyraclostrobin (Comet® EC) y sin tratar en la Finca La Selva (1.423 m), en Chinchiná, Caldas.

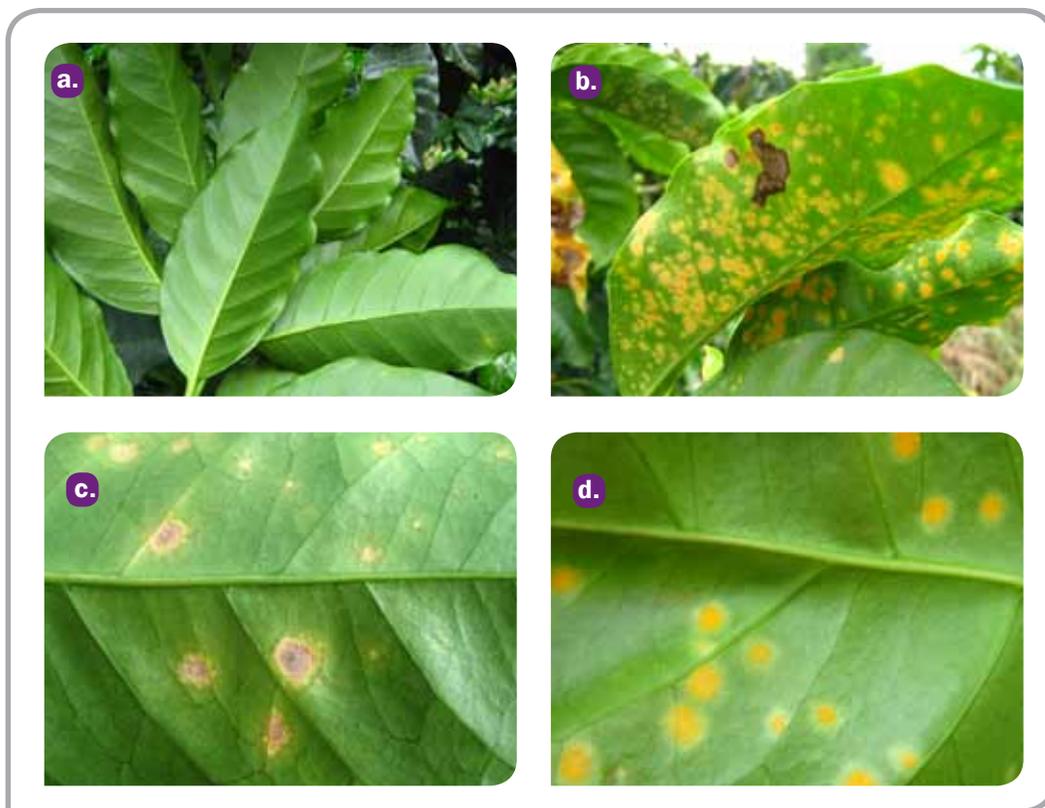


Figura 37. Control preventivo de la roya del café con pyraclostrobin (a) comparado con el testigo no tratado (b); Efecto curativo y erradicativo (cicatrizante) del pyraclostrobin cuando se realizan aplicaciones sobre lesiones activas de roya (c) comparadas con un testigo no tratado (d).

favorables por altitud y por estar el cultivo en plena fase vegetativa, no han registrado alta presencia e impacto de esta enfermedad. El seguimiento de la epidemia de mal rosado en la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), en un cafetal de Variedad Castillo® a plena exposición solar, ha indicado que la incidencia se incrementó ligeramente en el mes de mayo a 3,2%, a partir de un 0,64% en febrero, y que para finales de septiembre se había reducido a 1,4%, niveles muy bajos, que responden a las condiciones de distribución de lluvia de año Neutro, presentes a lo largo del 2012.

Aplicación de nuevas tecnologías en el manejo de enfermedades. En la búsqueda de resistencia duradera a múltiples agentes patógenos y a plagas, y ante el eventual quiebre de la resistencia genética a la roya del cafeto en variedades resistentes, debida a factores genéticos, poblacionales o ambientales, se están evaluando nuevas fuentes de resistencia que provengan de *Coffea* spp. o de otros organismos. Durante el 2012 finalizó la evaluación, en condiciones de invernadero, de enzimas quitinasas de *Streptomyces albidoflavus* incorporadas en plantas de café. Se realizaron transformaciones de cultivos celulares de *C. arabica* genotipo BI625 con *Agrobacterium tumefaciens*, llevando constructos de estas quitinasas bajo el control del promotor constitutivo de alfa tubulina de café. Se inoculó de roya en hojas desprendidas y plantas de Caturra, BI625 no transformadas y diez genotipos de plantas transformadas. Todas las líneas presentaron defensa anti fúngica al retrasar o inhibir el proceso infectivo de la roya en comparación con las plantas no transformadas, siendo las líneas BI625T α Ex 11 y 427 las que presentaron el menor porcentaje de puntos cloróticos en hoja desprendida y al ser inoculadas en invernadero, fueron las líneas 11, 15, 257, 279 y 300, las que presentaron una mayor prolongación en el tiempo de aparición de clorosis y esporulación, con ausencia de aparición de urediniosporas (Figura 38). Se hace necesario llevar los ensayos con las plantas modificadas en el campo.

Mediante metodologías genómicas, se terminó la primera fase de anotación del genoma de la roya del cafeto, la cual permitió comprobar que el genoma de este patógeno es muy grande y complejo, que tiene una alta proporción de secuencias repetidas (>70%), que comparte en forma significativa el pool genético con otras royas similares y que contiene un alto número de genes que codifican para proteínas secretadas, las cuales están involucradas en la patogenicidad del hongo a la planta de café y que, eventualmente, pueden estar definiendo las diferencias entre las razas del patógeno.

Se aplicaron tecnologías de metagenómica y bioinformática para estudiar, por primera vez, los microorganismos que habitan en el ecosistema de la planta de café. Mediante esta aproximación se superaron los inconvenientes en la caracterización de la biota por la limitación del número de organismos



Figura 38. Reacción del genotipo *C. arabica* BI625 después de 52 días de inoculación con roya por aspersión. **a.** Esporulación abundante en planta control no transformada. **b.** Esporulación escasa en la línea 13 transformada con exoquitinasa de *Streptomyces albidoflavus* (α Ex). **c.** Resistencia con formación de tumefacciones en la línea 11 transformada con α Ex.

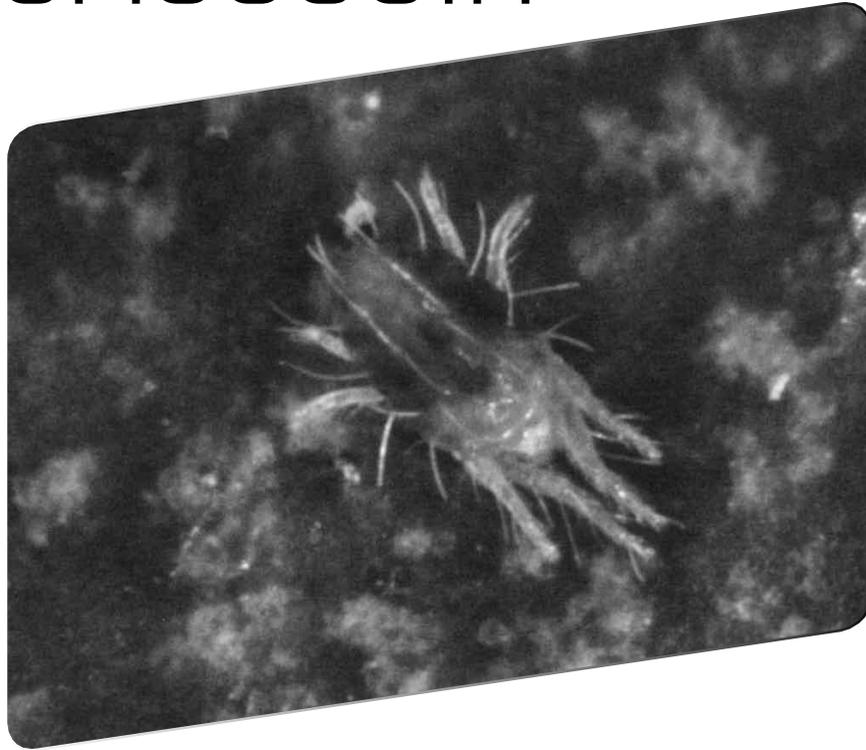
que pueden ser cultivados en el laboratorio y de la baja eficiencia de la identificación taxonómica convencional.

Se realizaron extracciones de ramas, hojas, frutos y suelo, recolectados de plantas de café, secuenciando el DNA presente y caracterizando la diversidad biológica mediante el uso herramientas bioinformáticas. La biota que predomina en la parte aérea y del suelo de las plantas de café es muy abundante; encontrándose cerca de 570 taxones de bacterias, hongos e invertebrados, entre los cuales los más abundantes corresponden a 70 géneros de bacterias, principalmente *Stenotrophomonas*, *Spingomonas* y *Methylobacterium*, y uno de hongos (*Haematonectria*). En las hojas, ramas y frutos se encuentran géneros que pueden estar promoviendo el desarrollo y crecimiento de la planta de café o ejerciendo control biológico frente a enfermedades y plagas. En el suelo, la mayor abundancia es para el género *Bradyrhizobium*, el cual se ha reportado como la bacteria que mayor fijación de nitrógeno genera en el suelo. La información obtenida mediante este trabajo metagenómico permitirá estudiar los cambios en las poblaciones de microfauna que puedan estar asociadas a la aparición de enfermedades, favorecidas por las variaciones en las condiciones climáticas, y la identificación de géneros de interés para el desarrollo de nuevas formas de control biológico, a partir de mecanismos ya existentes en el ecosistema del café.

Bionutrición de plantas de café. En el 2012, en plantas de café de la variedad Colombia, renovadas por zoca, las variables de crecimiento altura y número de cruces mostraron diferencias estadísticas significativas

entre tratamientos al interior de cada grupo (Grupo 1: Fertilización química; Grupo 2: Reducción entre el 25% y el 50% del fertilizante químico + una aplicación del fertilizante biológico/año; Grupo 3: Reducción desde el 75% del fertilizante químico + dos aplicaciones del fertilizante biológico/año; Grupo 4: Fertilizante biológico). De esta manera, se confirman los resultados de años anteriores (2007 a 2011), en los cuales las plantas tratadas con la dosis del fertilizante químico correspondiente a 118 kg/ha/año de N, 50 kg/ha/año de P y 130 kg/ha/año de K (298 kg/ha/año) (dosificadas en 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*), una bacteria degradadora (*Lactobacillus acidophilus*) y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, obtuvieron los registros más altos en las variables anteriormente indicadas. Con esta dosis también se obtuvieron los niveles más bajos de incidencia de mancha de hierro en los frutos y se obtuvo la producción más alta de café. Al comparar este segundo ciclo de producción de las plantas (años 2007 a 2012) con el primero (plantilla) (años 2002 a 2006), se aprecia que en las condiciones experimentales de este estudio, la dosis del fertilizante químico se puede disminuir de 466 kg/ha/año de N, P, K hasta 298 kg/ha/año, siempre y cuando esté en alternancia con el producto biológico (una aplicación/año). De este modo se demuestra en café que el uso de los biofertilizantes en alternancia con los fertilizantes químicos es una alternativa posible, con lo cual se garantiza una producción en este cultivo, libre de residuos químicos, rentable y sostenible.

ENTOMOLOGÍA



BROCA DEL CAFÉ

Ecología y biología

Evaluación de la dinámica poblacional de la broca del café en el campo. Con el objetivo de relacionar los cambios en el clima y su influencia en el desarrollo y comportamiento de la infestación de la broca del café, se realizaron lecturas mensuales desde enero de 2009 hasta agosto de 2012, en dos sistemas de producción, sol y sombra, de *Coffea arabica* Variedad Castillo®, en una hectárea con 7.000 árboles cada uno, en La Romelia – Estación Experimental Naranjal (Chinchiná, Caldas). En 30 árboles por lote, se contabilizó el número de ramas productivas, total de frutos y el número de frutos brocados por árbol, así como el promedio de estados de broca por fruto, con el fin de estimar el promedio de brocas por árbol. Adicionalmente, se evaluó el vuelo de la broca mediante capturas en 70 trampas de alcohol y se relacionaron con los datos climatológicos, humedad del suelo y grados-

día calculados con un umbral base de 16,5°C. Las curvas de vuelo y desarrollo de la broca mostraron una relación entre los grados-día (°D) calculados con un total de 262°D acumulados y la mayor población de broca capturada (23.645 adultos), con poblaciones de 2.674 brocas por árbol, durante un período El Niño, en el lote con sombra, y de 1.326 brocas por árbol, en el lote a libre exposición solar. En contraste, con un período La Niña, con 814 capturas y una densidad de 65,6 brocas por árbol a la sombra, y de 138 brocas por árbol en el lote al sol, con un total de 182°D acumulados. La humedad volumétrica del suelo, estimada a 10 cm de profundidad, fue de 19,8% y 52% para un período El Niño y La Niña, respectivamente. El aumento poblacional de la broca estuvo relacionado con temperaturas altas (> 21°C), baja humedad del suelo (< 30%), baja precipitación (< 200 mm), déficit hídrico de al menos dos meses continuos, alto brillo solar (230 h) y un requerimiento de 260°D acumulados. Estos resultados indicaron que la broca respondió a los cambios de temperatura ambiental, favorecida por temperaturas altas y por períodos prolongados de déficit hídrico, durante eventos El Niño (Figura 39), aumentando su tasa de desarrollo en los frutos que quedaron en el suelo

y en el árbol después de las cosechas, lo que conlleva a mayores niveles de infestación y daño en los frutos de café de la siguiente cosecha. Este conocimiento de la variación del clima y del impacto sobre la dinámica de poblaciones de la broca del café constituye la base para la prevención de este problema fitosanitario en Colombia.

Evaluación del movimiento de la broca en cafetales establecidos mediante una estrategia de seguimiento con marcadores moleculares.

Dentro de la estrategia de Manejo Integrado de la Broca, se estableció una metodología para estudiar el movimiento de la broca en condiciones naturales. Para esto: (1) Se evaluó la variación alélica del marcador molecular microsatélite HHK.1.6, para ser usado como método de marcación; (2) Se diseñó un dispositivo para liberar poblaciones de broca en el campo; (3) Se liberaron y recapturaron los individuos marcados; (4) Se estableció la identidad de los individuos recapturados mediante la evaluación de la variación alélica del marcador HHK.1.6; (5) Se estimó la distancia de vuelo de la broca del café; (6) Se ajustó la expresión matemática que mejor describió el movimiento de la broca en el espacio y en el tiempo. Los resultados permitieron identificar una población indistinguible con el marcador HHK.1.6 presente únicamente en Guapotá (Santander), el desarrollo del dispositivo de liberación de broca que obliga a volar al 88% de los adultos y las recapturas de estas brocas se dieron principalmente en un radio inferior a 40 m desde un punto central con una distancia máxima de 65 m. Se concluye que en cafetales establecidos la broca tiene un movimiento restringido al área local, de tal manera

que mientras exista alimento cerca del sitio de liberación, su dispersión es limitada.

Genómica funcional de la respuesta de la broca a las variables de clima.

Este experimento fue cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. La aproximación realizada en este estudio fue catalogar la información de expresión génica de la broca obtenida durante el desarrollo del proyecto de genoma para la reconstrucción de un transcriptoma global de la especie y la clasificación de las secuencias encontradas por homología con genes de interés en una especie de insecto plaga. Se identificaron alrededor de 500 genes de respuesta a factores bióticos y abióticos elicitados ante eventos de estrés. Alrededor de 240 secuencias fueron concordantes con genes que codifican para enzimas de detoxificación y proteínas de moléculas insecticidas como citocromo P450, esterases y glutatión-s-transferasas. Cerca de 230 genes fueron identificados en funciones moleculares relacionadas con bioquímica nutricional del organismo, entre ellas proteasas en sus principales categorías serin-proteasas, cistein-proteasas, aspártico-proteasas y amino-peptidasas; adicionalmente, unas 50 secuencias tuvieron aciertos por homología con genes involucrados en respuesta común ambiental como HSPs, útiles como genes letales, condicionantes en estrategias de control genético de insectos. La integración de esta información con el método de ensamblaje y procesamiento de estas secuencias permitió la reconstrucción del transcriptoma global de la broca, generando secuencias de ESTs y unigenes completos que pudieron ser mapeados contra el genoma. Este transcriptoma ensamblado

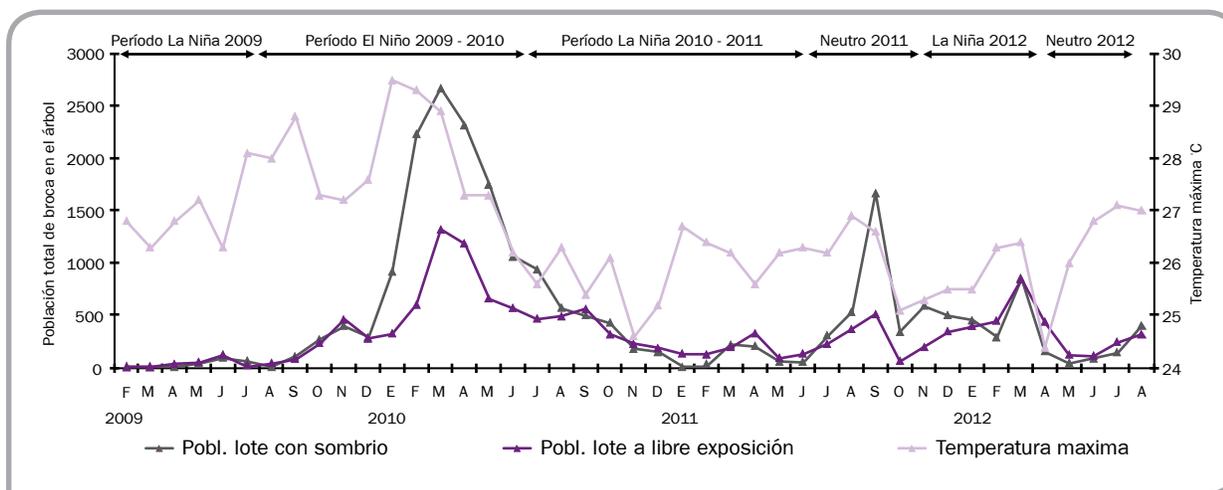


Figura 39. Relación entre la temperatura máxima y la población total de broca del café en el árbol, en dos sistemas de producción, a través del tiempo.

y anotado sirve de referencia en los análisis de expresión génica basados en secuenciación de alto desempeño RNA-Seq.

Identificación de genes de resistencia y desarrollo de variedades de café

Búsqueda de genes de interés en el control de la broca del café. Este experimento fue cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Se obtuvo la secuencia del genoma completo de la broca del café por pirosecuenciación WGS y paired-end, a partir de los cuales se construyó un ensamblaje de 190 Mb. Se predijeron 24.317 genes y se mapeó el 99,5% de los EST que componen el transcriptoma global de la broca. Se identificaron genes involucrados con metabolismo, genes letales condicionantes, genes blanco de insecticidas y genes asociados con la respuesta inmune al ataque del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Este genoma está siendo usado para la identificación de perfiles de expresión asociados con la respuesta de la broca a compuestos de antibiosis y metabolismo en diferentes tiempos de ataque al grano de café. Además de la caracterización de las regiones repetitivas del genoma, se está realizando un mapa físico a partir de la secuenciación de la librería BAC que, en conjunto con la información genómica que se ha obtenido, permitirá la construcción de un ensamblaje mejor soportado, permitirá rápidamente la identificación y caracterización precisa de genes de interés.

Identificación de fuentes de resistencia a la broca mediante el estudio de la interacción molecular entre la planta de café y el insecto. Se obtuvieron las secuencias del transcriptoma completo de frutos de *C. liberica* y *C. arabica* infestados con broca, luego de 24 y 48 h, para un total de 2,5 millones de lecturas por genotipo, en cada tiempo de infestación, finalmente se comparó la expresión de genes de *C. liberica* y *C. arabica*. Se confirma la respuesta temprana de *C. liberica* al ataque de la broca y la inducción de los genes isopreno sintasa, heveina, patatina e inhibidor de tripsina Kunitz en *C. liberica* mas no en *C. arabica*. Se validó la expresión de siete nuevos genes en *C. liberica* relacionados con respuesta a la broca: (1) la proteína *germin*, asociada a resistencia de *Manduca sexta* en *Nicotiana*, (2) el clon CPRD12, responsable de la respuesta a deshidratación y defensa, (3) la proteína SC24 tipo lectina, (4) la glicoproteína de epidermis EP1, (5) la proteína de resistencia glyoxalasa/bleomicina, (6) una lectina específica para manosa y glucosa y (7) la enzima

berberina. Igualmente, se identificaron cinco genes en *C. arabica*: (1) una proteína asociada a senescencia, (2) una endonucleasa subtilisina, (3) una quitinasa, (4) una enzima esteroide sulfotransferasa y (5) una β -1,3-glucanasa. Posteriormente, se clonaron los genes de heveina, inhibidor de tripsina Kunitz y patatina en el plásmido pBin 19 bajo control del promotor de Alfa tubulina y se realizaron transformaciones de tejido embriogénico de *C. arabica* var. Caturra CUX2178 (Heveina e inhibidor de tripsina Kunitz) y el genotipo CUX1997 (Patatina). El tejido embriogénico modificado se está subcultivando y seleccionando para aislar los embriones transformados. El gen de patatina además está siendo clonado en el vector de expresión pMal C2, con el propósito de evaluar la sobreexpresión de estos genes en los materiales transformados de *C. arabica* var. Caturra frente al ataque de la broca. Se realizó una evaluación de expresión de genes en diferentes accesiones de *C. liberica* en la CCC, y se encontró que la introducción Lib1035 sobreexpresa mejor isopreno sintasa, patatina, heveina y el inhibidor de tripsina Kunitz.

Identificación de fuentes de resistencia y genes de interés a partir de secuencias de *Beauveria bassiana*, la broca y su parasitoide *Prorops nasuta*.

Se obtuvieron 10.436; 22.714; 3.717 y 8.065 secuencias CLC a partir de las cepas de *Beauveria bassiana* Bb9001, Bb9024, Bb9119 y Bb 9205, respectivamente, del cepario de Cenicafé. Estas secuencias permitieron el ensamblaje del genoma completo del mayor controlador natural de la broca, lo que servirá como base para identificar genes para usos en control de insectos, industria y trazabilidad de estos agentes de control. Se identificaron 16 genes inducidos en la respuesta de la broca a la infección causada por *B. bassiana*. Se destacan dos secuencias completas, un gen antibacterial con posibles funciones en el control de bacterias y el gen de cathepsinas que contrarrestan las defensas de la planta frente al estrés nutricional, este último con posibles aplicaciones en el control de la broca. Se hicieron aislamientos de ARN del parasitoide de la broca del café *Prorops nasuta* y se obtuvieron 52.370.166 lecturas. Este transcriptoma se encuentra parcialmente anotado.

Sistema *in vitro* para la producción de proteínas inhibidoras de la broca del café.

Se evaluó el efecto sobre la broca en dietas artificiales, de diferentes concentraciones de las proteínas endoquitinasa e inhibidor de tripsina (MBP/Endo y MBP/IT). La mezcla de éstas mostró efecto sinérgico con respecto a la actividad biológica de la broca, quizás por la acción independiente de las proteínas en diferentes sitios del insecto. La mezcla de MBP/Endo 1% y MBP/IT

1,5% permitió una mortalidad del 80% de las brocas a los 40 días. Los individuos que sobrevivieron se retrasaron y no alcanzaron el estado adulto.

Desarrollo de variedades con resistencia a la broca, mediante transgénesis con genes de quitinasas.

Se ha venido trabajando en la transformación y regeneración de nueve líneas élite de Variedad Castillo® (CU 1812, CU 1991, CU 1953, CU 1827, CX 2178, CX 2710, CX 2720, CU 1815, CU1997), para que expresen genes de quitinasas: endoquitinasa y quitobiosidasa y generar variedades resistentes a la broca del café. Se cuenta con 65 plántulas de café *in vitro* transformadas con endoquitinasa (20 nuevas del genotipo CU1812 y 45 del CX2720) y 95 transformadas con quitobiosidasa (CX 2178). De cada línea se tienen entre 20 y 37 controles de regeneración positivos. Con cada vector han sido transformados, al menos dos veces, siete de los nueve genotipos y, al menos una vez con cada vector, las líneas CX2720 y CU1991. Se completó el 66% de eventos de transformación para endoquitinasa y el 81% para quitobiosidasa. Además, se cuenta con 48 plantas transformadas con la proteína GFP (proteína verde fluorescente) de la línea CU1997.

Identificación de plantas transgénicas de café y evaluación de su efecto contra insectos plagas. Se cuenta con 20 líneas de café *C. arabica* BI-625, con diez plantas cada una, que expresan genes de quitinasas, éstas tienen entre 1 y 2 años de edad y fueron evaluadas por su resistencia al minador de la hoja. Cinco líneas conteniendo el gen exoquitinasa de ocho evaluadas y dos líneas con endoquitinasa, de las líneas evaluadas, diez mostraron menor susceptibilidad, causaron mortalidad sobre el minador y detuvieron los daños de las lesiones en las hojas. Se requiere llevar estas plantas al campo, para evaluarlas en condiciones naturales, para el control de broca y otras enfermedades del café. Igualmente, se tienen en invernadero diez líneas, con diez plantas cada una, que expresan un gen inhibidor de tripsina y 25 plantas control BK-620. Éstas mostraron buen desarrollo y adaptación.

Control biológico

Colección, identificación y preservación de cepas de microorganismos para el control biológico de insectos plagas y enfermedades de los cultivos en la zona cafetera colombiana. Se han preservado 117 cepas de *B. bassiana*, 19 de *Metharizium anisopliae*, 5 de *Verticillium* sp., 4 de *Lecanilicium* sp., 6 de *Trichoderma* sp., 17 de *Paecilomyces* sp., y 1 de *Fusarium*, las cuales actúan como

controladores naturales de plagas y enfermedades del café. Con el fin de determinar el mejor método de almacenamiento, estos materiales están preservados siguiendo tres protocolos: nitrógeno líquido, glicerol-20°C y aceite mineral. Se hicieron siembras de 74 cepas, así: 35 de *B. bassiana*, 13 de *Metarhizium*, 6 de *Lecanicilium*, 4 de *Verticillium* y 16 de *Paecilomyces*, preservadas entre 15 a 30 meses en los tres métodos. Todos los métodos han mantenido la viabilidad de las cepas hasta los 30 meses de almacenamiento. El 92% de las cepas almacenadas muestran germinaciones superiores al 70% y la mitad han permitido germinación de esporas superiores al 90%. Se recomienda el método de preservación en aceite mineral, que es menos costoso y permitió las mayores germinaciones de esporas. Se seguirán evaluando las cepas para establecer el tiempo máximo de preservación.

Control de broca en frutos infestados del suelo con el uso de mezclas de cepas de hongos entomopatógenos.

En un cultivo comercial de café en Pereira (Risarcaldá) se evaluaron en el campo, cuatro tratamientos: las mezclas de cepas de *B. bassiana* "Cenicafé" (Bb9001, Bb9024, Bb9119), la cepa de *M. anisopliae* Ma9236, la mezcla "Cenicafé" junto con Ma9236 y un testigo con agua. Se seleccionó un lote y se dividió en tres parcelas, asperjando los cuatro tratamientos, en cada una de las unidades de trabajo conformadas por 50 árboles, a los cuales se le depositaron cuatro frutos de café infestados por árbol, cada 20 días. Se asperjaron los tratamientos cada vez que se depositaron los frutos en el suelo y entre los meses de septiembre y diciembre del 2011, se evaluó la infestación por broca y la población de broca en los frutos de los

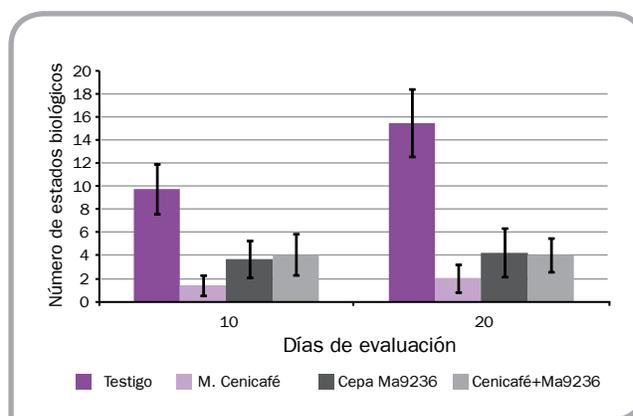


Figura 40. Promedio de estados biológicos de broca al interior de frutos posterior a la infección con los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae*.

árboles. Los resultados mostraron que todos los hongos redujeron los niveles de infestación en los árboles, observándose disminuciones entre 18% y 47% comparado con el testigo. El máximo control se obtuvo con la combinación de mezclas de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. La población de brocas al interior de los frutos en el testigo se incrementó en más del 50%, mientras que las mezclas de cepas “Cenicafé” y la mezcla “Cenicafé” junto con Ma9236 causaron reducciones de la población de broca al interior de los frutos hasta en un 40%. El uso de una mezcla con diferentes espectros de acción bajo condiciones ambientales indica que, es posible mantener los porcentajes de broca en el lote por debajo del 6,6%. En el laboratorio, la mezcla de *B. bassiana* “Cenicafé” logró afectar la capacidad de oviposición de las brocas, entre un 73% y 87% (Figura 40), indicando que las mezclas de cepas, además de incrementar la mortalidad en las poblaciones de broca y reducir la infestación en los árboles, afectan directamente las siguientes generaciones.

Mejoramiento de *Beauveria bassiana* por virulencia y estrés ambiental para el control de la broca del café. Con el propósito de identificar cepas de *B. bassiana* resistentes a alta radiación ultravioleta UV, se evaluó la resistencia a radiación ultravioleta de 15 colonias previamente transformadas con el gen fotoliasa (Phr), aislado de *B. bassiana*. Las colonias fueron expuestas a una radiación de 1.200 mWalt/m², durante un período de 0, 1, 2 y 3 h, usando como control la cepa sin transformar Bb9205.L1. Cuatro cepas transformadas mostraron mayor resistencia a luz UVB comparadas con la cepa no transformada. Las cepas resistentes mostraron porcentajes de viabilidad entre 25% y 35% superiores a la cepa control. Dos de estas cepas (Phr76 y Phr79) se evaluaron por PCR real-time para cuantificar la expresión relativa del gen. Éstas presentaron mayor expresión en todos los tratamientos evaluados con respecto a la cepa control, siendo la expresión de la Phr76 superior, indicando que la presencia del gen de fotoliasa incrementa la resistencia de las cepas a Luz UV. Además, estas cepas mantienen su virulencia frente a la broca. Con el propósito de incrementar la resistencia del hongo *B. bassiana* a la baja humedad, se realizaron eventos de transformación de la cepa Bb9205.L1 y el vector pBAR.GPE1.EH, que contiene el gen de Epóxido Hidrolasa (EH) aislado de *B. bassiana*. Se obtuvieron 46 colonias y se evaluó e identificó, por PCR, la presencia de una copia adicional del gen, en 23 colonias. Cuatro de estas colonias fueron evaluadas por PCR real-time para cuantificar la expresión relativa del gen, usando micelio inducido en medio líquido Sabouraud Dextrosa

Broth (SDB), con concentraciones de 0,7% y 15% de polietilenglicol (PEG). En una de las cuatro colonias evaluadas se encontró una expresión del gen 30 veces mayor en los dos tratamientos, comparados con la cepa sin transformar. Se determinó la dosis y el tiempo letal medio de esta cepa, evaluando la mortalidad de brocas adultas a concentraciones de 1x10⁴, 1x10⁵, 1x10⁶, 1x10⁷ y 1x10⁸ esporas/mL del hongo. La cepa transformada Bb9205.L1.Eh10 fue más resistente a baja humedad y mantuvo el mismo porcentaje de virulencia que la cepa sin transformar Bb9205.L1.

Evaluación de insecticidas de nueva generación para el control de la broca y desarrollo de equipos de aspersión para el control de la broca del café.

Se evaluaron 18 productos de nueva generación y nuevas formulaciones con acción insecticida, para el control de la broca. Dos moléculas nuevas y una formulación mostraron resultados promisorios en el laboratorio. Durante el desarrollo de equipos de aspersión, se realizaron modificaciones para los equipos Motax y PPR con aguilón vertical, dada su alta eficiencia de aplicación, cobertura, tamaños de gota y diámetro medio volumétrico (DMV) dentro de lo recomendado. Para las especificaciones de rediseño, se tomaron recomendaciones de mejoramiento propuestas por autores en investigaciones anteriores y caracterizaciones en el campo. Estos equipos presentaron deficiencias en ergonomía y movilidad, razón por la cual esta investigación tuvo como objetivo corregir estos inconvenientes. Utilizando el software de diseño AutoDesk Inventor 10®, se propusieron modificaciones virtuales del diseño y se desarrollaron tres conceptos de máquinas, siguiendo una metodología de diseño DEM (Design for Economic Manufacture). Se obtuvo un primer prototipo y se están construyendo dos adicionales, con el fin de ser evaluados en las características físicas requeridas para la aspersión de pesticidas en las condiciones de la caficultura colombiana.

Otras plagas del café

Biología de la cochinilla harinosa de la raíz del café *Puto barberi* en el laboratorio. Se obtuvo el ciclo biológico en condiciones controladas de laboratorio de 25 ± 2°C y 70 ± 10% de humedad relativa, de la principal cochinilla harinosa asociada a las raíces del café, *Puto barberi*. Se utilizó como hospedante la raíz de la arvense *Talinum paniculatum*. Esta especie es ovovivípara, la hembra no forma ovisaco e incuba los huevos en el interior del cuerpo (Figura 41a). Se detectó reproducción partenogenética del tipo telitoquia, con la producción exclusiva de

hembras en la descendencia. La ninfa I tuvo una duración de $17,8 \pm 0,17$ días (Figura 41b) y la ninfa II de $24,4 \pm 0,77$ (Figura 41c). El período de pre-deposición tuvo una duración de $42,2 \pm 2,74$ días, el de deposición de ninfas de $51,4 \pm 6,80$ y de post-deposición de $5,3 \pm 0,82$ días para una duración promedio de la etapa adulta de $98,9 \pm 1,61$ días (Figura 41d). El ciclo de huevo a adulto fue de $141 \pm 0,99$ días. El proceso de muda duró alrededor de 100 minutos (Figura 41e) y la producción de cera ocurrió a las pocas horas de la muda. El número de ninfas por hembra fue de 86,8 con un máximo de 182 (Figura 41f).

En lo que respecta a evaluaciones morfométricas, los huevos son de color amarillo, ovoides y miden 0,53 mm de longitud, por 0,34 mm de ancho. La ninfa I mide 0,9 mm de largo por 0,5 mm de ancho. La ninfa II mide 1,5 mm de largo por 1 mm de ancho. La hembra adulta joven recién emergida mide 2,1 mm de largo por 1,6 mm de ancho y la adulta ovíplena mide 3,3 de largo y 2,3 mm de ancho.

Araña roja del café, *Oligonychus yothersi*. Se visitaron lotes de café con ataques de ataque de araña roja *Oligonychus yothersi* (Acari:Tetranychidae), a partir del mes de julio y agosto, en los municipios

de Manizales, Villamaría, Chinchiná y Palestina, con el fin de caracterizar los daños. Los resultados preliminares muestran que los daños alcanzaron porcentajes superiores a 90% de hojas afectadas por árbol. Al comparar la variedad, altitud y estado fisiológico de desarrollo, no se encontró correlación con el porcentaje de daño causado por *O. yothersi*, una especie polífaga que además de café, se observó atacando cultivos de yuca, guanábana, aguacate, chirimoya, plantas ornamentales y palmas, entre otros. En lotes de café con sombrero no se registraron estados de araña roja ni daños. Los niveles de daño bajaron en las fincas donde se aplicó un acaricida específico para estados móviles y huevos del género *Oligonychus*, en el momento oportuno a la aparición de los primeros focos de ataque; las plantas mostraron buena recuperación con follaje nuevo y sano al mes siguiente (Figura 42). Igualmente, pudo confirmarse la eficacia en el campo de los acaricidas con efecto ovicida y la selectividad hacia la fauna benéfica, favoreciendo su establecimiento, principalmente de Coccinelidos del género *Stethorus* sp. *Cycloneda*, *Azya*, *Harmonia*, ácaros Phytoseidae, y *Chrysoperla* que depredan los estados móviles y huevos de araña roja (Figuras 43 y 44). En los lotes donde no se presentó control oportuno, la dispersión de araña roja se

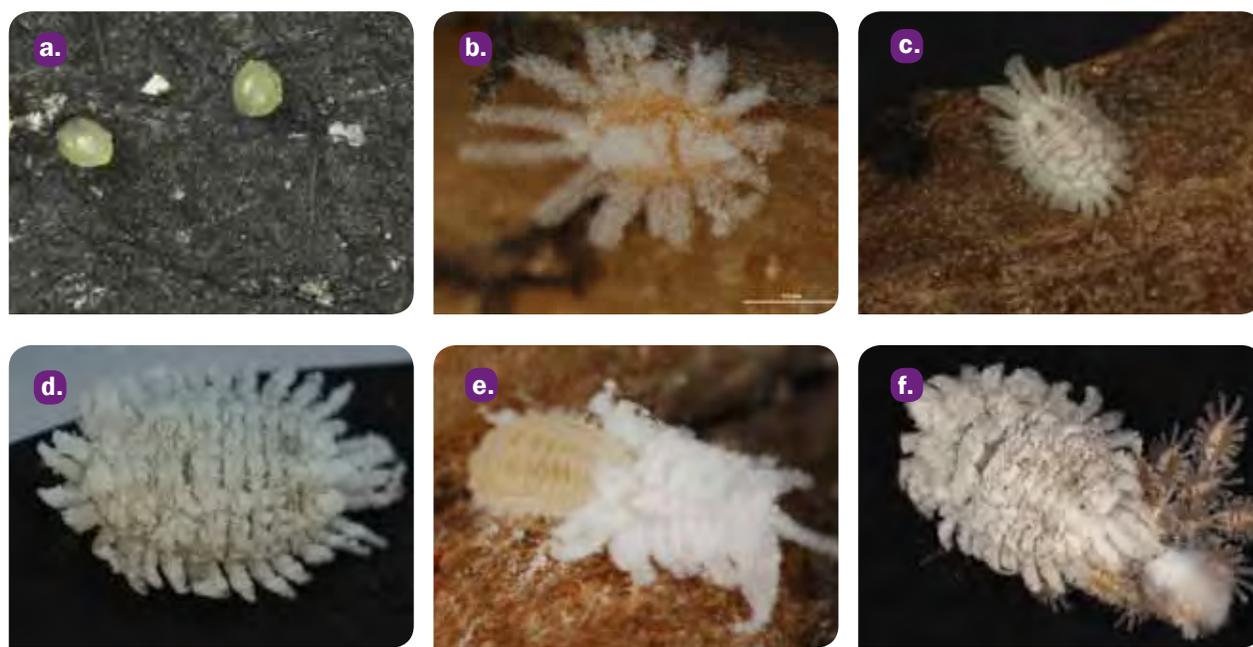


Figura 41. Estadios de desarrollos de *P. Barberi*. **a.** Huevo; **b.** Ninfa I; **c.** Ninfa II; **d.** Adulta ovíplena; **e.** Muda; **f.** Adulto con ninfas.



Figura 42. Lote afectado por araña roja **a.** Antes y **b.** Después del tratamiento con acaricidas con efecto ovidica.

dio de forma generalizada en todo el lote, en menos de 20 días. Para corroborar si las especies de *Stethorus*, *Cycloneda*, *Harmonia*, *Azia*, *Scymnus*, *Chrysoperla* y *Phytoseidae* depredan estados móviles y huevos de araña roja, se realizaron diez eventos de observación, de diez minutos cada uno, en el laboratorio utilizando cajas petri con follaje infestado de huevos y estados móviles de araña roja. En

cada caja petri se colocó un adulto y una larva de cada especie de depredador. Se pudo constatar el hábito especialista de *Stethorus* en la depredación de huevos y estados móviles de araña roja de forma continua. Igualmente los ácaros *Phytoseiidae* en la depredación de ninfas de araña roja. Por el contrario, *Cycloneda*, *Harmonia*, *Azia*, *Scymnus*, *Chrysoperla* fueron especies generalistas, y depredaron



Figura 43. Depredadores de araña roja de la familia Coccinellidae sobre follaje de café. **a.** *Azya orbigera*; **b.** *Cycloneda munda*; **c.** *Harmonia axyridis*; **d.** *Propylea* sp.; **e.** *Stethorus* sp.; **f.** *Scymnus* sp.



Figura 44. Depredadores de araña roja. **a.** Larva de *Stethorus* predando huevos; **b.** Larva de *Harmonia* predando ninfas; **c.** Larva de *Cycloneda* sp.; **d.** Larva de *Chrysoperla* sp. cubierta con exuvias de araña roja en el dorso; **e.** Larva de *Chrysoperla* sp.; **f.** Huevos de *Chrysoperla* sp. parasitados por *Telenomus* sp.

ninfas y huevos de araña roja en menor proporción.

Eficacia de acaricidas en diferentes concentraciones para el control de araña roja *Oligonychus yothersi* (Acari: Tetranychidae). Desde mediados del mes de junio, en varias regiones del país, especialmente de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, se vienen presentando ataques de la araña roja, *Oligonychus yothersi*. Con el fin de buscar alternativas de manejo, se evaluó la eficacia de acaricidas. Se evaluaron diez acaricidas de categoría toxicológica III y IV (spiromesifen, propargite, propargite + tetradifon, hexythiazox, etoxazol, extracto de quillay, capsialil, milbemectina, piridaben (sanmite) y citroemulsion) y un detergente en cuatro concentraciones. Cada tratamiento fue comparado con un testigo absoluto. Según prueba de t ($p < 0,05$), de los 11 productos evaluados, los acaricidas spiromesifen, propargite, propargite + tetradifon, etoxazol, milbemectina y piridaben (sanmite) (Tabla 7) mostraron una alta eficacia ($> 99\%$) a los cuatro días después de la aplicación. Los porcentajes de mortalidad del testigo absoluto no superaron el 15%, corroborando la calidad del bioensayo. Es importante aclarar que ninguno de estos acaricidas poseen registro ICA en Colombia para el control de esta plaga, por lo tanto, no es posible recomendarlo a los caficultores hasta

que las casas comerciales procedan a extender el uso de producto.

Tabla 7. Eficacia de acaricidas sobre poblaciones de araña roja en el laboratorio.

Ingrediente activo	Mortalidad (%)	LI	LS
Testigo	11,89	5,03	18,74
Spiromesifen	100,00	100,00	100,00
Propargite	100,00	100,00	100,00
Propargite + tetradifon	100,00	100,00	100,00
Hexythiazox	87,78	84,59	90,98
Etoxazol	99,69	99,29	100,00
Extracto de quillay	69,91	62,95	76,87
Capsialil	86,09	80,34	91,85
Milbemectina	99,10	98,33	99,86
Piridaben	100,00	100,00	100,00
Citroemulsion	93,11	89,36	96,86
Detergente	69,95	57,23	82,67

t ($p < 0,05$), 9g; LI: Límite inferior; LS: Límite superior

Biodiversidad de la zona cafetera colombiana

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

Se atendieron 96 consultas de caficultores, Comités Departamentales, Servicio de Extensión y 315 visitas en el Museo Entomológico “Marcial Benavides” de Cenicafé, relacionados con insectos plaga y benéficos, en el cultivo de café en Colombia. Se identificaron 116 muestras, correspondiente a especies de insectos de hábitos fitófagos en el cultivo del café. Se realizaron las evaluaciones fitosanitarias correspondientes, mediante observaciones en el campo y muestreos sistemáticos, entre los que

se destacan el registro de una nueva especie de barrenador del tallo y raíz del café *Plagiohammus* sp. nov. (Coleoptera: Cerambycidae), registrado en la Serranía de Perijá, sur del Cesar, en el mes de junio, atacando resiembras de café Variedad Castillo® y en variedad Típica, y posteriormente, otro registro en Maripí (Boyacá), en localidades entre 900 y 1.200 m.s.n.m., en zonas de bosque premontano húmedo. El daño lo ocasiona la larva cuando barrena el tallo principal a una altura de 30 cm del suelo y continúa hasta la raíz principal, destruyéndola completamente, hasta causar el marchitamiento de los árboles (Figura 45). En el mes de septiembre en los municipios de Sevilla,

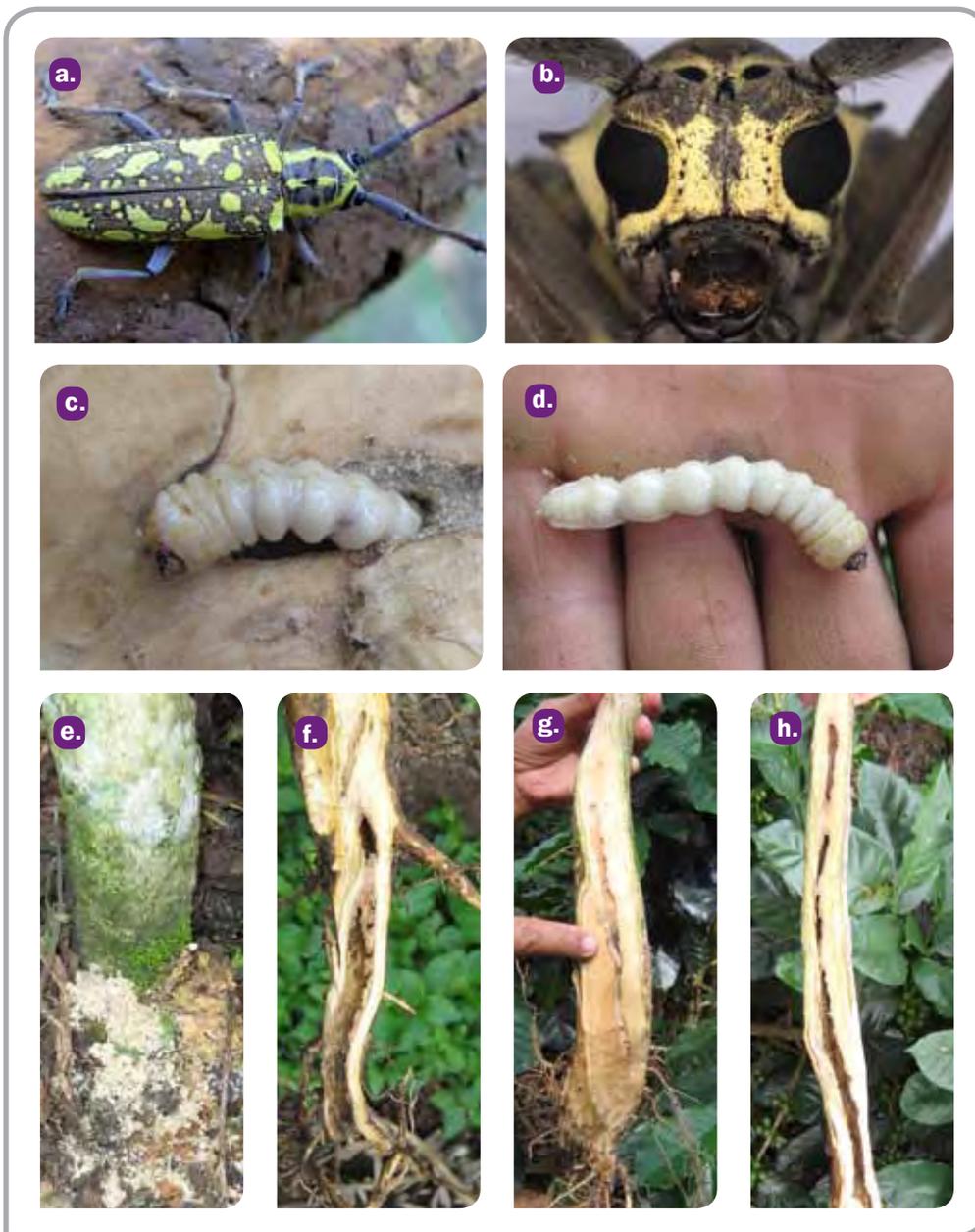


Figura 45. El barrenador del tallo y raíz del cafeto *Plagiohammus* sp. **a-b.** Adulto. **c-d.** Larva. **e-h.** Galerías en tallos y raíz principal.

Valle y Salento (Quindío) se presentaron ataques en café del gusano gelatina amarillo (Lepidoptera: Dalceridae), atacando follaje de forma localizada en el envés de las hojas, en localidades por encima de 1.700 m.s.n.m. El daño se manifiesta por un raspado profundo sobre la epidermis de la hoja y orificios irregulares que pueden dañar más del 80% de la lámina foliar (Figura 46). Éste se constituye en un nuevo registro para la caficultura de esta especie que se encuentra en proceso de identificación por especialistas. En el sur del Huila, se presentaron ataques del pasador de las ramas *Xylosandrus morigerus* (Coleoptera: Scolytinae), en resiembras de café Variedad Castillo®, e infestaciones de la polilla de los racimos *Argyrotaenia* sp. (Lepidoptera: Tortricidae), en el mes de septiembre, en el municipio de Salento (Quindío), perforando frutos verdes lechosos, glomérulos y consumiendo follaje de hojas. Las larvas pegan las hojas y tejen hilos de seda abundante sobre las ramas y los frutos en formación, donde se refugia. Igualmente, se registró el gusano gelatina blanco o banana *Acraga moorei* (Lepidoptera: Dalceridae) alimentándose en follaje

de café Variedad Castillo® en los municipios de Palestina (Caldas) y Pereira (Risaralda).

En el departamento de Nariño, en el municipio de Colón, se atendió una visita técnica en el mes de diciembre de 2011, para conocer el estado actual de la chinche de la chamusquina *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae), siendo éste el primer reporte para Nariño. Igualmente, se presentó un segundo reporte de la chinche de la chamusquina en el departamento del Cauca, en el municipio de Páez, en el resguardo indígena de Ricaurte, durante el mes de julio, donde se presentó un fuerte ataque con quemazón en rebrotes y botones florales. De Neira (Caldas) se recibieron muestras de la cigarrita del café *Aethalion reticulatum* (Hemiptera: Aethalionidae) y la cigarrita jorobada *Membracis mexicana* (Hemiptera: Membracidae), insectos chupadores en ramas y partes tiernas de café, de manera ocasional. Se atendieron consultas sobre ataques de minador de la hoja del cafeto *Leucoptera coffeellum* en fincas de Palestina, Chinchiná y Manizales (Caldas), como consecuencia de las condiciones climáticas



Figura 46. Daño en follaje de café ocasionado por el gusano gelatina (Lepidoptera: Dalceridae).

favorables que se presentaron en los meses de julio, agosto y septiembre, con un período de verano prolongado; sin embargo, al examinar los porcentajes de parasitismo consistente en la selección de 100 hojas con minas activas, tomadas de forma aleatoria de 30 árboles, se hallaron niveles de parasitismo altos, entre 61% y 68%, por ocho especies de parasitoides de larvas de minador pertenecientes a la familia Eulophidae. Se corrobora la importancia que ejercen los controladores biológicos naturales en la regulación de las poblaciones de minador de la hoja del cafeto en el país, siendo el control cultural a través del manejo selectivo de arvenses, la estrategia más importante para evitar el incremento poblacional del minador del cafeto.

Caracterización de la biodiversidad de la Reserva Forestal Protectora de Planalto. La Reserva Forestal Protectora de Planalto, identificada en el Plan de Ordenamiento Territorial de Manizales, como “Área de Interés Ambiental”, según acuerdo 024 del 2004 debió implementar un Plan de manejo ambiental que involucró actividades de conservación, educación, investigación, recuperación, recreación y cultura, encaminadas a la protección de la biodiversidad. Los inventarios que se han realizado sobre diferentes componentes de la fauna y la flora indican que la Reserva Natural de Planalto alberga una alta biodiversidad, que debe ser conservada, referenciada y estudiada. Con el fin de caracterizar la biodiversidad, se desarrolló una metodología de monitoreo cuantificable y comparable en tres unidades paisajísticas, utilizando las mariposas diurnas, como grupo indicador ecológico. Para esto se establecieron seis transectos permanentes de monitoreo, de 50 m de largo por 10 m de ancho, tres en Planalto y tres en el Sendero Ecológico Los Cusumbos, correspondientes a tres unidades paisajísticas: bosque en buen estado de conservación (BB), bosque secundario en regeneración (BS) y rastrojo alto (RA). En cada transecto se colocaron dos trampas del tipo Van Someren Rydon, a una altura de 2 m del suelo, cebadas con banano fermentado, en donde se realizaron censos visuales del número de individuos (abundancia) y número de especies (riqueza) de mariposas, observadas a paso normal. Por cada transecto se tuvo un esfuerzo de muestreo de 1 hora/hombre/día, para un total de

6 horas de monitoreo mensual, desde el mes de febrero hasta el mes de septiembre. Las variables evaluadas fueron la abundancia, riqueza y composición taxonómica en cada unidad de paisaje.

Se registraron en total 23.949 individuos de mariposas diurnas, pertenecientes a 274 especies, de las cuales 108 son nuevos registros para la reserva de Planalto, con base al estudio de línea base de inventario realizado por Cárdenas y López en el año 2002, donde reportaron 180 especies. Las especies *Euptychia hermes* y *Anartia amathea*, fueron las más abundantes en el hábitat RA. La abundancia media de mariposas fue mayor en las áreas abiertas por la mayor disponibilidad de fuentes alimenticias y recursos nectarívoros de plantas arvenses como consecuencia del incremento del nivel de luminosidad, pero la riqueza media de especies en cada localidad fue mayor en los BB que en los hábitats BS y RA con 166, 145 y 112 especies en Los Cusumbos, contra 187, 171 y 125 especies de Planalto. La diversidad más alta de mariposas se registró en los BB y la más baja en el hábitat RA, con una diversidad intermedia en el hábitat BS; esto asociado a la complejidad estructural y florística de los hábitats, de acuerdo al análisis de especies indicadoras. La presencia de cobertura boscosa correlacionó significativamente con la riqueza de mariposas frugívoras presentes en cada unidad paisajística, con mayor preferencia de la subfamilia Ithomiinae y Satyrinae de hábitos umbrófilos en hábitats BB, con buena cobertura en contraste con especies de hábitos heliófilos como los Hesperidae y Pieridae. El análisis de similitud de Jaccard indica que Planalto sostiene una diversidad mayor de mariposas de hábitos umbrófilos, diferente de la que se encuentra en el Sendero Ecológico Los Cusumbos, quizás por la mayor diversidad florística representada en especies nativas y no introducidas como sucede en Los Cusumbos. La asociación homogénea de vegetación del sotobosque, compuesta predominantemente por *Musa velutina* y *Heliconia latispatha*, mostró menor diversidad de mariposas que el hábitat BB con mayor diversidad florística. Por lo que se concluye que el incremento de la complejidad estructural de los hábitats BB favorece una mayor diversidad de mariposas diurnas que los bosques de menor complejidad estructural (BS y RA).

MEJORAMIENTO GENÉTICO



Caracterización y evaluación de la Colección Colombiana de Café (CCC). Caracterización con Marcadores Morfológicos, Agronómicos y Moleculares. Se continuó la toma de datos de producción en las 300 accesiones silvestres de Etiopía, sembradas en seis experimentos, en diseño completamente al azar, con ocho repeticiones. En la Figura 47, se observa la distribución del promedio de la producción de tres cosechas (2009-2010, 2010-2011 y 2011-2012), para cada una de las 50 accesiones de uno de los experimentos y la de los testigos *Coffea arabica* var. Típica y *C. canephora*. Se observa la gran variabilidad que presentan para esta característica; existen accesiones con producción semejante o superior a *C. canephora*, que en promedio produjo 5,0 kg de café cereza por planta, en contraste con Típica que tuvo un promedio de 1,8 kg de café cereza por planta. Esta variabilidad representa el potencial del germoplasma para el desarrollo de variedades altamente productivas.

Se están evaluando otras características como tamaño de grano, resistencia a la roya y altura de planta, y en todas se aprecia una alta variabilidad, lo cual es de interés, al permitir utilizar las accesiones sobresalientes por un rasgo determinado como progenitor para el desarrollo de nuevas variedades.

El potencial de producción de los progenitores Etiópes se observa en las progenies F3 de Caturra x CCC1046, las cuales se están evaluando en cinco localidades, dentro de los estudios para la identificación de regiones, asociadas a la producción y otras características agronómicas. En la Figura 48 se observa que la producción de las mejores progenies supera ampliamente la de los progenitores.

En años anteriores, se habían seleccionado 50 introducciones que representaban la variación en las características físicas del grano, el contenido de compuestos químicos y la calidad en taza de 393 introducciones Etiópes (Figura 49); y con un análisis de DNA se definieron 15 introducciones

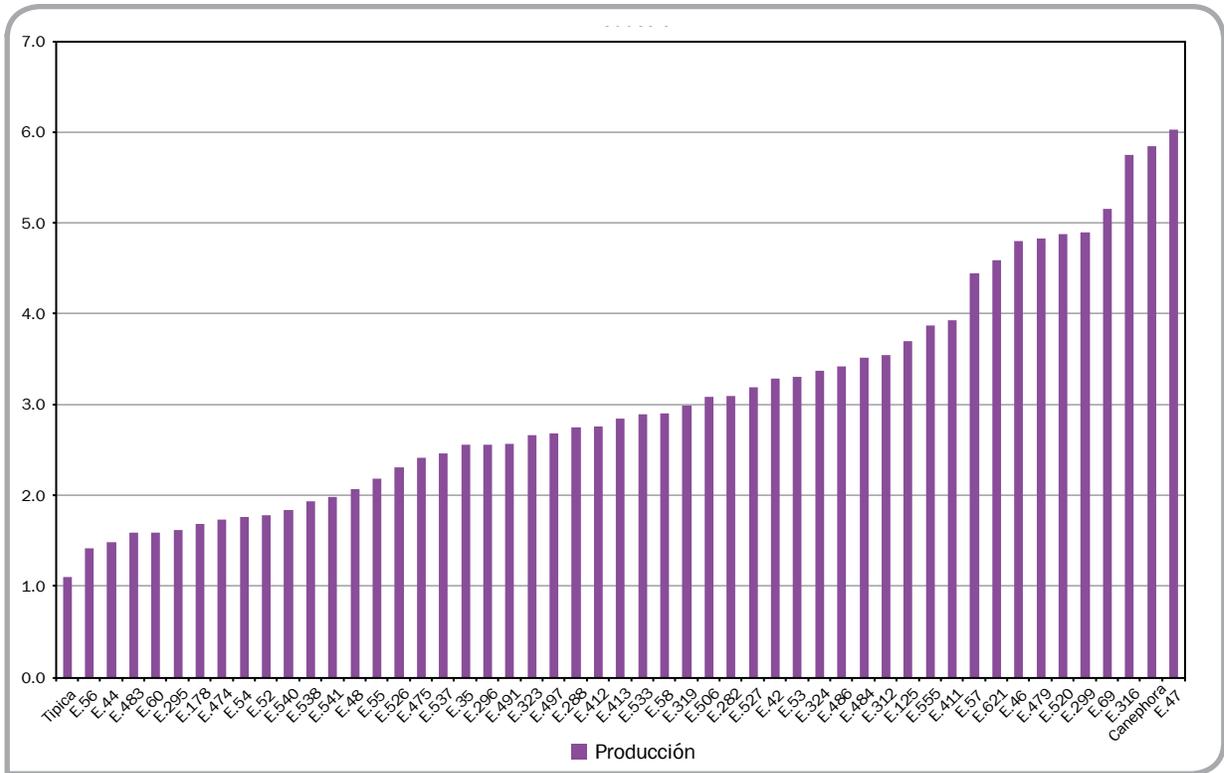


Figura 47. Producción anual de café cereza por planta (en kilogramos), de accesiones Etiópicas de *Coffea arabica*. Promedio de tres años de cosecha.

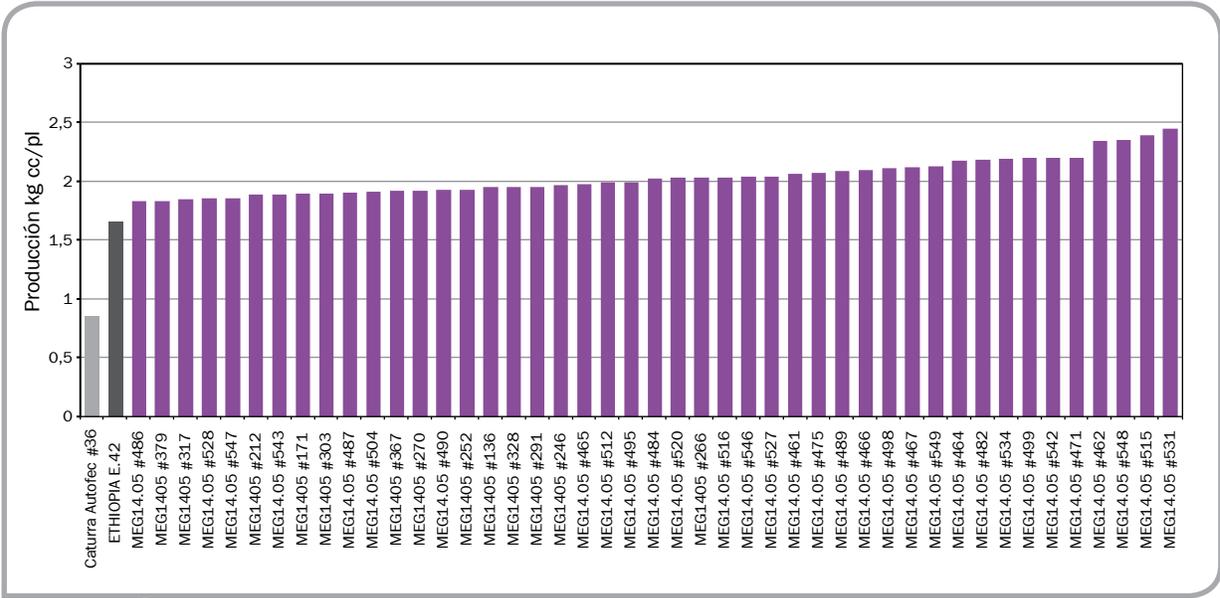


Figura 48. Producción de progenies F3 de Caturra x CCC1046, comparadas con sus progenitores.

que se sembraron en varios ambientes de la Zona Cafetera Colombiana (Pueblo Bello-Cesar, El Tambo-Cauca, Naranjal-Caldas, El Rosario-Antioquia y Pinchote-Santander), y se están comparando con las variedades Tabi, Maragopipe, Típica y Borbón.

Los resultados parciales de Naranjal muestran que las introducciones Etiópicas tienen menor altura que las variedades cultivadas. El diámetro de copa fue mayor en la variedad Tabi y las introducciones E069 y E286, con 199, 173 y

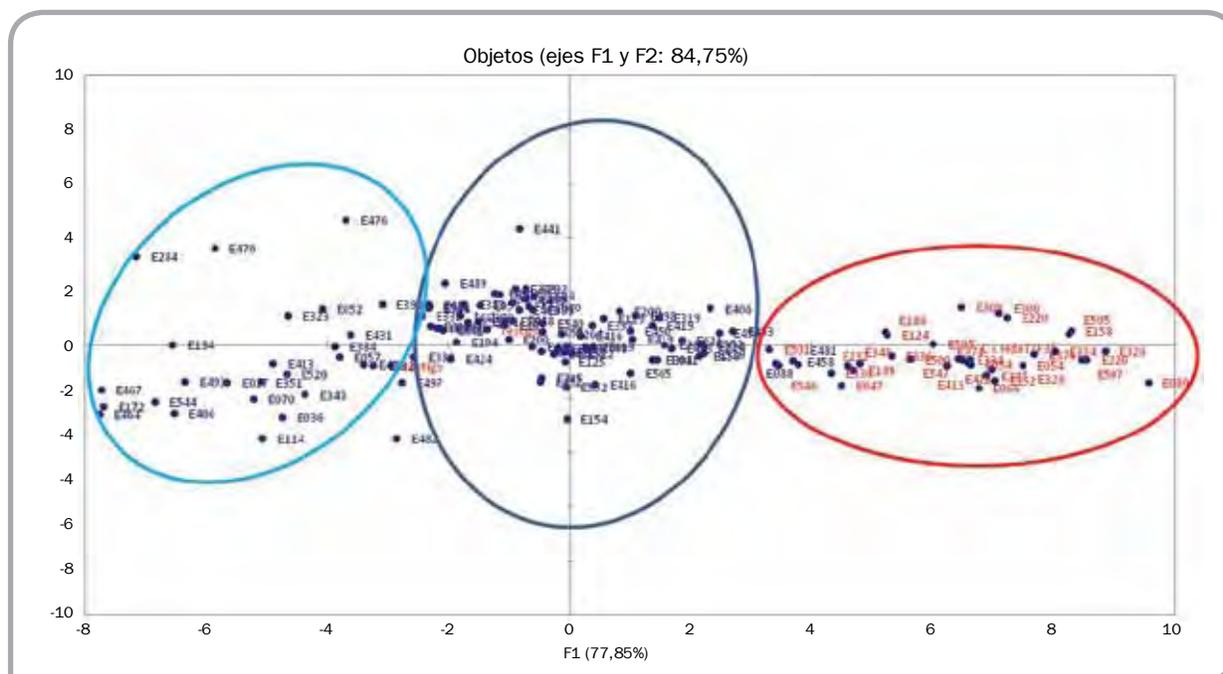


Figura 49. Clasificación de introducciones de *C. arabica* procedentes de Etiopía por calidad en taza. El grupo en círculo rojo está representado por las introducciones con mayor puntaje.

185 cm, respectivamente; la variedad Borbón y la introducción E546 mostraron el mayor número de cruces con 31 y 30, respectivamente. Hubo una amplia variación en el contenido de lípidos y de sacarosa, es así como en el primer grupo de compuestos, todas las introducciones presentaron mayores concentraciones (cerca del 17%, base seca) que los testigos. Altos contenidos de lípidos favorecen la acidez en la taza. Esto muestra el potencial que tienen las introducciones de Etiopía para el desarrollo de variedades.

Se completó el estudio de la variabilidad genética y morfológica de las 18 accesiones de *C. liberica* presentes en la Colección Colombiana de Café de Cenicafé. Se analizó su polimorfismo con dos tipos de marcadores moleculares: iPBS (*inter-Primer Binding Site*) y microsatélites. Los primeros son derivados de secuencias conservadas (*transcriptasa reversa*) de elementos transponibles y representan una nueva generación de marcadores. Los segundos han sido ampliamente usados en café, donde han mostrado su efectividad para definir polimorfismo útil en las diferentes especies. Con base en 25 de estos marcadores se construyó la estructura genética de estas 18 accesiones (Figura 50).

Se realizó análisis de varianza molecular (AMOVA) usando los grupos reportados en la literatura para *C. liberica* var. Excelsa, Abeokutae y Libérica. Los resultados con los datos de los marcadores iPBS indicaron que la variación genética total fue explicada en un 100% por las diferencias entre individuos dentro de grupos, y no entre ellos.

De manera similar, el análisis realizado usando marcadores microsatélites reveló que la variación genética total es explicada en un 95% por las diferencias entre individuos dentro de grupos, mientras que sólo un 5% de ella proviene de las diferencias entre grupos.

Resistencia a la roya del café. Se adelantó la evaluación de líneas F4 y F5 procedentes de hibridación interespecífica entre *Coffea arabica* y *Coffea canephora*. Los progenitores de estas líneas fueron seleccionados por su resistencia y buenas características agronómicas. Como se observa en la Tabla 7, después de 5 años en el campo, la mayoría de estas líneas conservan la resistencia heredada de *C. canephora*. Se harán dos evaluaciones más en el 2013, para confirmar la resistencia.

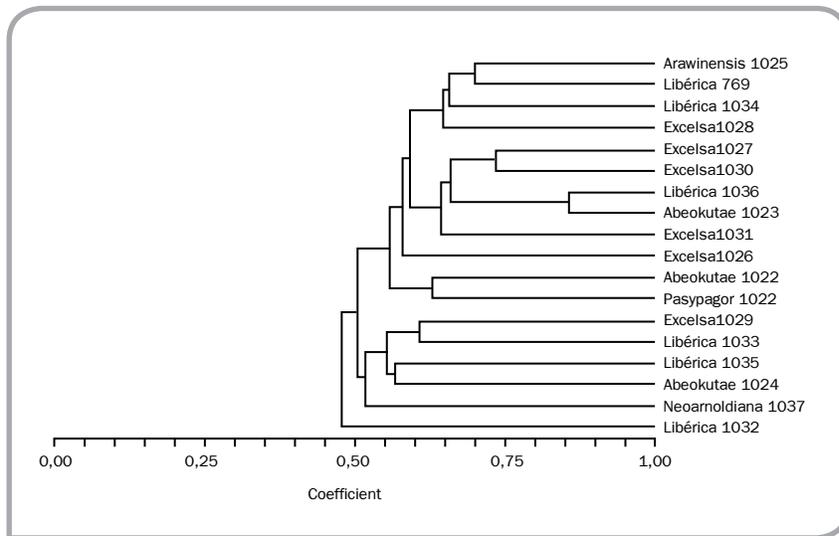


Figura 50. Dendrograma de la estructura genética de 18 accesiones de *Coffea liberica*, basado en el coeficiente de Nei-Li y calculado de los datos combinados de 25 marcadores iPBS y microsatélites

Estas progenies también están siendo evaluadas por sus características agronómicas, su producción y sus características de grano. En la Tabla 8 se presenta la producción anual registrada durante tres años de cosecha. Las progenies tienen buenas producciones, algunas de ellas superiores a las registradas para la Variedad Castillo® Naranja.

Las progenies también poseen buenas características de grano y próximamente se evaluará su calidad en taza, para hacer selección entre y dentro de progenies, con todas las características medidas. Las mejores se evaluarán regionalmente, como paso previo a su liberación comercial.

Evaluación sensorial de líneas éliticas con resistencia a roya. Se evaluaron sensorialmente, de acuerdo a la escala de calificación del panel de la compañía Nestlé, 51 líneas de cuarta y quinta generación (F_4 y F_5), así: 18 componentes de la Variedad Castillo® y 33 del cruce de Borbón x HdeT, encontrándose que 11 líneas éliticas y una del cruzamiento, cumplen con el perfil más exigente de la escala (1,1+). Éste agrupa las tazas para el mercado gourmet, lo cual demuestra la alta calidad de las líneas del Programa de Mejoramiento Genético, así como el potencial que poseen las líneas éliticas de la Variedad Castillo® para el desarrollo y conformación de los grupos de calidad que adelanta la Nestlé, en diferentes partes del país.

Se sembraron en el campo de 375 genotipos derivados de cruzamientos entre líneas éliticas de

la Variedad Castillo® y accesiones portadoras del gen SH3 derivado de *C. liberica*. La presencia de dicho gen en las plantas F1 fue comprobada mediante marcadores moleculares, previamente validados. Estos híbridos serán seleccionados por su comportamiento agronómico y elevada resistencia a la roya.

Dentro de los trabajos de investigación básica, se identificó una región genómica correspondiente a un nuevo factor de resistencia contra la roya, y se comprobó su presencia en más del 60% de las líneas de la Variedad Castillo® evaluados. Se estableció que dicho factor está presente en los híbridos C1FC1343 y 832/2, pero está ausente en el híbrido C1FC 832/1.

Resistencia a la enfermedad de los frutos del Café (*Colletotrichum kahawae*). La enfermedad de las cerezas del café (Coffee Berry Disease, CBD), causada por el hongo *Colletotrichum kahawae*, se encuentra restringida al África, donde genera pérdidas hasta del 80% de la producción de café. En Colombia, el clima de algunas áreas cultivadas con café en altas altitudes, parece ser favorable para el desarrollo de la enfermedad. En *C. arabica*, se han encontrado genotipos con resistencia a este patógeno, como el Híbrido de Timor y algunas accesiones Etiópicas. A partir de éste se tienen progenies F4, F5 y F6 con alta producción y tamaño de grano, con resistencia tanto a CBD como a la roya del cafeto. Como se ve en la Figura 51 un gran número de progenies superan significativamente la producción de la Variedad Castillo® (barra verde).

Tabla 7. Calificación máxima de roya de las progenies del Experimento MEG0662*.

Progenie	Número de plantas en cada grado de la escala de Eskes y Braghini										Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Variedad Castillo® Naranjal	4	10	3	3							20
Catuai					6	7	3	3	1		20
Caturra					1	1	5	7	6		20
MEG646.170	6	2	9	3							20
MEG646.222	20										20
MEG646.223	12	4	2	2							20
MEG646.225	19	1									20
MEG646.229	16	1	3								20
MEG646.230	1	7	8	3	1						20
MEG646.231	12	4	4								20
MEG646.234	11	8	1								20
MEG646.267		3	11	5			1				20
MEG646.287	18			2							20
MEG646.288	20										20
MEG646.344		4	6	4			4	1	1		20
MEG646.345	2	3	7	6		1			1		20
MEG646.348	1	4	5	3			5	2			20
MEG646.350	1	10	7		1	1					20
MEG646.437	14	3	2								19
MEG646.438	15	2	1	1		1					20
MEG649.100	16	4									20
MEG649.125	16	1	3								20
MEG649.128		7	5	4	1	1	2				20
MEG649.251		8	8	3	1						20
MEG649.256	1	3	5	4	4	1	1		1		20
MEG649.257	16	2			1	1					20
MEG649.259		3	6	4	5	1	1				20
MEG649.271			4	9	7						20
MEG649.96	7	4	2	4	1	1	1				20
MEG649.97	3	9	8								20
Total	231	107	110	60	29	16	23	13	10		599

*Máximo de cuatro evaluaciones, entre marzo del 2010 y julio de 2012.

Se determinó la asociación entre tres marcadores: FR34-6ctg, CMA276 y Sat227, y la resistencia a CBD en genotipos portadores de los genes *T* y *R*; adicionalmente, con CMA276 y Sat227 se detectaron bandas que estarían asociadas a un alelo de resistencia presente en genotipos silvestres de *C. arabica*. Estos tres SSR serán útiles en la selección precoz de genotipos portadores de resistencia a CBD.

También es de vital importancia conocer las proteínas que poseen estos genotipos, asociadas a la resistencia a este hongo. Con este fin, se compararon sus proteomas, con el de la variedad Caturra que es susceptible. Para esto, se optimizó el método de extracción, limpieza y purificación de proteínas provenientes de pericarpios de frutos verdes, entre 150 y 170 días después de floración, período en el cual la planta es más

Tabla 8. Producción por año y por planta de las progenies del proyecto MEG 0662.

Progenie	Producción de café cereza por planta por año (kg)			
	C09-10	C10-11	C11-12	Promedio
FL10.MEG646.170	2,9	5,7	3,1	4,3
FJ252.MEG646.345	2,0	5,3	2,0	3,4
FA350.MEG649.251	1,9	4,6	2,4	3,3
FJ252.MEG646.350	2,3	4,7	1,8	3,3
FA338.MEG649.96	1,8	4,6	2,4	3,3
FL66.MEG646.437	2,2	4,5	2,0	3,2
FJ252.MEG646.348	2,5	4,3	1,7	3,2
FA350.MEG649.257	2,2	4,2	1,8	3,1
FL66.MEG646.438	1,3	5,0	1,9	3,0
FL66.MEG646.231	1,5	4,7	1,8	3,0
EY2.MEG649.271	1,8	4,3	1,6	2,9
FA350.MEG649.256	1,3	4,4	1,7	2,7
FA350.MEG649.259	1,3	4,6	1,5	2,7
Variedad Castillo® Naranjal	1,9	3,9	1,3	2,6
FL66.MEG646.234	2,2	3,4	1,5	2,6
FA76.MEG649.125	1,6	3,6	1,5	2,5
FJ252.MEG646.344	1,6	3,6	1,3	2,4
FL65.MEG646.229	1,1	3,8	1,3	2,3
FL65.MEG646.230	1,2	3,5	1,2	2,2
FA76.MEG649.128	1,3	2,9	1,5	2,1
FL71.MEG646.267	1,2	3,2	1,2	2,1
FL65.MEG646.222	2,2	2,5	0,8	2,0
FL65.MEG646.288	1,3	2,9	1,2	2,0
FA338.MEG649.97	1,1	2,7	1,5	2,0
FL65.MEG646.287	1,1	2,9	1,2	1,9
Catuai	1,8	2,1	1,1	1,9
FL65.MEG646.223	0,7	3,0	1,0	1,8
FA338.MEG649.100	0,8	1,9	1,2	1,5
Caturra	1,1	2,5	0,2	1,4
FL65.MEG646.225	0,6	1,8	0,5	1,1
Promedio	1,6	3,7	1,5	2,5
Promedio progenies	1,6	3,8	1,6	2,6

susceptible, y mediante electroforesis diferencial, en gel bidimensional, se obtuvieron los mapas proteómicos de los genotipos resistentes y el de la variedad Caturra. Se detectaron 52 puntos de proteínas con diferencias significativas en su expresión en los genotipos resistentes, al

compararlos con el susceptible. Se aislaron, y por espectrometría de masas, se obtuvieron las secuencias de estos puntos de proteínas. En el análisis de las secuencias se identificaron 14 proteínas en el Híbrido de Timor y 14 en el CCC1147, asociadas con resistencia y defensa

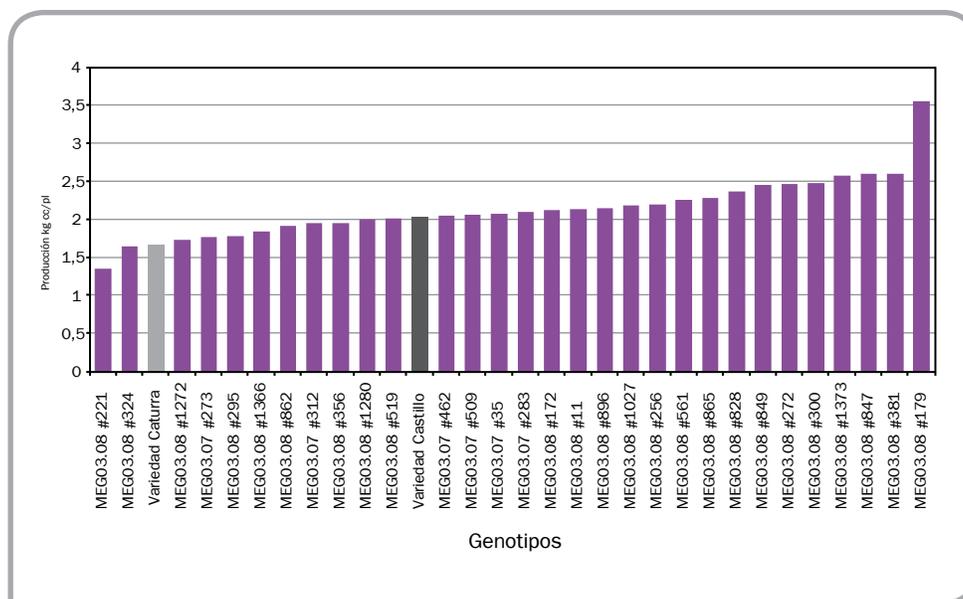


Figura 51. Producción de progenies F5 de Caturra x Híbrido de Timor con resistencia a CBD y roya, comparadas con la variedad Caturra y la Variedad Castillo®.

a patógenos. Estas proteínas candidatas serán validadas y utilizadas para diseñar otros marcadores asociados a la resistencia.

Resistencia a broca. Mediante técnicas moleculares se comprobó en 15 de 16 plantas de café, a las cuales se les había insertado el gen de un inhibidor de amilasas aislado del fríjol, que ha demostrado ser un gen candidato para conferir resistencia a la broca, la presencia en su genoma. Estas plantas se desarrollan normalmente en invernaderos confinados y ya están en desarrollo; con éstos, en el 2013, se realizarán las evaluaciones de resistencia a este insecto.

Efecto del inhibidor de aspártico proteasa de *Lupinus bogotensis* (LbAPI) en el crecimiento y desarrollo de *Hypothenemus hampei*. Se evaluó el efecto del Inhibidor de Aspártico Proteasas de *Lupinus bogotensis* Recombinante (rLbAPI) en el desarrollo y crecimiento de la broca del café en bioensayos. El rLbAPI inhibe las aspártico proteasas del insecto, y en consecuencia, produce la muerte de las larvas. A partir del cuarto día del ciclo biológico, se observaron mortalidades del 40% y 20% en dietas con 1,5% y 1,0% de rLbAPI, respectivamente, mientras en el control fue del 2%. La mortalidad aumentó hasta alcanzar la máxima de 30%, 60% y 90%, el día 25, con concentraciones de rLbAPI en la dieta de 0,75%,

1,0% y 1,5% (p/p), respectivamente (Figura 52). Con relación al desarrollo y número de estados, se observó retraso en el crecimiento de las larvas alimentadas con 1,5% de rLbAPI comparadas con las alimentadas con el control: el día tres, del ciclo de vida en el control, hubo 128 larvas, mientras que con 1,5% de rLbAPI solo se registraron 84 larvas vivas y el resto de los individuos estaban muertos. Con esta misma concentración, a los 15 días, el número de larvas se redujo a 36, en comparación con el control que presentaba 126 larvas por unidad experimental. El día 25,

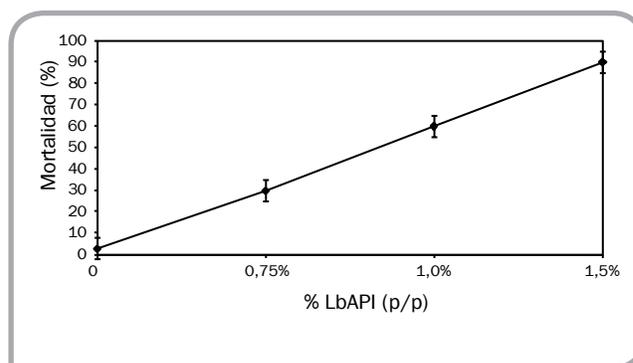


Figura 52. Efecto del rLbAPI en la mortalidad de *H. hampei*. rLbAPI se adicionó a la dieta en concentraciones de 0,0%, 0,75%, 1,0% y 1,5% control. Cada medida se realizó por triplicado.

con 1,5% de rLbAPI sobrevivió una larva, una pupa y 11 adultos; mientras que en el control se desarrollaron 47 pupas y 75 adultos. Las larvas alimentadas con 1,5% de rLbAPI, a diferencia del control, mostraron un color café en el tracto digestivo, lo cual es indicativo de la inhibición de la hidrólisis de las proteínas del alimento en el intestino medio y posterior de este coleóptero (Figura 53a y b).

Transformación de plantas de café con genes que codifican inhibidores de las proteasas de *Hypothenemus hampei*. Con la finalidad de transferir el gen que codifica el LbAPI a café, se regeneraron explantes foliares de los 11 componentes de *Coffea arabica* Variedad Castillo® Naranjal, mediante embriogénesis somática indirecta (ESI). La capacidad de regeneración de tejido embriogénico (TE) estuvo en un rango entre 3,5% a 69,6%, valor por el cual se clasificaron según su capacidad de inducción de Tejido Embriogénico (TE). Se encontró que el genotipo CU. 1970 es el único que presentó alta capacidad embriogénica, superior a 55%, seguido por los genotipos CU.1855, CX.2385 y CX.2720 con una capacidad embriogénica media entre 30% - 54%. Los genotipos con capacidad embriogénica alta y media son eficientes para la transferencia a café de genes heterólogos como *LbAPI*. El resto de los genotipos evaluados

tuvieron una capacidad de inducción de TE baja (CU.1953, CX.2848, CX.2178, CU.1842, CU.1997, CU.1991, CU.1812 y CU.2710) y son ineficientes para la obtención de TE (Figura 54). El gen *LbAPI* se transfirió a café mediante cocultivo del TE de café con *Agrobacterium tumefaciens* y se están seleccionando las células embriogénicas en medio con 200 mg/L de cefotaxime y 50 mg/L de higromicina, hasta el desarrollo de embriones somáticos transformados con *LbAPI*.

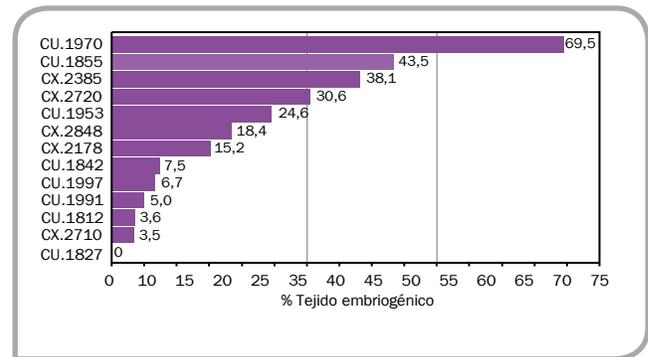


Figura 54. Porcentaje de inducción de Tejido Embriogénico (TE) de 11 genotipos de Variedad Castillo® Naranjal y dos genotipos de variedad Colombia, regenerados por Embriogénesis Somática Indirecta (ESI).



Figura 53. a. Larvas de la broca del café alimentadas con 1,5% de rLbAPI en la dieta D200; b. Larvas y pupas de la broca del café que se desarrollaron en la dieta D200 sin el rLbAPI.

Se construyó un vector de transformación genética para el silenciamiento de genes en plantas. Este vector fue evaluado exitosamente en plantas modelo de tabaco donde se obtuvieron plantas transgénicas de *Nicotiana benthamiana* expresando en hojas y raíces el gen de silenciamiento de la mananasa de la broca. Esta construcción genética se utilizará para la transformación genética del café, ya que no permitiría que la broca utilizara la mananasa para digerir las semillas. Esta construcción genética puede usarse para silenciar cualquier otro gen de interés agronómico para el cultivo del café.

Identificación de accesiones de *Coffea arabica* tolerantes a déficit y exceso hídrico. Se inició la evaluación de diferentes accesiones de la Colección Colombiana de Café por su resistencia a exceso y déficit hídrico. Una de las características consideradas para determinar la resistencia es la resistencia estomática. Los resultados preliminares muestran que las accesiones Etiópicas E.012 y E.177 fueron significativamente diferentes en su resistencia a las accesiones ET.42 y ET.56, lo cual es un indicativo de tolerancia a déficit hídrico, porque al mantener los estomas abiertos en esas condiciones, se mantiene la tasa de asimilación neta de carbono y la conductancia estomática, lo cual se correlaciona directamente con la altura y la producción de la planta de café. En contraste, en las plantas susceptibles a sequía, se reduce el área foliar, la longitud de la raíz y la acumulación de biomasa.

Los genotipos sometidos a déficit hídrico mostraron una resistencia estomática similar a los controles con riego adecuado, la cual fue menor significativamente que la de los genotipos sometidos a exceso hídrico. Además, la altura de las plantas sometidas a déficit y los controles son similares, mientras que las plantas bajo exceso presentan clorosis y disminución de la altura con relación al control (Figura 55). Esto indica que las plantas de *C. arabica* son más tolerantes a déficit hídrico que a exceso hídrico.

Construcción de un mapa genético en café y su utilización para detectar QTL. Se continuó saturando el mapa genético de *C. arabica*, y a los 343 marcadores que contenía, se le incluyeron 1.200 nuevos, quedando con 1.543 marcadores. Para ello, se mapearon nuevos microsatélites obtenidos de las secuencias de la librería BAC

(BES) y se adicionaron marcadores DART y SNPs. Se estimó la segregación para cada uno de ellos, con el fin de conocer cuáles segregan de acuerdo a lo esperado y cuáles tienen distorsión de la segregación.

En las poblaciones F2 de Caturra x Híbrido de Timor, durante este período, se evaluaron 150 genotipos en hoja desprendida, en un diseño completamente al azar, con ocho repeticiones, y el registro de las siguientes variables: Período de incubación (PI), presencia de esporulación o período de latencia (PL), área de la lesión (utilizando el Software de análisis de imagen Assess 2.0) y densidad de esporulación.

En las generación F2 de Caturra x accesiones Etiópicas se evaluaron 581 plantas de los cinco cruzamientos de Caturra x E-348 (CxE-348), y Caturra x E-554 (CxE-554). Se encontró que el promedio de brocas por grano, a los 28 días después de infestación (DDI), en Caturra es de 39, mientras que el de las introducciones Etiópicas (E-348, E-554) de 32 brocas, lo que muestra una diferencia estable del 20%. Las poblaciones F2 del cruce entre Caturra y las introducciones E-348 y E-554, presentan distribución normal, con medias de 85% y 80% de la de Caturra y rangos entre 50%-110%. La distribución por estados en los granos, no es diferente en las introducciones Etiópicas o su descendencia, sin embargo, se presentan diferencias en el número de pupas y adultos con respecto a Caturra, lo cual es reflejo de una menor oviposición los primeros diez días después de la infestación.



Figura 55. Accesoión E.177 sometida a: **a.** déficit, **b.** exceso y **c.** control en condiciones de riego adecuadas.

Usos industriales. En conjunto con el Área de Desarrollo de Buencafé, se evaluó el uso de la enzima endo-mananasa, identificada y aislada de la broca, para hidrolizar la borra del café, un subproducto generado en el proceso de industrialización del café soluble, del cual la Fábrica Buencafé produce 6 millones de toneladas al año. La hidrólisis enzimática o térmica de la borra, produjo una mezcla de Manano-Oligo-Sacáridos (MOS), los cuales son sustancias no digeribles que se conocen como “prebióticos”, y que benefician al organismo que las consume.

Estudios en calidad: Origen, trazabilidad y referenciación

Identificación de mezclas en el café de Colombia.

Con el fin de implementar el control de calidad del producto “100 % Café de Colombia” en muestras de venta comercial y de origen nacional, se construyó un modelo para la determinación de adulteración con café robusta. Los coeficientes de determinación para la calibración y validación cruzada y el error de calibración permitieron identificar la presencia de robusta cuando es mezclado con café arábica. Para validar el modelo se cuantificó el diterpeno 16 O Metil Cafestol (OMC), que es un indicador químico de la presencia de café robusta. Los resultados mostraron que la Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIRS) puede utilizarse como herramienta rutinaria en el control de calidad y autenticidad del café de Colombia.

Implementación de RED NIRS en la Federación Nacional de cafeteros para el control de calidad del café de Colombia. Teniendo en cuenta los desarrollos realizados por Cenicafé con la técnica de NIRS, para la predicción de compuestos químicos, con los modelos de identificación de adulteraciones de Café de Colombia con café de la especie *Coffea canephora*, Robustas, o *Coffea arabica* de otros orígenes y los modelos de trazabilidad de origen del Café de Colombia y modelos de clasificación para las denominaciones de origen regional, se inició la construcción e implementación de la primera RED NIRS en café, para el control de calidad del Café de Colombia, en la Federación Nacional de Cafeteros.

Estos desarrollos fueron transferidos, previa estandarización y validación de la base de datos, a tres equipos maestros localizados en Almacafé, Buencafé y Cenicafé, y tres equipos satélites en los puertos de Buenaventura, Santa Marta y Cartagena.

Cenicafé definió los protocolos de trabajo, de preparación de muestras y la asignación de responsabilidades para cada integrante de la RED-NIRS. La responsabilidad de Cenicafé fue la evaluación y desarrollo de las ecuaciones de predicción y puesta a punto de la RED. Actualmente, todos los equipos se encuentran instalados y calibrados en cada una de las dependencias y operan sin restricciones técnicas, de manera rutinaria.

Denominación de Origen del Café del Huila

(Figura 56). Los resultados de la caracterización del café que se produce en el departamento del Huila, mostraron el vínculo entre el origen y los descriptores físicos, químicos y sensoriales del producto. La FNC adelantó la siguiente petición ante la Super Intendencia de Industria y Comercio el 26 de septiembre del año 2012:

“Que se declare la protección de la Denominación de Origen CAFÉ DEL HUILA, para identificar *El café arábigo que crece en la Zona Cafetera del Huila*, zona geográfica delimitada por los municipios de *Acevedo, Agrado, Aipe, Algeciras, Altamira, Baraya, Campoalegre, Colombia, Elías, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, Iquirá, Isnos, La Argentina, La Plata, Nataga, Neiva, Oporapa, Paicol, Palermo, Palestina, Pital, Pitalito, Rivera, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Suaza, Tarquí, Tello, Teruel, Tesalia y Timaná*, reconocidos como municipios del departamento colombiano del Huila localizados entre los rangos 1° 33' y 3° 42' de latitud norte, y los 74° 26' y 76° 35' de longitud oeste, y altitud entre 1000-2200 metros sobre el nivel del mar; que, procesado, presenta un perfil sensorial que se caracteriza por *poseer una impresión global balanceada, con notas dulces, acidez y cuerpo medio/alto, fragancia / aroma intenso con sensaciones frutales y acarameladas*, que junto con la suavidad y limpieza propias del café de Colombia”.



Figura 56. Denominación de Origen Café de Colombia.

FITOTECNIA



Densidad de siembra y arreglo espacial de los cafetales

Evaluación de la edad óptima de eliminación de la yema terminal en plantas de almácigo de café.

FIT1406. En esta investigación se evalúa la edad óptima de eliminación de la yema terminal o “descope” de plantas de café en almácigo, práctica que se recomienda como una estrategia para obtener una alta densidad de tallos productivos por unidad de área, con un menor número de sitios y material de siembra, lo que permite una disminución en los costos de establecimiento. En este estudio se evalúa cuál es la edad óptima de “descope” de las plantas de café en almácigo, dado que la recomendación inicial indica que ésta debe realizarse entre el tercero y cuarto mes después de la siembra de las chapolas en la bolsa, pero existen casos, en los cuales se emplean bolsas de menor tamaño, que obligan a los caficultores llevar las plantas al campo a los tres meses, o casos en los que los caficultores,

después de los cuatro meses de transplantadas las chapolas, desean hacer la práctica de “descope” para optimizar la densidad o cubrir mayor área de siembra. Los resultados preliminares muestran que las plantas descopadas desde el primer mes de transplantadas en bolsa hasta las descopadas al quinto mes, tanto bajo polisombra como a libre exposición solar, forman dos tallos, lo que significa que responden al “descope”.

Efecto del entresaque en la producción de café (*Coffea arabica* L.) (Superdensidades). FIT1505.

Se comparó la producción de un ciclo de cuatro cosechas de variedad Colombia, de varias formas de obtener el número de tallos mayor a 10.000 tallos/ha frente al testigo 10.000 tallos/ha. Se compararon cuatro números de tallos por hectárea: de 20.000 pasar a 15.000, de 20.000 pasar a 10.000, de 15.000 a 10.000 y de 20.000 a 5.000. Lo anterior se hizo mediante la eliminación de tallos (raleo) después de las dos primeras cosechas, de manera respectiva, en arreglo espacial 2 x 1 m y 1 x 1 m, con los siguientes resultados: No hubo diferencia estadística con el testigo en las dos primeras cosechas, en alguno de los dos arreglos. Después del raleo, en el arreglo 1 x 1 m la diferencia se observó cuando

se pasó de 20.000 a 10.000 tallos/ha (Tabla 9); mientras que, en el arreglo 2 x 1 m, cuando se pasó de 20.000 a 15.000 tallos/ha, la producción superó al testigo (Tabla 10). Esto demuestra que cuando se renueva café variedad Colombia por zoqueo, dejar más de 10.000 tallos/ha proporciona la posibilidad de obtener mayor producción que cuando solo se dejan 10.000 tallos/ha durante todo el ciclo. En tal sentido, es importante tener en cuenta el arreglo espacial del café, ya que la diferencia se observó tanto con el promedio de las dos últimas cosechas como con el promedio general de las cuatro cosechas (ciclo completo de producción).

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

arabica L.). **FIT1812**. En este experimento se busca aprovechar los lotes de café renovados mediante zoqueo, intercalando un cultivo de importancia industrial como es el tabaco tipo Burley, de tal manera que el caficultor logre ingresos adicionales con dos ciclos de tabaco antes de la primera cosecha de café, sin que se afecte la producción de café a causa de la competencia del tabaco. Este estudio se instaló en marzo de 2009, en las Estaciones Experimentales Paraguaicito (siembra) y La Catalina (zoca). La cosecha de café se inició en septiembre de 2010, en La Catalina, por lo tanto se presentan los resultados de dos cosechas en esta localidad. De acuerdo con el análisis estadístico, hasta la fecha, en esta localidad no se observa efecto alguno de los tratamientos sobre la producción de café, con lo cual se admite la práctica de intercalar dos

Tabla 9. Promedios de producción de café pergamino seco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en zocas a 1 x 1 m, con dos tallos por zoca. Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas). 2012.

Tratamientos (Plantas por hectárea)	Primer ciclo			Segundo ciclo			Promedio general
	2008	2009	Promedio	2010	2011	Promedio	
1. De 20.000 a 15.000	1.661	2.812	2.236	5.187	4.790	4.988	3.612
2. De 20.000 a 10.000	1.884	2.706	2.285	5.069	5.441	5.255	3.775
3. De 15.000 a 10.000	1.857	2.895	2.376	4.566	4.538	4.552	3.464
4. De 20.000 a 5.000	1.664	2.951	2.307	3.185	5.067	4.125	3.246
5. 10.000 (Testigo)	1.611	2.915	2.263	4.420	4.715	4.567	3.415
Promedio General	1.781	2.714	2.295	4.073	4.427	4.698	3.497
Coeficiente de Variación (%)	16,9	7,4	8,1	7,1	7,4	3,8	4,6
Significancia	ns	ns	ns	**	ns	**	*

Tabla 10. Datos medios de producción de café pergamino seco ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), en zocas a 2 x 1 m, con dos tallos por zoca. Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas). 2012.

Tratamientos (Plantas por hectárea)	Primer ciclo			Segundo ciclo			Promedio general
	2008	2009	Promedio	2010	2011	Promedio	
1. De 20.000 a 15.000	4.001	5.882	4.942	4.579	2.787	3.683	4.312
2. De 20.000 a 10.000	3.357	5.570	4.463	4.704	2.654	3.679	4.071
3. De 15.000 a 10.000	3.412	5.545	4.478	4.166	2.526	3.346	3.912
4. De 20.000 a 5.000	3.880	5.780	4.830	4.476	2.541	3.509	4.169
5. 10.000 (Testigo)	3.792	5.532	4.662	3.986	2.647	3.317	3.989
Promedio General	3.408	5.053	4.675	3.987	2.528	3.507	4.091
Coeficiente de Variación (%)	16,9	7,4	8,1	7,1	7,4	3,8	4,6
Significancia	ns	ns	ns	**	ns	**	*

cosechas seguidas de tabaco en zocas de café, sin que se afecte su producción, permitiendo además ingresos adicionales con el cultivo de tabaco. Este estudio corrobora los resultados que se han obtenido con otros cultivos intercalados como maíz, frijol y tomate de mesa.

Caficultura Productiva a la sombra

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 con certificado orgánico o como café especial. Para las evaluaciones se emplearon las variedades de café Típica, Borbón, Maragogipe, Tabi, Caturra, Variedad Castillo® y San Bernardo. Para cada una de las variedades de porte alto, Típica, Borbón, Maragogipe y Tabi y las tres de porte bajo, Caturra, Variedad

Castillo® y San Bernardo, los tratamientos a evaluar estuvieron constituidos por cuatro densidades de siembra (Tabla 11). Cada parcela de 576,0 m² con café, tiene 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 Romelia-Naranjal (Chinchiná, Caldas).

Solo se presentan los resultados parciales de producción para las variedades con resistencia a la roya del cafeto, Variedad Castillo® y Tabi, en el año 2011, y el promedio por tratamientos para el período 2008 a 2011 (Tabla 12).

Variedad Castillo®. Los análisis estadísticos realizados a la producción de café registrada en el año 2011, bajo cada densidad de siembra, indican que no se presentan diferencias significativas; es decir, en este año no es evidente el efecto sobre la producción de café de la distancia de siembra, el sombrío estratificado de las cuatro especies leguminosas y la fertilización orgánica. El promedio

Tabla 11. Tratamientos del experimento FIT 1601.

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

Tabla 12. Promedio de la producción en el año 2011 y la producción de cinco cosechas (2008 a 2011). Experimento FIT1601. Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas).

Tratamientos	Producción (@.ha ¹ .año ¹ de c.p.s.)			
	Variedad Castillo®		Var. Tabi	
	2010	Promedio	2010	Promedio
1	123,4 a	140,4 a	46,5 a	49,1 b
2	148,8 a	159,4 a	67,6 a	89,2 a
3	139,3 a	145,5 a	48,7 a	91,9 s
4	143,6 a	172,5 a	27,8 a	76,0 ab

de la producción de café para el año 2011 fue de 138,8 arrobas (@) de café pergamino seco por hectárea. La comparación del promedio de la producción registrada de cuatro cosechas de café (2008 a 2011), indican que cuando se cultiva café Variedad Castillo® con sombrío 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 se registran diferencias estadísticas. El promedio de la producción bajo estas cuatro densidades de siembra fue de 154,5 @ de café pergamino seco por hectárea.

Variedad Tabi. Los análisis estadísticos realizados a la producción de café registrada en el año 2011 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 estratificado de las cuatro especies leguminosas y la fertilización orgánica, sobre la producción de café. El promedio de la producción de café para el año 2011 fue de 47,7 @ de café pergamino seco por hectárea.

Comparación de la producción entre tres densidades de siembra del café y tres de sombrío de *Inga* sp.

FIT1706. Este experimento está ubicado en la finca Las Tapias en municipio de El Socorro (Santander) y tiene como objetivo evaluar el efecto de la intensidad del sombrío de *Inga* sp. (guamo) sobre la respuesta en producción del café a la densidad de siembra. Los tratamientos están constituidos por las combinaciones de tres niveles de distancias de siembra del sombrío (factor A) y tres distancias de siembra del café (factor B) (Tabla 13).

En este estudio se emplea un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, con tres replicaciones, con el Factor A (Distancias de siembra del sombrío) como las parcelas principales, y el Factor B (Distancias de siembra del café), las subparcelas. El experimento fue establecido en el año 2008. En la Figura 57 se presenta la densidad de siembra del café con la cual se obtiene la mayor producción bajo cada densidad de siembra del sombrío.

El análisis del promedio de la producción de café de tres cosechas (2009 a 2011), indica que la densidad de siembra del café bajo la cual se obtiene la máxima producción (157,0 @/ha de c.p.s.) y con el sombrío de *Inga edulis* establecido a 6,0 m x 6,0 m fue de 8.000 plantas por hectárea. Con el sombrío de guamo santafereño establecido a 9,0 m x 9,0 m la máxima producción (211,0 @/ha de c.p.s.) se obtuvo con 8.500 plantas de café por hectárea; mientras que con el sombrío establecido a 12,0 m x 12,0 m (78 árboles/ha), la producción máxima (227,9 @/ha de c.p.s.) se alcanzó con 10.000 plantas de café por hectárea.

Los porcentajes de sombrío bajo los cuales se ha desarrollado el cultivo del café, no han superado el 42,0%, como máximo establecido para la localidad; es decir, el bajo nivel de sombrío ha permitido tener altas producciones, con las densidades de siembra del sombrío evaluadas.

Incorporación de la biodiversidad en el sector cafetero Colombiano - Componente agroforestal.

FIT1721. Convenio con la FNC, PNUD y GEF. Tiene

Tabla 13. Tratamientos Experimento FIT1706. Finca Las Tapias, El Socorro (Santander).

Número	Tratamiento	Descripción
1	A ₁ B ₁	Sombrío a 6 x 6 m y café a 1,00 x 1,00 m
2	A ₁ B ₂	Sombrío a 6 x 6 m y café a 1,42 x 1,42 m
3	A ₁ B ₃	Sombrío a 6 x 6 m y café a 2,00 x 2,00 m
4	A ₂ B ₁	Sombrío a 9 x 9 m y café a 1,00 x 1,00 m
5	A ₂ B ₂	Sombrío a 9 x 9 m y café a 1,42 x 1,42 m
6	A ₂ B ₃	Sombrío a 9 x 9 m y café a 2,00 x 2,00 m
7	A ₃ B ₁	Sombrío a 12 x 12 m y café a 1,00 x 1,00 m
8	A ₃ B ₂	Sombrío a 12 x 12 m y café a 1,42 x 1,42 m
9	A ₃ B ₃	Sombrío a 12 x 12 m y café a 2,00 x 2,00 m

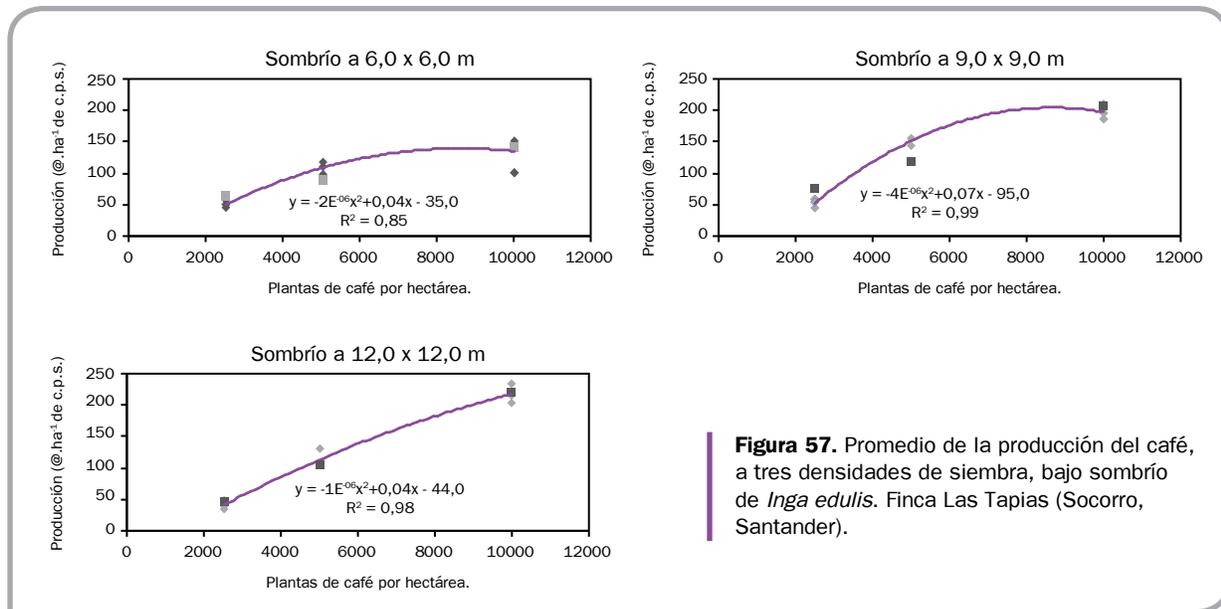


Figura 57. Promedio de la producción del café, a tres densidades de siembra, bajo sombrío de *Inga edulis*. Finca Las Tapias (Socorro, Santander).

como objetivo crear un entorno para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en paisajes productivos de café, que contribuya al sustento de las poblaciones locales y a los beneficios ambientales globales. Con el estudio sobre la producción de café bajo sistemas agroforestales a nivel de finca, se espera poner en manos de los caficultores información que contribuya sustancialmente a la reducción en los costos de producción, protección de los recursos naturales y el medio ambiente, conservación de la calidad del café y mejoramiento de la calidad de vida de los caficultores. Para lograr este objetivo se establecieron seis parcelas permanentes en Quindío, Valle del Cauca y Nariño, dos por departamento; como criterios para esta selección se tuvieron en cuenta fincas que presentaran un alto nivel de sombra en sus lotes productivos de café. En las fincas seleccionadas y denominadas como Fincas Tipo 1, se tomó una información base en los componentes ambiental, socio-cultural y económico, se realizó la caracterización y evaluación de los Arreglos Agroforestales (AAF) *in situ*, y se implementarán prácticas para mejoramiento de producción y características del suelo.

De igual modo, en la Unión Nariño, zona de influencia del proyecto, se estableció un estudio de tipo exploratorio, con cuatro parcelas semicomerciales de 3.200 m², con una sola repetición, sembrados con café Variedad Castillo® El Tambo, a diferentes densidades 1,20 x 1,20 m, 1,35 x 1,35 m, 1,40 x 1,50 m y 1,65 x 1,65 m, con un sombrío las siguientes especies forestales nativas: mondey

(*Gordonia humboldti*), guayacán amarillo (*Tabebuia chrysantha*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*), chaquiro (*Retrophyllum rospigliosii*), trapiche (*Prunus integrifolia*) y cedrillo (*Guarea guidonia*). Estas parcelas fueron denominadas Finca tipo 0, donde se constituirá un AAF asociado con café, desde su fase de establecimiento.

Análisis del comportamiento de la floración para la cosecha 2012 en la zona cafetera

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 2011, noviembre 2011 a abril de 2012 y mayo a septiembre de 2012.

Condiciones climáticas para las floraciones correspondientes a las cosechas 2012A y 2012B en las Estaciones Experimentales de Cenicafé.

En la Tabla 14 y la Figura 58, se presentan los resultados de las evaluaciones decadales de las condiciones climáticas y los registros cuantitativos de floración, en el período mayo de 2011 - abril de 2012, las cuales son responsables por las cosechas del primero y segundo semestres del año 2012. En color azul se representa la condición de suficiente disponibilidad de agua en la década (IHS mayor de 0,8, desfavorable para la floración,

Tabla 14. Comportamiento de las floraciones para las cosechas de los dos semestres del año 2012 y 2012, en las Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Mes Floración (Decadal)	Mes cosecha (Decadal)	Porcentaje anual							
		Cauca	Quindío	Risaralda	Tolima	Caldas	Antioquia	Santander	Cesar
		El Tambo 225' N 1.700 m	Paraguacito 423' N 1.250 m	La Catalina 445' N 1.310 m	Líbano 454' N 1.430 m	Naranjal 459' N 1.400 m	El Rosario 558' N 1.600 m	Santander 706' N 1.480 m	Pueblo Bello 1025' N 1.000 m
My1 (2011)	E1	2,7	1,1	0,5	0,1	0,9	0,4	0,1	0,0
My2	E2	3,9	4,5	3,5	0,8	3,4	2,1	0,4	0,0
My3	E3	3,3	3,5	0,4	0,1	0,0	0,3	0,2	0,0
Jn1	F1	2,4	0,3	0,4	0,4	2,5	1,7	0,2	0,0
Jn2	F2	0,9	0,3	0,1	0,4	0,1	0,5	0,1	0,0
Jn3	F3	1,2	0,4	3,1	0,2	1,5	0,6	0,4	0,0
Jl1	M1	9,2	0,5	0,1	3,7	0,0	3,3	0,2	0,0
Jl2	M2	3,8	3,5	0,8	9,0	0,8	0,2	0,3	0,0
Jl3	M3	5,0	0,3	0,8	2,6	2,4	4,1	0,2	0,0
Ag1	A1	11,4	1,6	2,5	2,6	1,5	3,6	0,2	0,0
Ag2	A2	0,1	0,1	2,2	3,0	0,0	1,2	0,5	0,0
Ag3	A3	0,0	0,8	0,4	13,0	0,0	0,9	0,3	0,0
Se1	M1	2,6	0,7	0,5	0,5	2,7	0,2	0,2	0,0
Se2	M2	7,3	4,1	1,0	2,0	2,5	2,5	0,2	0,0
Se3	M3	2,1	0,3	1,0	0,4	1,6	1,4	0,1	0,0
Oc1	J1	0,3	4,6	1,9	0,3	0,0	0,3	0,3	0,0
Oc2	J2	6,1	1,5	0,5	2,1	0,0	0,7	0,3	0,0
Oc3	J3	0,5	4,1	3,9	0,6	3,1	1,0	0,6	0,0
Porcentaje de la cosecha anual		63,0	31,9	23,8	41,9	22,8	25,1	5,1	0,0
Nv1	Jl1	0,5	0,9	0,5	0,2	0,0	0,6	0,3	0,0
Nv2	Jl2	0,9	5,6	1,4	1,8	4,0	0,6	0,3	0,0
Nv3	Jl3	0,3	7,1	0,2	0,1	1,6	0,6	0,2	0,0
Dc1	A1	0,7	5,9	2,1	2,9	2,8	0,8	0,8	0,0
Dc2	A2	0,8	1,9	1,0	0,3	3,1	1,7	0,5	0,0
Dc3	A3	1,7	0,9	2,3	3,0	1,5	0,8	0,3	0,0
En1(2012)	S1	0,2	1,3	0,8	0,5	0,0	1,0	0,6	0,0
En2	S2	1,6	1,7	11,5	5,4	8,6	3,5	24,9	0,0
En3	S3	0,9	26,4	2,2	25,8	3,2	2,0	0,0	0,0
Fe1	O1	0,9	1,2	8,3	1,5	2,1	3,2	12,2	0,0
Fe2	O2	1,0	0,0	1,0	0,1	9,5	1,1	8,2	0,0
Fe3	O3	0,5	0,0	0,4	0,5	3,7	3,7	3,1	0,0
Mz1	N1	4,3	6,4	27,1	2,1	15,8	12,0	24,5	0,0
Mz2	N2	0,2	0,6	0,9	8,9	0,5	1,2	0,1	42,7
Mz3	N3	12,9	4,3	10,1	1,0	12,7	7,3	2,3	57,3
Ab1	D1	0,2	0,5	0,6	1,5	0,0	1,3	1,9	0,0
Ab2	D2	9,0	2,8	5,6	2,3	8,1	28,5	13,3	0,0
Ab3	D3	0,2	0,6	0,3	0,0	0,0	5,2	1,2	0,0
Porcentaje de la cosecha anual		37,0	68,1	76,2	58,1	77,2	74,9	94,9	100,0

 Deficiencia hídrica moderada

 Deficiencia hídrica marcada

pero favorable para el adecuado desarrollo del fruto); en color naranja 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; y 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. 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 del primer semestre de 2012.

La distribución de la lluvia, el balance hídrico y el índice de humedad del suelo durante el período mayo de 2011 - octubre de 2011 (Tabla 14 y Figura 58), muestra que en la Estación Experimental El Tambo (El Tambo-Cauca), región sur de Colombia, se presentaron décadas con deficiencia hídrica (color amarillo), en agosto y septiembre, lo cual fue favorable para la floración

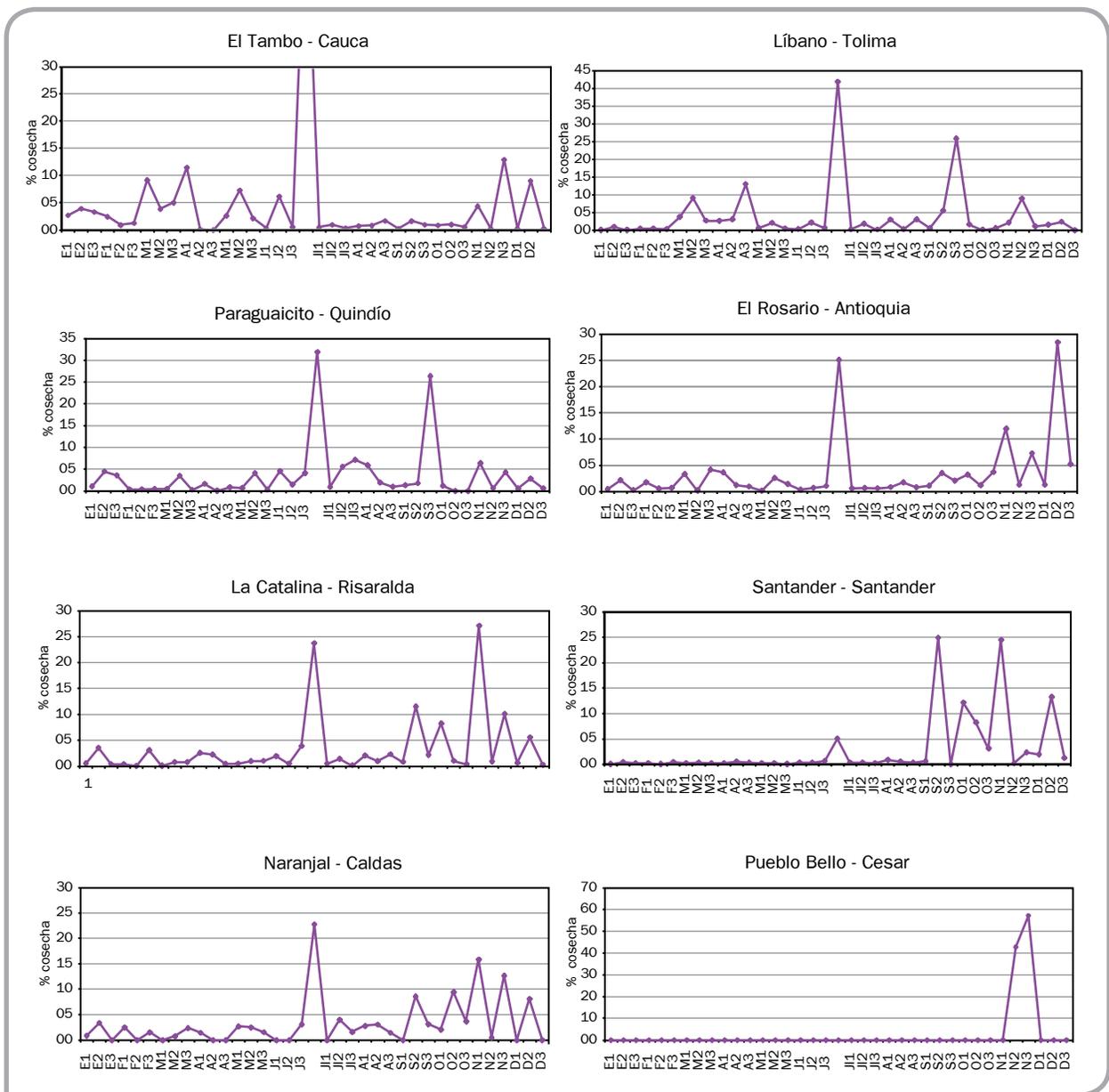


Figura 58. Distribución probable de la cosecha del año 2012, como resultado de las floraciones del período mayo de 2011-abril de 2012.

y la respectiva cosecha del primer semestre de 2012. En las Estaciones Paraguaicito (Buenavista, Quindío), Líbano (Líbano, Tolima), La Catalina (Pereira, Risaralda) y El Rosario (Venecia, Antioquia), se presentaron períodos secos leves. En las Estaciones Naranjal (Chinchiná, Caldas), Santander (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 del segundo semestre de 2012. La distribución de la lluvia, el balance hídrico y el índice de humedad del suelo durante el período noviembre de 2011 - abril de 2012 (Tabla 14 y Figura 58), muestra que en las Estación Experimental El Tambo, no se presentaron condiciones de deficiencia hídrica lo cual contribuye a ausencia de floraciones importantes para la cosecha del segundo semestre del 2012, en el cual la cantidad de cosecha es normalmente baja.

En Paraguaicito (Buenavista, Quindío), Líbano (Líbano, Tolima), La Catalina (Pereira, Risaralda) y El Rosario (Venecia, Antioquia), se presentaron décadas con deficiencia hídrica moderada (color naranja), 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 2012. En Santander (Floridablanca, Santander) y Pueblo Bello (Pueblo Bello, Cesar) el índice de humedad del suelo (IHS) muestra 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 durante el año 2012, en las Estaciones Experimentales de Cenicafé.

Época Floración (Decadal)	Porcentaje de floración ó cosecha								Época Cosecha (Decadal)
	Cauca	Quindío	Risaralda	Tolima	Caldas	Antioquia	Santander	Cesar	
	El Tambo 2°25' N 1.700 m	Paraguaicito 4°23' N 1.250 m	La Catalina 4°45' N 1.310 m	Líbano 4°54' N 1.430 m	Naranjal 4°59' N 1.400 m	El Rosario 5°58' N 1.600 m	Santander 7°06' N 1.480 m	Pueblo Bello 10°25' N 1.000 m	
My (2011)	9,9	9,1	4,5	1,0	4,3	2,8	0,8	0,0	En(2012)
Jn	4,5	1,0	3,6	1,0	4,1	2,9	0,7	0,0	Fe
Jl	18,0	4,2	1,7	15,4	3,2	7,6	0,7	0,0	Mz
Ag	11,6	2,5	5,2	18,6	1,5	5,7	1,0	0,0	Ab
Se	12,0	5,0	2,5	2,9	6,7	4,1	0,5	0,0	My
Oc	6,9	10,1	6,3	3,0	3,1	2,0	1,3	0,0	Jn
Porcentaje de la cosecha anual	63,0	31,9	23,8	41,9	22,8	25,1	5,1	0,0	Primer semestre
Nv	1,7	13,6	2,1	2,1	5,6	1,7	0,9	0,0	Jl(2012)
Dc	3,2	8,7	5,3	6,2	7,3	3,3	1,7	0,0	Ag
En(2012)	2,8	29,4	14,5	31,8	11,8	6,6	25,5	0,0	Se
Fe	2,4	1,2	9,7	2,2	15,2	8,0	23,5	0,0	Oc
Mz	17,5	11,3	38,1	12,0	29,1	20,5	27,0	100,0	Nv
Ab	9,4	3,9	6,5	3,8	8,1	34,9	16,4	0,0	Dc1
Porcentaje de la cosecha anual	37,0	68,1	76,2	58,1	77,2	74,9	94,9	100,0	Segundo semestre

tendencia a la disminución de la cantidad de cosecha en el primer semestre y aumento en la del segundo semestre, mientras que para el centro del país la cosecha del primer semestre tiende a aumentar y la del segundo a disminuir, y se concentra en los meses de octubre y noviembre, principalmente. En el norte, la cosecha que es predominante en el segundo semestre, se presenta muy dispersa en Santander y muy concentrada en Pueblo Bello.

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

Informe de Cimmyt. Convenio Inter-institucional Federacafé – Cimmyt. Resumen actividades 2012.

Luis Narro, Ph. D., Cimmyt, Programa maíz para Sudamérica. Durante el año 2012 se sembraron ensayos de maíz en las Estaciones Experimentales La Catalina (Risaralda) y Paraguaicito (Quindío). Los objetivos propuestos fueron la definición de híbridos, posibles candidatos, para reemplazar a FNC3056 y FNC318, y la generación de información relacionada con la tolerancia de maíz a pudriciones de la mazorca. En La Catalina se evaluaron 825 cultivares (híbridos y variedades) y 663 líneas, mientras que en Paraguaicito se evaluaron 166 y 663 materiales, respectivamente. Con el tercer año de evaluación, se tiene suficiente información para tomar la decisión sobre los posibles híbridos a liberar.

En el grupo de híbridos blancos existen candidatos que podría sustituir a FNC 3056. En La Catalina, mientras que el rendimiento de FNC 3056 fue de 7 t/ha, los mejores híbridos experimentales rindieron más de 11 t/ha, y mostraron tolerancia a enfermedades foliares y a pudrición de mazorca y grano cristalino. Una tendencia similar se observó en Paraguaicito, aunque en esta localidad el porcentaje de pudrición de mazorca fue menor. En el grupo de híbridos amarillos, mientras que el rendimiento de FNC 318 fue de 6 t/ha, el rendimiento de los mejores híbridos experimentales fue superior a 11 t/ha, y además mostraron tolerancia a enfermedades foliares y pudrición de mazorca. Para ambos grupos de maíz (amarillos y blancos) se está incrementando la semilla de los parentales y generando los híbridos para realizar las correspondientes parcelas requeridas para la liberación de los híbridos.

Se ha iniciado la prueba en campo de líneas doble haploides (DH) y su uso en la generación de híbridos. Para ello se estudió la formación de híbridos utilizando las líneas DH en cruzamiento con

cuatro probadores. Los rendimientos de los mejores híbridos en zona cafetera fueron superiores a 11 t/ha, confirmando el hecho de que la técnica DH ahorra tiempo en la generación de líneas (de más de 4 años a 1 año) y que las líneas obtenidas son tan buenas como las obtenidas por método tradicional (de continua autofecundación). Con relación a pudrición de mazorca se encontró que con el solo hecho de provocar una herida con punzón en la mazorca, 3 semanas después de la floración, se obtiene el 50% de mayor daño comparado con el tratamiento sin herida. Por lo tanto, es una técnica que debe utilizarse de manera rutinaria en estos estudios. Se necesita cuantificar la cantidad de micotoxinas y su relación con pudrición de mazorca, los análisis están realizándose en el laboratorio.

Proyecto maíz (*zea mays* L.) de la zona cafetera: convenio Federacafé – Cimmyt – Fenalce. Informe de Fenalce. Resumen de actividades 2011- 2012.

José Ever Vargas Sánchez, Ph. D. Líder Programa de Investigación en Maíz, Fenalce.

Dentro de la investigación desarrollada por el proyecto de Fitomejoramiento de Fenalce, se destaca el desarrollo de tres grupos de pruebas de eficiencia, dentro del proyecto de mejoramiento de maíces normales y de alta calidad nutritiva, auspiciado por fondos integrales FENALCE- MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). Igualmente, se inició un nuevo proyecto para desarrollo de nuevos genotipos híbridos de maíz, el cual está siendo financiado durante este año por el Fondo Importado de Cereales. Las investigaciones del 2012, además han permitido iniciar la prueba de 250 híbridos nuevos, así como pruebas de segundo orden, de 200 híbridos obtenidos en semestres anteriores y la iniciación de pruebas regionales de 58 híbridos promisorios. Estas pruebas se están efectuando en 12 regionales de Fenalce, en las seis zonas agroecológicas para el cultivo del maíz (Zona Cafetera, Valle del Cauca, Valle del Magdalena, Caribe Húmedo, Caribe Seco, Orinoquía). No obstante, durante esta etapa se han obtenido logros destacables, entre los que se encuentran el registro, inicialmente para el Valle del Cauca, de seis nuevos cultivares de maíz, tres híbridos blancos y tres amarillos. Estos híbridos también fueron evaluados en las Estaciones de Paraguaicito y La Catalina, así como en otras regiones cafeteras del país, y actualmente, se están finiquitando los trámites ante el ICA para el registro en la Zona Cafetera.

Dentro de las actividades de investigación se tienen las siguientes siembras experimentales:

Lotes aislados. Los lotes aislados son utilizados para hacer incrementos de líneas y formación de híbridos en pequeña escala. Durante este año se sembraron cuatro lotes, en los que se incrementaron los híbridos blancos: HS 502, HS 510, HS 514, HM 528; y los híbridos amarillos Galileo de 34, Galileo 21-109 y dos híbridos triples. La semilla de estos materiales está siendo utilizada para la siembra de lotes en parcelas mayores, en las diferentes localidades, de las seis zonas agroecológicas mencionadas anteriormente.

Lotes de polinización controlada. En este período se sembraron seis lotes de polinización controlada, en los cuales se tuvieron 878 entradas, normalmente constituidas por parcelas de uno o dos surcos, para cruzamientos manuales, para la producción de autofecundaciones y cruzamientos para formación e incremento de líneas e híbridos.

Lotes de ensayos de rendimiento. Se establecieron cuatro lotes para ensayos de rendimiento. Dentro de éstos se efectuaron tres pruebas de eficiencia, que constituyen ensayos bajo la supervisión del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), además de ocho ensayos para la prueba de híbridos de diferente orden.

Lotes de parcelas mayores con fines demostrativos. En el primer semestre de 2012 se sembraron diez parcelas, correspondientes a sendos híbridos, ocho

promisorios y dos testigos. El tamaño de cada parcela fue de diez surcos a 80 cm y 13,2 m de longitud (105,6 m²), y a pesar de la sequía de este semestre, la mayoría de los híbridos experimentales superaron los 6.000 kg.ha⁻¹, siendo los mejores los experimentales: Titanio 102M (7.096 kg.ha⁻¹) y Galileo 21-109 (6.350 kg.ha⁻¹), y el comercial GALILEO de 33 (6.722 kg.ha⁻¹).

Pruebas de eficiencia. Como resultados de las pruebas de eficiencia, a nivel nacional, cabe destacar el buen comportamiento de los híbridos tipo QPM (Quality Protein Maize), HES 303 y HES 305, de especial interés para las zonas de siembras para autoconsumo, dado su alto valor nutritivo (alto contenido de lisina y triptófano) para la población humana y animales monogástricos, como cerdos y aves de corral. Otros híbridos destacados fueron los amarillos normales: Titanio 102M, Galileo 21-109 y Galileo de 34, y los blancos Calypso 502 y Calypso 522. En la Tabla 16 se consigna la información de los tres mejores híbridos a nivel de zona cafetera, tendencia que se mantuvo a nivel nacional.

Evaluación de tres híbridos de maíz de la empresa Syngenta en la zona cafetera. FIT1813. Introducir materiales de maíz desarrollados en otras zonas no garantiza comportamiento agronómico satisfactorio, por lo tanto, se necesita probar su adaptación y comportamiento agronómico en las zonas donde se trata de recomendar. En consecuencia, se

Tabla 16. Rendimiento (kg.ha⁻¹) de los híbridos más destacados en tres pruebas de eficiencia a nivel nacional (24 ambientes, seis zonas agroecológicas), durante 2011 y 2012.

Híbrido	Característica	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	
		Zona Cafetera	Nacional(*)
HES 303	QPM (Quality Protein Maize)	8.038	7.04
HES 305	QPM (Quality Protein Maize)	7.13	6.506
Testigo comercial	Amarillo normal	7.029	9423
Calypso 502	Blanco normal	9.093	7.557
Calypso 522	Blanco normal	8.309	7.455
Testigo 3056	Blanco normal	6.363	6.721
Galileo de 34	Amarillo normal	9.027	9.080(*)
Titanio 102M	Amarillo normal	8.638	7.817
Galileo 21-109	Amarillo normal	8.701	7.271
Testigo comercial	Amarillo normal	7.77	7.102
Promedio General		8.01	7.597

*Sólo incluye Valles del río Cauca y del río Magdalena.

establecieron cuatro experimentos durante dos semestres seguidos, para evaluar los híbridos Impacto, SYNC79 y NK 254 de Syngenta, en comparación con la producción del FNC3056; se usó un diseño de bloques completos al azar en cuatro localidades (Estaciones Experimentales Paraguaicito, La Catalina, El Rosario y Santander), esperando que al menos la producción de uno de estos híbridos supere estadísticamente la del FNC3056. El primer ciclo de este experimento inició en septiembre de 2011, instalado en las Estaciones Experimentales La Catalina, Paraguaicito, El Rosario y Santander, y el segundo ciclo, en abril de 2012, en las mismas Estaciones Experimentales, tal como se describe a continuación en la Tabla 17.

En la Tabla 18 se presentan los resultados del primer ciclo de producción de maíz (en kg.ha⁻¹) de grano seco, ajustado a un 15% de humedad.

Los resultados reflejan el comportamiento de estos materiales frente a las condiciones de un año sometido al fenómeno de La Niña, donde la producción de los materiales susceptibles a las enfermedades foliares por cercóspora (*Cercospora zeaе maydis*) y mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*), se vio afectada por este factor adverso. El comportamiento agronómico con relación a la producción (kg.ha⁻¹), estuvo asociada a las condiciones de suelo y clima de cada localidad, de tal manera que la producción obtenida en la Estación La Catalina comparada con la de Paraguaicito, se redujo en 35,7%, 45,0% y 14,2% correspondiente a los híbridos NK254, Impacto y FNC3056, respectivamente, a causa del fuerte ataque de cercóspora (*Cercospora zeaе maydis*) y mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*), lo cual indica la alta susceptibilidad del híbrido Impacto, cuando las condiciones ambientales son favorables para estas enfermedades sin control oportuno.

Tabla 17. Fechas de siembra y de cosecha, por localidades y ciclos de producción de los híbridos de maíz.

Estaciones Experimentales	Fecha de siembra por localidad y ciclo de producción			
	Primer ciclo		Segundo ciclo	
	Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha
Paraguaicito	14/09/2011	6/02/2012	10/04/2012	5/09/2012
La Catalina	1/09/2011	7/02/2012	9/04/2012	7/09/2012
El Rosario	5/09/2011	13/02/2012	3/04/2012	13/09/2012
Santander (Lote Galapo)	19/09/2011	22/02/2012	23/04/2012	1/10/2012
Santander (Lote Guaduas)	20/09/2011	23/02/2012	24/04/2012	2/10/2012

Tabla 18. Promedio de la producción de grano seco de maíz (kg.ha⁻¹) ajustado al 15% de humedad, de los híbridos por localidades. Segundo ciclo de producción. 2012.

Híbridos	Estaciones experimentales				
	La Catalina	Paraguaicito	El Rosario	Santander	
				Lote Galapo	Lote Guaduas
NK254	7.950 b	5.504 a	8.193 b	8.624 b	6.770 a
IMPACTO	6.943 c	4.306 b	8.046 b	7.351 c	6.753 a
FNC3056	7.850 b	3.212 c	7.462 c	7.516 c	5.881 b
SYNNW79	9.532 a	5.250 a	8.808 a	9.567 a	6.123 b
Coefficiente de variación (%)	7,2	14,8	6,2	9,8	11,7
Promedio general	8.094	4.568	8.127	8.265	6.382

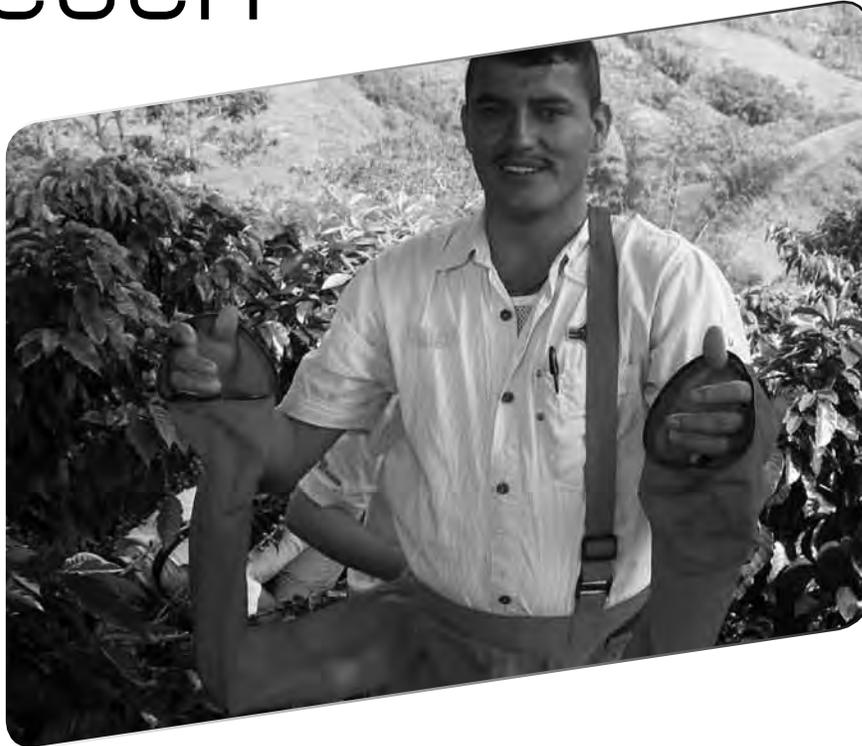
Al comparar los datos de producción del segundo ciclo (Tabla 19), se observa que la producción en Estación La Catalina fue mayor en 30,8%, 28,0% y 39,1% de los híbridos NK254, Impacto y FNC3056, respectivamente; lo cual indica que las condiciones de precipitación fueron similares a El Niño, y por lo tanto, la incidencia de cercóspora y mancha de asfalto fue mínima, y en consecuencia, los materiales expresaron todo su potencial productivo, mientras que en Paraguaicito, la condición de El Niño afectó en esa magnitud la productividad de esos

materiales, debido al déficit hídrico. En la Estación Experimental Santander, tal como en el semestre anterior, el experimento se sembró en dos lotes, cada uno con cuatro repeticiones. La diferencia principal entre los dos lotes fue la disponibilidad de luz solar, lo cual mostró que los híbridos de Syngenta se comportan de forma diferencial a esta condición, de tal manera que en el lote Galapo el mejor material fue el SYNNW79 mientras que el NK254 lo fue en Guaduas, esto muestra la respuesta diferencial por este factor.

Tabla 19. Promedio de la producción de grano seco de maíz ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) ajustado al 15% de humedad, de los híbridos por localidades. Segundo ciclo de producción. 2012.

Híbridos	Estaciones experimentales				
	La Catalina	Paraguaicito	El Rosario	Santander	
				Lote Galapo	Lote Guaduas
NK254	7.950 b	5.504 a	8.193 b	8.624 b	6.770 a
IMPACTO	6.943 c	4.306 b	8.046 b	7.351 c	6.753 a
FNC3056	7.850 b	3.212 c	7.462 c	7.516 c	5.881 b
SYNNW79	9.532 a	5.250 a	8.808 a	9.567 a	6.123 b
Coefficiente de variación (%)	7,2	14,8	6,2	9,8	11,7
Promedio general	8.094	4.568	8.127	8.265	6.382

INGENIERÍA AGRÍCOLA



Con las investigaciones que adelanta la Disciplina se busca contribuir a las dimensiones Sostenibilidad Económica, Sostenibilidad Ambiental y Sostenibilidad Social, en las áreas de cosecha, beneficio ecológico, secado y mecanización del cultivo del café. Las investigaciones hacen parte de los proyectos Cambio Climático y Producción y Productividad. Así mismo, la Disciplina realiza actividades de capacitación orientadas a caficultores y a técnicos del Servicio de Extensión de la Federación.

Cosecha de café

La cosecha de café representa en Colombia entre 38% y 45% de los costos de producción. En las investigaciones que se realizan se busca mejorar los indicadores de esta actividad como son: Costos unitarios, eficiencia, calidad y pérdidas. Continuaron las

actividades de promoción de la tecnología Canguaro 2M, con caficultores y recolectores, y la evaluación de equipos portátiles utilizados en la cosecha de café Brasil y para otros frutos. Adicionalmente, se avanzó en el desarrollo de tecnología mecanizada para cafetales sembrados con distancia entre surcos de 2,0 m.

Cosecha manual

Validación de métodos de recolección manual asistida de café. ING0175. Con el fin de facilitar los procesos de difusión y adopción de la tecnología para cosecha manual Canguaro 2M, se propuso la conformación de grupos de usuarios de ésta, de fincas vecinas y de miembros de grupos asociativos o que pertenezcan a grupos certificados con diferentes sellos (Figura 59), que les permitiera compartir sus experiencias de uso y generar focos, a partir de los cuales se extienda el uso de la tecnología a regiones cercanas. Con este propósito se realizaron visitas a los departamentos de Cauca, Nariño, Risaralda, Huila, Valle, Tolima y Antioquia, con un total de 18 municipios, presentando la tecnología



Figura 59. Grupos de recolectores conformados para la difusión del dispositivo Canguaro 2M.

Canguaro 2M y capacitando a 304 caficultores y 28 recolectores.

En cada una de las visitas programadas se presentó la tecnología Canguaro 2M, metodología a emplear y resultados obtenidos, y se realizó una práctica de recolección con el fin de familiarizar a los usuarios con el equipo, luego, se evaluaron con ellos los resultados de esa experiencia y se recogieron sus opiniones y sugerencias. En algunos lugares se contó con la presencia de adoptantes, quienes compartieron su experiencia y animaron a los caficultores a usarlo. Se entregaron equipos a aquellos interesados en hacer parte del grupo y vía telefónica se ha obtenido información de la experiencia con el equipo con el fin de determinar el nivel de adopción.

Se ha observado que la tradición de utilizar el recipiente plástico es el mayor impedimento para generar la adopción de nuevas tecnologías para la cosecha de café, como el Canguaro 2M, siendo menos marcado en los jóvenes, quienes muestran mayor interés y facilidad para adaptarse a su uso.

La aceptación en el caso del pequeño productor, que recolecta su cosecha, con mano de obra familiar, es mayor que en el recolector que trabaja al contrato, que rápidamente se da cuenta que con Canguaro 2M no puede extraer los frutos verdes cosechados, como generalmente sucede con el canasto. Adicionalmente, como se requiere de tiempo para familiarizarse con el nuevo dispositivo (desde una semana hasta un mes), temen que su rendimiento sea inferior al esperado. En algunas fincas donde se ha adoptado con éxito, se empleó como estrategia pagar al día, mientras se adaptan a su uso, para luego volver al

tipo de contratación habitual por kilogramo. Además, las personas contratadas, se caracterizan por su permanencia en la finca durante el año y, por lo general, son de confianza para el caficultor.

En cada una de las visitas realizadas, se observó muy generalizada la falta de información acerca de esta tecnología, incluso por parte del Servicio de Extensión, por lo que se considera importante aumentarla, para crear interés y el deseo por ensayarla.

Consideraciones generales: El equipo Canguaro 2M es un instrumento de cambio, útil para generar una nueva cultura de la cosecha de café en Colombia, con énfasis en la calidad (café especiales), recolectando sólo los frutos maduros (Figura 60), en la reducción de las pérdidas por la caída de frutos al suelo (voluntaria e involuntaria), mayor comodidad al usuario y mayores ingresos al productor.

Para facilitar su adopción se considera importante trabajar con grupos asociativos, interesados en la producción de café especiales y con entidades certificadoras, para incluirlo en las buenas prácticas agrícolas.

Cosecha asistida con equipos portátiles

Desarrollo y evaluación de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva del café. ING0177. Se construyó un laboratorio para explorar un sistema multicámara, implementado con la cámara CMUCAM3, sistemas ópticos y sistemas de iluminación. Este pequeño laboratorio permite definir características del sistema de visión que se



Figura 60. Calidad del café recolectado con Cangaroo 2M.

irán implementado en la herramienta de cosecha, además de entregar información importante para definir algoritmos de procesamiento de imágenes sobre la CMUCAM3.

En búsqueda de una aplicación rápida del sistema de visión para cosechar frutos de café, el sistema de visión desarrollado se implementó en una herramienta de cosecha previamente construida en la Disciplina de Ingeniería Agrícola. Inicialmente se adecuó el ALFA y sobre éste se dispuso el sistema de cámara, iluminación y procesador. Con lo anterior, cuando el sistema de visión detecta frutos maduros en la cercanía del actuador se activa el motor del ALFA para desprenderlos. Los resultados iniciales con el montaje en el ALFA mostraron que es necesario revisar las velocidades de giro del motor, debido a que no son suficientes, aunque el sistema de visión está funcionando de forma adecuada para encender el motor sólo en presencia de frutos maduros. Actualmente, se diseña un sistema multicámara para controlar una herramienta similar al Descafé.

Adicionalmente, se comenzó el desarrollo de un sistema de conteo de frutos de café en la rama, por medio del hardware de una tableta cafetera; hasta el momento se cuenta con un segmentador de zonas por color en una rama, y se está trabajando en la detección individual de frutos. Se proyecta tener para el 2013 una aplicación instalada en la tableta cafetera, con la cual sea posible realizar una estimación de la producción en un árbol de café.

Cosecha mecanizada

Cosecha mecanizada de café adecuada para las condiciones colombianas. ING0180. Se construyeron las diferentes partes para conformar los sistemas de agitación, movilidad y recepción de frutos desprendidos. Los tres diferentes sistemas se ensayaron y cumplieron con las especificaciones de diseño planteadas. Actualmente se están integrando los diferentes sistemas en una sola máquina.

Evaluación del vibrador portátil Cifarelli SC 700 en la cosecha selectiva de café. ING0181. 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. Los sistemas con dos puntos de agarre y con árboles pre-tensados mostraron un comportamiento similar, sin embargo, los contenidos de frutos verdes en la masa cosechada no son aceptables, lo que hace que la cosecha con vibradores portátiles de tallos no sea todavía una opción rentable para el caficultor.

Beneficio ecológico

Se adelantan investigaciones en determinación del punto de lavado en el proceso con fermentación natural, así como avances en el lavado mecánico del café, el manejo de lixiviados y mieles de café con evaporación y mezcla con la pulpa, así como la determinación de factores causantes del defecto denominado grano tigre.

Determinación del consumo específico de agua para el lavado del café con tecnología Deslim, en proceso con fermentación natural. ING1129.

Se diseñó la tecnología para procesar café con fermentación natural o con aplicación de enzimas pectinolíticas, con capacidades para 500, 1.500 y 3.000 kg/h de café lavado, denominada Ecomill®. Cada módulo consta de un tanque cilíndrico construido en acero inoxidable, con tolva cónica, diseñado para permitir el flujo de café en “punto” de lavado por gravedad; un alimentador de café al lavador, con tornillo sinfín, tolva y columna de alivio para disminuir el daño mecánico que se causa al café; un lavador vertical de flujo ascendente de granos y descarga radial de las mieles; estructura metálica para soportar los componentes anteriores y válvulas de cierre rápido, para regular el flujo de agua al lavador. Con la nueva tecnología se lava café con consumo específico de agua entre 0,34 y 0,50 L/kg de c.p.s, permitiendo el control de hasta el 100% de la contaminación potencial, con la aplicación de prácticas sencillas, como la mezcla de la mieles con la pulpa y su deshidratación, utilizando secadores solares de bajo costo.

Los módulos Ecomill® 500, 1.500 y 3.000 fueron construidos en Cenicafé, y en ensayos realizados se verificó que el desempeño, definido como el

consumo específico de agua, daño mecánico y potencia, fue similar al observado en las evaluaciones realizadas en Cenicafé. En el período octubre de 2011 a septiembre 2012 se han procesado más de un millón de kilogramos de café en cereza, sin producir contaminación.

Se elaboraron planos detallados para la construcción de los módulos Ecomill® 500, 1.500 y 3.000, y se planeó el lanzamiento oficial de la tecnología en noviembre de 2012.

En la Figura 61 se presentan los módulos Ecomill® 500, 1.500 y 3.000.

Evaluación del proceso de beneficio en fincas donde se presenta el defecto tigre del café. ING1134.

Se registró la información relacionada con el proceso de beneficio de café en fincas, con el fin de identificar la posible causa del grano “tigre”. Se identificó que las principales diferencias se encuentran en las etapas de clasificación y método de eliminación del mucílago, dado que en las fincas en las que usualmente se ha presentado este tipo de grano, no se utiliza zaranda para retirar trozos de pulpa provenientes del despulpado, y se utiliza el desmucilagador mecánico como método de remoción de mucílago. Sin embargo, estas



Figura 61. Módulos para beneficio de café con fermentación natural y con aplicación de enzimas pectinolíticas. **a.** Ecomill® 500, **b.** Ecomill® 1.500; **c.** Ecomill® 3.000.

diferencias por sí solas no explican la aparición del grano “tigre”, dado que se evidenció el uso de prácticas inadecuadas dentro del proceso, en las que no sólo se obtiene café con daño mecánico sino que se expone a tiempos de espera antes de continuar con el secado, ocasionando las manchas en la almendra características del grano “tigre”. Se evaluó el efecto de la presencia de este tipo de grano en muestras de café y se determinó que no afecta la calidad en taza.

Estudio de técnicas de conservación de café pergamino húmedo durante la comercialización. ING1136.

Se iniciaron las actividades relacionadas con la caracterización de la calidad física y sensorial y carga microbiológica de muestras de café pergamino húmedo, recolectadas en puntos de compra particulares y de Cooperativas de Caficultores. Se identificó que el 90,5% de las muestras presentaron un contenido de almendra sana menor al 75%, indicando la baja calidad de las muestras. Resultados que se confirmaron con la calidad en taza, dado que el 34,8% de las muestras presentaron defectos. Adicionalmente, se obtuvo información acerca de la pérdida de materia seca del café lavado y almacenado hasta 120 horas, con y sin agua, en condiciones de laboratorio a 20°C +/-2°C y entre 80% y 90% de humedad relativa, aplicando una de las prácticas realizadas por los caficultores en el campo. Se identificó una pérdida de materia seca entre 1,8% y 3,0% para el café bajo agua y entre 0,5% y 0,7% para el café sin agua.

Evaluación de una metodología para determinar el punto final de la fermentación del mucílago del café. ING1138.

Se tiene el registro de información de 65 fincas localizadas en los departamentos de Caldas, Risaralda y Valle del Cauca, y el resultado de 61 pruebas de evaluación del método propuesto, con las cuales se ha reportado un error de 3,4%, es decir, en el 96,6% de los casos se obtuvo una altura del espacio vacío dentro del cono, mayor a 85 mm, a los cuales correspondió un contenido de mucílago menor a 3% (>95% de remoción). Así mismo, se ha identificado que sólo en el 25% de los casos, el tiempo definido por el caficultor para lavar el café fue igual al determinado por el método, sobreestimado en el 36,5% y subestimado en el 38,5%. Se dispone de un método objetivo y de fácil uso para el control del proceso de fermentación, en especial, para la producción de cafés con sellos de certificación.

Evaluación de la deshidratación de las mieles resultantes del lavado del café. ING0135. Se instaló un sistema electrónico para monitorear las variables

de interés y complementarias en los tratamientos aplicados para la evaporación de las mieles de lavado del café resultantes de la tecnología Ecomill®, con consumo específico de agua de 0,4 a 0,5 L.kg⁻¹ de c.p.s. Se han realizado seis pruebas para los seis tratamientos considerados en la investigación, con carga de mieles en las bandejas de 10, 15 y 20 kg/m², tres con extractor y tres sin extractor. No hubo diferencias entre los tratamientos. El promedio de la tasa de evaporación diaria para seis los tratamientos fue de 1,57 kg/día, con un mínimo de 1,29 kg/día y un máximo de 1,97 kg/día. La máxima tasa de evaporación se obtuvo en el tratamiento con extractor de aire, y la mayor masa de lodos (20 kg), se obtuvo en un tiempo máximo de 316 horas (13 días) y un tiempo mínimo de 100 horas (4 días), para alcanzar el 10% de la masa inicial. En el tratamiento en que se presentó mayor diferencia fue de 138 horas (casi 6 días), entre el tiempo mínimo y el máximo para alcanzar el 10% de la masa. Los efluentes secos se podrían utilizar como biofertilizantes, generando valor agregado y permitiendo el control del 100% de la contaminación potencial generada con la tecnología Ecomill®.

Secado del café

En los estudios de secado desarrollados por la Disciplina de Ingeniería Agrícola se evalúa un método de fácil uso y bajo costo diseñado para medir la humedad del café durante el secado en silos.

Evaluación en fincas de la tecnología para la medición de la humedad del café durante el secado mecánico Gravimet SM. ING0844.

Se continuó con la evaluación del método Gravimet SM en fincas con los operarios encargados del manejo de los secadores. Durante este año se ha recolectado información en 41 fincas de los municipios de Anserma, Chinchiná, Manizales y Neira, en el departamento de Caldas; en Dosquebradas, Pereira y Santa Rosa de Cabal, en Risaralda; en los municipios de Caicedonia y Sevilla, en el Valle del Cauca, y en el municipio de Ciudad Bolívar, en Antioquia. En cada una de estas fincas se presentó la tecnología Gravimet SM, se explicó la metodología a seguir para su aplicación y, además, se registró la información relacionada con el proceso de secado mecánico.

Se utilizó el método Gravimet SM para el secado de 71 lotes de café, con altura de capa de hasta 42 cm. En el 92% de las pruebas la humedad final estuvo en el rango adecuado para la comercialización (10% a 12%). Este resultado ha generado gran entusiasmo en los usuarios e interés en adopción

de la nueva metodología. En el 5,6% la humedad final del café estuvo por encima del rango desde 0,1% hasta en un 1,5%, atribuible a las condiciones de operación de los secadores (temperatura y caudal de aire de secado y tiempo para el volteo de la capa, entre otros), la humedad y el estado inicial del café húmedo utilizado en cada prueba. El método Gravimet SM es una herramienta útil para la operación de los silos secadores utilizados en Colombia y obtener café con la humedad exigida en la comercialización (10% a 12%), aprovechando más eficientemente los equipos y disminuyendo los costos.

Mecanización del cultivo

Actualmente, se evalúa un dispositivo de accionamiento manual y de bajo costo, en la recolección de frutos presentes en los platos de árboles de café.

Evaluación de un dispositivo de accionamiento manual para recoger frutos de café en el suelo. ING1406.

Se evaluó un dispositivo de accionamiento manual en la recolección de frutos presentes en platos de árboles de café (Figura 62). Se consideraron dos factores de variación, estado del plato (con y sin remoción de la hojarasca) y el número de frutos presentes en cada plato (3, 6, 9, 12 y 15), la unidad experimental la constituyó el sitio o el plato del árbol, con 15 unidades experimentales por cada tratamiento. Con platos limpios se recolectó entre 77,3% y 91,0% de café. Sin remover la hojarasca esta recolección varió entre 47,3% y 64,3%. La capacidad de campo, varió desde 2,47 ha/jornada, con plato limpio y 3 frutos/árbol, hasta 0,84 ha/

jornada, con plato limpio y 15 frutos/árbol. Sin remover la hojarasca de los platos, la capacidad de campo fluctuó entre 0,73 y 1,47 ha/jornada, con 15 y 3 frutos/árbol. Los costos unitarios variaron de \$14.763,8 a \$43.190,7/ha, con platos limpios y con 3 y 15 frutos/árbol, respectivamente. Con platos sin remoción de hojarasca, los costos aumentaron, alcanzando valores de hasta \$ 49.908,4 por hectárea y 15 frutos/árbol.



Figura 62. Canastilla evaluada en la recolección de frutos de café caídos al suelo.

GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES Y CONSERVACIÓN



La Disciplina Gestión de Recursos Naturales y Conservación de Cenicafé tiene como misión investigar sobre la conservación de la biodiversidad y de los recursos hídricos en la zona cafetera colombiana y sobre la composición, manejo, utilización, tratamiento y disposición de los residuos de los procesos del café.

Los resultados de proyectos de investigación en desarrollo durante el 2012 son:

Análisis de la contribución de la zona cafetera a la conservación de las aves amenazadas de Colombia.

BDC0125. El propósito de esta investigación, la cual finalizó en el último trimestre del año 2011, fue evaluar en detalle la contribución de la zona cafetera a la conservación de las aves amenazadas de Colombia. Para esto, se determinaron las especies

de interés para la conservación (amenazadas o endémicas) que se encuentran en la zona cafetera de Colombia, el porcentaje de su distribución que se encuentra en estas áreas y su asociación a los cultivos de café o a las coberturas naturales remanentes en la zona cafetera. Este análisis, sumado a un análisis de vacíos de conservación de aves a escala nacional, permitió identificar las especies que más se beneficiarían de acciones de manejo en la zona cafetera, tales como la protección de coberturas naturales y la transición entre caficultura de libre exposición a caficultura con sombrío.

Los modelos de distribución predijeron la presencia de 74 especies en zonas cafeteras de Colombia; cifra que representa un aumento de 50 especies en el número ya registrado en los estudios de Cenicafé. Adicionalmente, se concluyó que 13 especies están significativamente asociadas a las plantaciones de café. El análisis GAP concluyó que los objetivos de conservación para nueve especies podrían lograrse por medio de acciones dirigidas directamente a la

conservación de remanentes de bosques. Además, para tres especies se lograrían esos objetivos si se enriqueciera la presencia de sombríos en sus zonas de distribución. Esta investigación confirmó y describió la importancia de las zonas cafeteras de Colombia para la conservación de las aves en el país. Además, se sugieren acciones de manejo para lograr la conservación de esas especies.

Conservación de las aves migratorias boreales en zonas cafeteras de los Andes colombianos. RNC0126. Este proyecto se realizó bajo una alianza entre Cenicafé, el programa de conservación de aves migratorias de The Nature Conservancy (TNC) y el programa Wings Across de Americas, del Servicio Forestal de los Estados Unidos. Este período final de actividades estuvo dedicado principalmente a adelantar una evaluación detallada del proyecto en sus logros ornitológicos, en el enfoque participativo y en la conservación. Ese proceso de análisis y evaluación se realizó en gran parte con la participación

de grupos de caficultores de ocho localidades cafeteras, en los departamentos de Huila, Cauca, Nariño, Cundinamarca, Tolima, Caldas, Quindío y Norte de Santander.

Se consolidó una base de datos que reunió todos los registros obtenidos en los estudios ornitológicos realizados por el anterior Programa de Biología de la Conservación. El análisis de la base de datos, conformada por 65.180 registros ornitológicos obtenidos en más de 60 localidades en 1.179 fechas de observación, permitió identificar el número y distribución de las especies de aves, incluyendo las migratorias y las clasificadas en alguna categoría de amenaza, en las diferentes localidades y regiones cafeteras estudiadas. En total, se registraron 516 especies, entre las cuales se encontraron 27 especies clasificadas en la lista roja de aves de Colombia, 34 especies migratorias boreales, 22 endémicas y 18 casi endémicas (Figuras 63 a la 66). Como parte de esta etapa final del proyecto, se formuló un modelo para promover la autonomía de

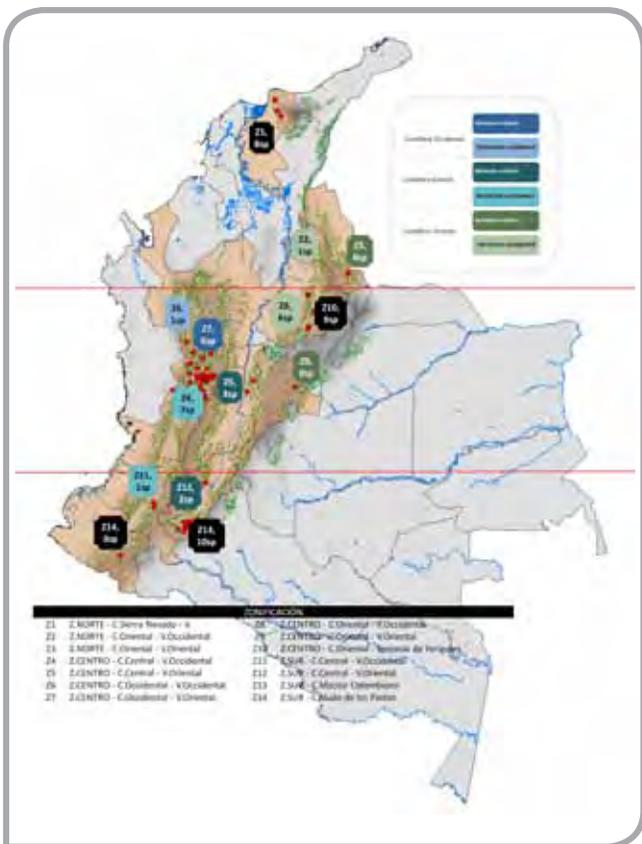


Figura 63. Número total de especies amenazadas registradas en la región cafetera de Colombia.

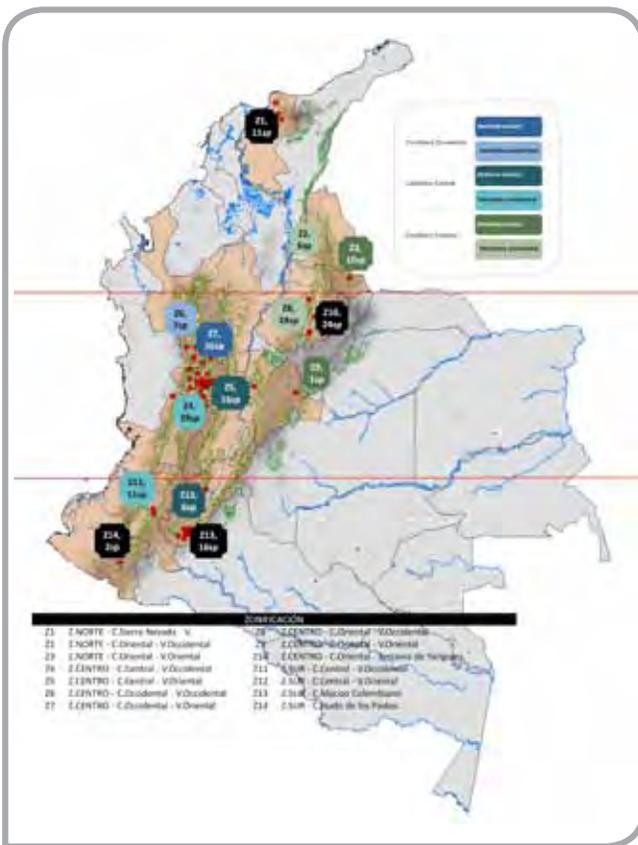


Figura 64. Número total de especies migratorias registradas en la región cafetera de Colombia.

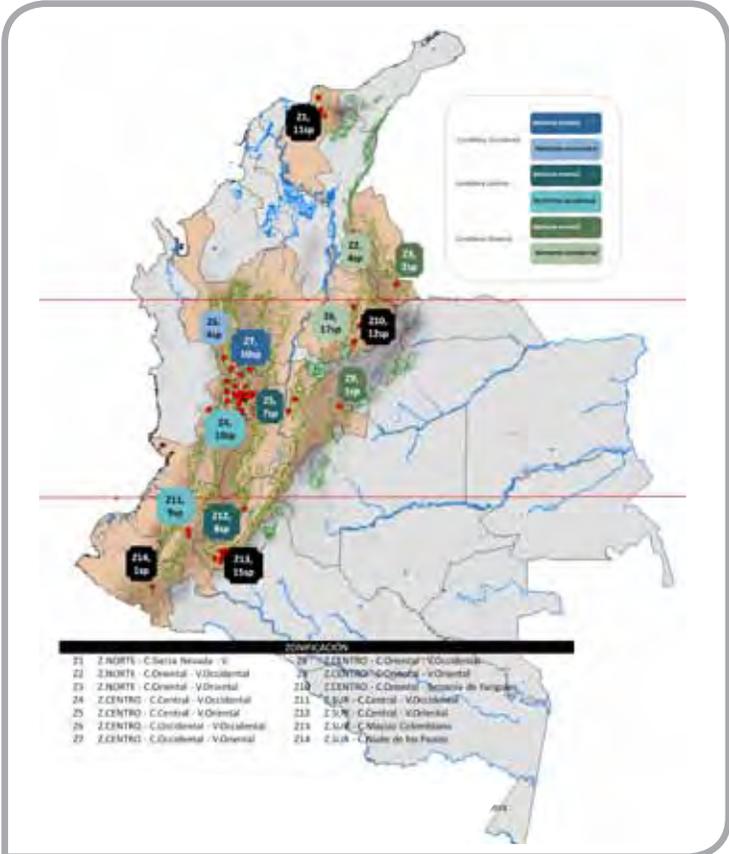


Figura 65. Número total de especies endémicas y casi endémicas, registradas en la región cafetera de Colombia.

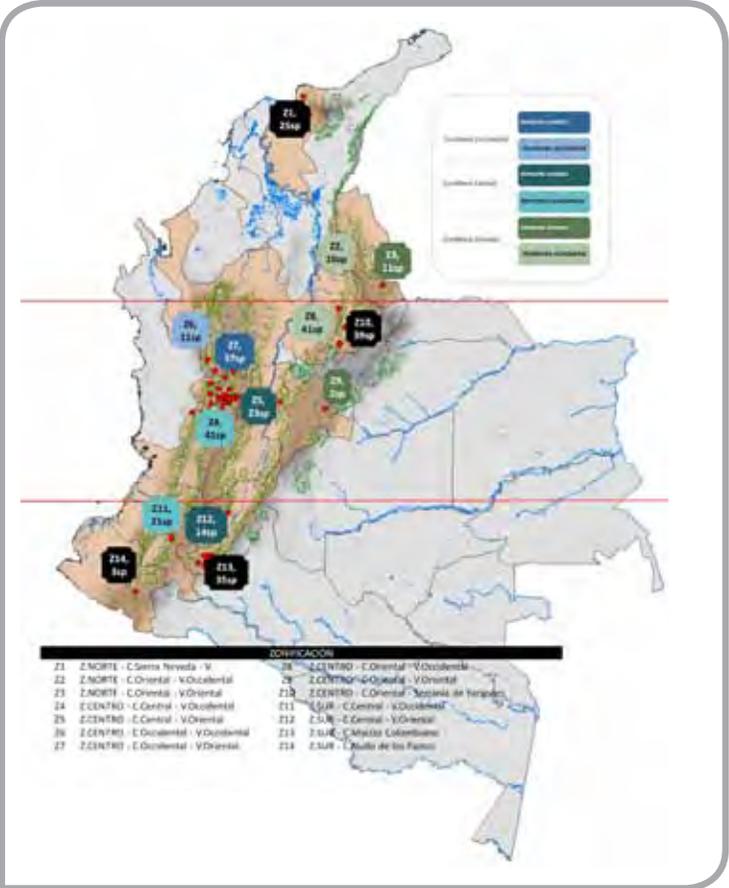


Figura 66. Número total de especies de interés para la conservación registradas en la región cafetera de Colombia.

las comunidades en sus acciones de conservación, mediante la aplicación del enfoque participativo en el estudio de las aves (Tabla 20).

Caracterización de la biodiversidad de la Reserva Forestal Protectora de Planalto. RNC0127. En este proyecto se han realizado avances en la caracterización de la biodiversidad en Planalto, usando las aves, las mariposas, los escarabajos coprófagos y la vegetación.

Durante este período se concluyó un manuscrito que recoge un análisis de todos los datos ornitológicos

obtenidos en Planalto, principalmente en estudios realizados anteriormente por el Programa de Biología de la Conservación y los censos navideños que se realizan con la participación de la Sociedad Caldense de Ornitología. Se ha avanzado en el muestreo de las mariposas diurnas, por medio de inventarios periódicos, en varios sectores de Planalto. En la caracterización de la vegetación se avanzó en la delimitación de la parcela permanente, a la cual se le realizará la caracterización botánica. En la caracterización de los escarabajos coprófagos, se definió el método de muestreo y se realizó una primera medición, dentro de los predios de la parcela permanente.

Tabla 20. Resumen de las actividades llevadas a cabo en las localidades del proyecto.

Localidad	Grupo de trabajo	Descripción
1. San Isidro (Huila)	Grupo Asociativo San Isidro y Grupo de observadores de aves Atlapetes Oliváceo	*Acompañamiento y seguimiento a las actividades del grupo de observadores de aves *Censos participativos y capacitación al grupo de observadores *Realización de taller de evaluación participativo sobre los efectos en conservación y del proyecto en la localidad * Encuentro en el Cerro de Placas
2. La Sierra (Cauca)	ASPOAGROSI y Grupo de observadores de aves "Amigos de las Aves"	*Acompañamiento y seguimiento a las actividades del grupo de observadores de aves y al proyecto de la Mirla Cabecinegra (<i>Turdus olivater</i>) *Censos participativos y capacitación al grupo de observadores *Realización de taller de evaluación participativo sobre los efectos en conservación y del proyecto en la localidad
3. Guaduas (Cundinamarca)	Grupo de observadores de aves Arañero Pechigrís	*Censos participativos y capacitación al grupo de observadores *Realización de taller de evaluación participativo sobre los efectos en conservación y del proyecto en la localidad
4. Marimba (Huila)	Grupo Ecológico Roble Negro	*Realización de taller de evaluación participativo sobre los efectos en conservación y del proyecto en la localidad
5. Líbano (Tolima)	Grupo de observadores de aves Pinzón Pico de Oro	*Realización de taller de evaluación participativo sobre los efectos en conservación y del proyecto en la localidad
6. Aguadas (Caldas)	Grupo de Observadores de Aves Reinita Cerúlea y Escuela de la vereda Colorados	*Acompañamiento y seguimiento al grupo de observadores de aves Reinita Cerúlea *Censos participativos y capacitación al grupo de observadores de aves *Realización de taller de evaluación participativo sobre los efectos en conservación y del proyecto en la localidad
7. Génova (Quindío)	Caficultores del Grupo de observadores de aves Tángara Real	*Acompañamiento y seguimiento a las actividades al grupo de observadores de aves Tángara Real *Censos participativos y capacitación al grupo de observadores *Realización de taller de evaluación participativo sobre los efectos en conservación y del proyecto en la localidad
8. Consacá (Nariño)	Comunidad Consacá y Yacuanquer y Grupo de observadores de aves "Vuelos de esperanza"	*Censos participativos y capacitación al grupo de observadores *Realización de taller de evaluación participativo sobre los efectos en conservación y del proyecto en la localidad * Taller de capacitación al grupo de observadores para las actividades de monitoreo de las microcuencas
9. Ocaña (Norte de Santander)	Comité Municipal de Cafeteros de Ocaña	*Inventario de aves

Implementación de corredores de conservación y sistemas de producción sostenible en áreas de influencia del Programa Forestal KfW-FNC. KFW0101.

Este proyecto tiene como propósito promover la conservación de la biodiversidad en áreas de influencia del Programa Forestal Río Magdalena, de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, apoyado por KfW Bankengruppe, a través de la implementación de corredores de conservación, en microcuencas de interés ambiental, cercanas a zonas de amortiguación de parques nacionales, regionales o reservas privadas. En cada región se establecerá un corredor, por medio del cual se fortalecerá la conectividad ecológica y se promoverá la conservación de la biodiversidad. También se implementará un sistema integrado de gestión en buenas prácticas

agrícolas en las fincas, que busca mejorar las condiciones de las cuencas, reduciendo la erosión y la contaminación de las fuentes de agua. De otra parte, se desarrollará un programa de educación, dirigido a generar conciencia y ética ambiental en los agricultores, a fortalecer el conocimiento en prácticas de conservación del medio ambiente y a promover prácticas sostenibles, entre los agricultores que hacen parte de la microcuenca.

Durante el presente año se definieron los criterios técnicos y prácticos para la implementación de corredores (Tabla 21) y se seleccionaron ocho cuencas en donde se construirán los corredores, las cuales tienen un número aproximado de 800 beneficiarios (Tabla 22).

Tabla 21. Criterios para la selección de zonas para la implementación de corredores de conservación.

Criterio	Descripción
Criterio 1. La cuenca o microcuenca como eje articulador y unidad de análisis	La cuenca debe estar ubicada dentro de la jurisdicción de los municipios de influencia directa del Programa Forestal KfW, y será considerada como la ruta base en donde se implementarán las herramientas de manejo del paisaje que permitirán aumentar la conectividad regional.
Criterio 2. Voluntad política	Es necesario que tanto las instituciones que tienen influencia en cada región (Comité de Cafeteros, Corporaciones Autónomas Regionales, ONG's), así como las comunidades cafeteras estén dispuestas a participar de la construcción de los corredores y de las demás actividades del proyecto, por lo tanto, se considerarán las recomendaciones de áreas de interés para la construcción de corredores que hagan dichas instituciones. Adicionalmente, es necesario considerar regiones en donde los agricultores sean los propietarios de los predios en donde se va a implementar el corredor biológico.
Criterio 3. Áreas con representatividad ecosistémica	Se buscará hacer propuestas de corredores biológicos en zonas con remanentes de bosque y en áreas importantes para la conservación, como Parques Nacionales Naturales (PNN), parques regionales y municipales, reservas de acueductos, AICAS, Reservas de la Sociedad Civil, etc.
Criterio 4. Áreas con buenas oportunidades de conservación	Se dará prioridad a zonas con ecosistemas o especies amenazadas. Se buscará conectar los corredores con áreas que tengan figuras legales de conservación, para asegurar la permanencia del corredor en el largo plazo y se buscará asocio con otros proyectos de corredores o proyectos de conservación en la región. Igualmente, se buscarán microcuencas con zonas de conectividad incipientes.
Criterio 5. Posibilidad de generar conectividad hacia las zonas cafeteras	Se buscará que los corredores biológicos aumenten la conectividad entre las zonas de bosque, generalmente ubicadas en las partes más altas, con las zonas cafeteras, para generar corredores que incluyan una franja altitudinal amplia.
Criterio 6. Microcuencas abastecedoras de acueductos	Se tendrán en cuenta las microcuencas que abastecen acueductos veredales o municipales, por su importancia para las comunidades humanas, considerando que el proyecto busca además mejorar la biodiversidad y la calidad del agua en las microcuencas seleccionadas, a través de adecuaciones de infraestructura productiva en las fincas participantes.
Otros criterios prácticos	Disponibilidad de información para el área seleccionada.

Tabla 22. Cuencas en las cuales se construirán los corredores de conservación.

Departamento	Municipios	Microcuenca	Área microcuenca (ha)	Número de posibles beneficiarios
Antioquia	Ciudad Bolívar	La Arboleda	693	99
Caldas	Pensilvania	El Congal	491	68
Cundinamarca	La Palma	Los Tiestos	298	57
Huila	El Pital	El Burro	999	157
Risaralda	Santuario	La Esmeralda	1.033	93
Santander	Zapatoca	El Ramo	1.549	117
Tolima	Fresno	Campeón	1.345	185

Uso de productos químicos y biológicos para la degradación de frutos de café en el suelo y su efecto en el desarrollo de la broca del café.

RNC2502. Esta investigación busca generar alternativas que permitan una disminución en la población de broca en el suelo, por esta razón se realizó una estandarización de metodologías que permitieran la detección de cambios físico-químicos en los frutos del suelo y su relación con el ciclo de vida de la broca. La información preliminar permite establecer que el contenido de nitrógeno total, evaluado por el método Kjeldahl, es apropiado, por su sensibilidad para la detección de las variaciones de nitrógeno en el sustrato. La determinación de lignina total, otro parámetro que permite determinar los cambios químicos en el sustrato, presenta mejores resultados cuando se utiliza una muestra inicial de 0,5 g, una relación 1:2 v/v de solvente extractor etanol-tolueno y la cuantificación del contenido de lignina por gravimetría con calcinación. Durante la caracterización de los frutos, se encontró que el contenido de humedad es muy similar en muestras de exocarpio para los diferentes grados de maduración (verde, pintón, maduro, sobremaduro y seco), mientras que en el fruto completo, los contenidos de humedad fueron diferentes para los estados de madurez evaluados. La metodología para la determinación de celulosa ha requerido analizar todas las variables de manejo debido a la alta sensibilidad que presenta. Se ha encontrado que el tamaño de muestra con el cual se obtienen los mejores resultados es de 0,1 g, adicionando los reactivos proporcionales al tamaño de la muestra.

Tratamiento de aguas contaminadas con agroquímicos.

RNC0113. Con este experimento se busca diseñar sistemas de tratamientos económicos y eficientes

para el manejo de las aguas residuales generadas en las fincas cafeteras. Actualmente, se está evaluando la toxicidad de 20 agroquímicos de uso común en las fincas cafeteras, sobre la actividad metanogénica de los microorganismos responsables de la depuración de las aguas residuales del café. Las dosis evaluadas son 1C, 0,5C, 0,1C, 0,05C y 0,01C, siendo C la dosis comercial del producto.

Se caracterizaron los lodos metanogénicos que se utilizan en los ensayos de inhibición metanogénica (Figura 67), de acuerdo a las variables Sólidos Totales (ST), Sólidos Volátiles (SV), Sólidos Suspendidos (SS) y Sólidos suspendidos volátiles (SSV) y los agroquímicos que forman parte del ensayo en la variable DQO. El análisis de 28 muestras mostró una concentración promedio de ST de 100.923 ppm, de SV de 89.147 ppm y una relación SV/ST del 88,33%. El valor promedio de seis muestras de



Figura 67. Aspecto del montaje realizado para la evaluación de la inhibición metanogénica.

lodos, arrojó como resultado una concentración de SS de 77.152 ppm y de SSV de 68.573, para una relación SSV/SS del 88,88%. Los mayores valores medios de DQO en los agroquímicos correspondieron a los productos Carrier (2.514.000 ppm), Sumithion (2.426.667 ppm), Cosmoil (2.158.667 ppm), Bayleton (2.138.000 ppm), Leybacid (2.077.333 ppm) y Lorsban (2.037.333 ppm). Los agroquímicos que mostraron las menores concentraciones de DQO fueron: Mertect (491.200 ppm), Sevin (472.667 ppm), Roundup (470.933 ppm) y el oxiclورو de cobre (116.000 ppm).

Los ensayos de actividad metanogénica se están realizando en reactores, acondicionados a partir de botellas no retornables de 1,5 litros de capacidad, en los cuales se adicionaron los lodos metanogénicos provenientes de los sistemas de tratamiento en el campo, a una concentración de 2,5 g SSV/L y las aguas mieles del café ajustadas a una concentración de DQO de 6.000 ppm (concentración determinada como apropiada para realizar los ensayos metanogénicos) y neutralizadas con soda cáustica hasta un pH de 7,5. La temperatura del ensayo fue de 30°C.

Para cada concentración y réplica se montó un control, con el lodo metanogénico y el agua miel neutralizada. Los reactores inoculados se sumergieron en un baño termostatzado y se conectaron a botellas de 750 ml, con soda cáustica al 3%, de tal forma

que por el desplazamiento de la solución de soda por efecto del metano producido (ya que el CO₂ reacciona con la soda), se estimó el volumen del metano generado.

Transformación de la pulpa de café mediante larvas de la mosca *Hermetia Illucens*. RNC2501. Durante este período se estudió el ciclo de vida de *Hermetia illucens* (mosca soldado negra) sobre la pulpa de café, con el propósito de producir abono orgánico y proteína animal a partir de este subproducto, evitar los problemas de contaminación ambiental que se pueden generar por la inadecuada disposición de la pulpa de café y favorecer la diversificación de ingresos por parte de los productores.

El trabajo se desarrolló en el cuarto de cría de la Disciplina de Entomología de Cenicafé, bajo condiciones controladas de temperatura 23±2°C y una humedad relativa de 80%±10%, y fotoperíodo 12:12. Sobre la pulpa de café se encontró que la hembra deposita los huevos en grupos de más de 20 huevos/postura. El período de incubación del huevo obtenido fue de 3,06±0,09 días, el estado larval tuvo una duración de 22,83±0,17 días, el estado de pupa tuvo una duración de 19,92±0,17 días, la longevidad de los adultos fue de 10,43±0,48 días (Figura 68), la duración total del ciclo (Huevo-Adulto) fue de 45,75±0,24 días y la viabilidad (larva-pupa) fue del 80,75%.

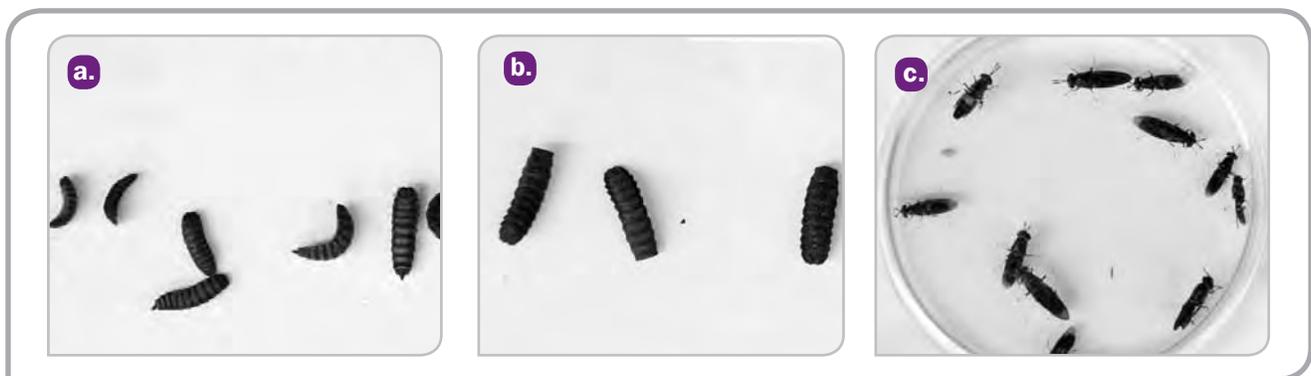


Figura 68. Estados de desarrollo de *Hermetia Illucens* sobre pulpa de café. **a.** Larvas, **b.** Pupas; **c.** adulto.

CALIDAD



Las investigaciones que se desarrollan en la Disciplina de Calidad aportan a las alternativas y estrategias para la sostenibilidad de la Caficultura Colombiana, mediante la generación de conocimiento sobre la magnitud y frecuencia de las características de la calidad de los granos y en taza, y la composición química de las variedades de café que se cultivan en Colombia, según la región, unidad de suelo, altitud y formas de desarrollo del beneficio.

Igualmente, se produce conocimiento científico básico sobre la química, la microbiología y la cinética de la fermentación del café, que se transfiere en recomendaciones de mejores prácticas para obtener café de buena calidad, en armonía con el medio ambiente, mediante el proceso de la fermentación del café, según el sistema de proceso, el tiempo y la temperatura ambiente (15°C, 20°C y 25 °C) de la zona cafetera, donde se desarrolle el beneficio en Colombia.

Estudio de la calidad y del contenido de elementos químicos en el café de Colombia según los suelos y

la altitud del cultivo. QIN3010. En esta investigación se generó conocimiento sobre la magnitud y frecuencia de las características de la calidad de los granos y en taza, así como la composición química de las variedades de café según la región del cultivo, unidad de suelo, altitud y formas de desarrollo del beneficio. El estudio se realizó en 147 fincas, ubicadas entre 1.050 y 2.050 m de altitud, la cual se categorizó para el estudio en tres niveles, menor a 1.300 m, entre 1.300 y 1.600 m, y mayor a 1.600 m de altitud, estos lotes correspondieron a 15 unidades de suelos (Chinchiná, Suroeste, Salgar, Parnaso-200, Paujil, Perijá, La Montaña, Montenegro, Quindío, Malabar, Líbano, San Simón, Campoalegre, La Espiga y Siberia), de siete departamentos, Antioquia, Caldas, Cesar, Quindío, Santander, Tolima y Huila, con variedades Colombia, Tabi, Caturra, Maragogipe, Típica y algunas muestras de la Variedad Castillo® y Catimor. Todas las muestras se beneficiaron en las mismas fincas, mediante el “proceso finca” por fermentación natural o Becolsub y con secado al sol o mecánico, de igual manera las muestras de los lotes de cada origen se procesaron por método controlado en el beneficio, aplicando las Buenas Prácticas Agrícolas, por medio de la fermentación natural y el secado al sol.

Se analizó la calidad del grano y de la bebida de café y se efectuaron 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, Zn, por espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado (ICPOES) en granos de café verde, café tostado, aguas para el lavado y suelos de las fincas y de N total, por el método Kjeldahl, en los granos de café. De esta forma se lograron obtener 80.671 mediciones en el grano verde, 74.091 en tostado, 10.018 en aguas de nacimiento o acueducto empleadas para el lavado del café en cada finca y más de 60.000 mediciones en suelos.

En este informe se presenta un avance de los principales resultados obtenidos del análisis descriptivo de los datos de los contenidos de los elementos químicos en el grano de café.

Análisis descriptivo del contenido de elementos químicos en el grano de café y los suelos. Sin considerar el C, H y O, los elementos más abundantes en grano de café verde son N, K, S, P y Ca, que son los principales constituyentes de los vegetales, seguidos por el Na, Rb, Fe, Mn, Si, Sr, Cu, Al, B, Ba, Zn, Li, In, Ni, Sn, Ti, Co, Pt, Cr, Tl, Mo, Pb, Ge, La, Te, Ce, Ga, Au, As, V, Ag, Se, Sb, Cd, Bi, Pd, Sc, Be. En el grano de café verde los elementos con contenidos más variables (CV > 150%) fueron

As, Bi, Pd, Te, Ti, Tl, V y los menos variables (CV < 30%) Ca, Cu, K, Mg, N, P (Tabla 23).

En el grano de café verde, los elementos con contenidos más variables (CV > 150%) por departamentos fueron en: Antioquia - As, Bi, Ga, Sb, Se, Te, Tl, V; en Caldas - As, Bi, Pd, Sb, Te, Tl; en Cesar - As, Bi, Sb, Te; en Quindío - As, Bi, Pb, Pd, Te, Ti, Tl, V; en Tolima - Cd, Pd, Se, Te, Tl; Huila - Pd, Tl, V; y en Santander - As, Pd, Sb.

Los elementos con contenidos más variables en el grano de café verde por variedades fueron la Variedad Castillo® - As, Tl; Catimor - Bi, Se, Te; Caturra - As, Bi, Pd, Te, Tl, V; Colombia - As, Bi, Pd, Te, Ti, Tl, V; Maragogipe - Al, Pd, Ti; Tabi As, Bi, Sb, Te; y Típica - As, Sb, Se, Te.

Por su parte, por altitudes, los elementos con contenidos más variables fueron: en altitudes menores a 1.300 m, As, Bi, Sb, Te, Ti, Tl, V; entre 1.300 y 1.600 m, As, Bi, Cd, Pd, Te, Tl, V; y en fincas localizadas a más de 1.600 m, As, Pd, Tl. Mientras que los menos variables (CV < 30%), por altitudes fueron: por debajo de 1.300 m, Ca, Cu, K, Mg, N, P; entre 1.300 y 1.600 m, Ca, Cu, K, Mg, N, P; y a mayor a 1.600 m, Ca, K, Mg, N, P.

La distribución según el promedio del contenido de los elementos químicos en el grano de café verde, entre departamentos, unidades de suelo y

Tabla 23. Estadística descriptiva de los contenidos de 44 elementos químicos en granos de café verde de Colombia.

Elemento	Unidades	Observaciones	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Frecuencia relativa mínimo %	Desviación Típica (n-1)	Coefficiente de variación	Error estándar de la media	Límite inferior de la media -95%	Límite superior de la media +95%
N	%	618	2,12	1,52	2,64	2,10	0,2	0,14	0,07	0,01	2,09	2,12
K	%	1731	1,94	1,36	2,66	1,92	0,1	0,18	0,10	0,00	1,91	1,93
S	mg/kg	1711	3030,00	212,70	18681,00	3372,30	0,1	1745,84	0,52	42,21	3289,52	3455,08
Mg	mg/kg	1732	1661,00	587,20	4338,00	1650,94	0,1	367,46	0,22	8,83	1633,62	1668,26
P	mg/kg	1732	1460,00	893,10	4838,00	1497,42	0,1	300,41	0,20	7,22	1483,26	1511,57
Ca	mg/kg	1733	910,50	380,90	2434,00	917,16	0,1	230,92	0,25	5,55	906,28	928,04
Rb	mg/kg	1717	54,48	2,23	347,60	70,32	0,1	54,88	0,78	1,32	67,72	72,92
Fe	mg/kg	1742	27,26	0,00	208,70	36,02	8,1	29,79	0,83	0,71	34,62	37,42
Na	mg/kg	1720	28,19	0,00	269,10	35,00	8,4	25,97	0,74	0,63	33,77	36,23

Continúa...

...continuación

Elemento	Unidades	Observaciones	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Frecuencia relativa mínimo %	Desviación Típica (n-1)	Coefficiente de variación	Error estándar de la media	Límite inferior de la media -95%	Límite superior de la media -95%
Si	mg/kg	1748	12,35	0,00	293,40	24,17	9,6	29,15	1,21	0,70	22,81	25,54
Sr	mg/kg	1737	15,69	2,27	163,50	23,90	0,1	21,43	0,90	0,51	22,89	24,91
Ba	mg/kg	1741	10,15	0,05	266,90	19,30	0,1	24,06	1,25	0,58	18,16	20,43
Mn	mg/kg	1739	17,35	0,07	94,62	18,83	0,1	10,76	0,57	0,26	18,32	19,34
Al	mg/kg	1742	7,81	0,00	151,40	11,53	0,1	12,56	1,09	0,30	10,94	12,12
Cu	mg/kg	1749	9,54	0,00	53,97	10,80	6,6	5,92	0,55	0,14	10,53	11,08
B	mg/kg	1721	5,84	0,00	22,35	6,12	8,4	2,23	0,36	0,05	6,01	6,22
Zn	mg/kg	1741	3,61	0,00	45,00	3,82	7,4	2,33	0,61	0,06	3,71	3,93
Li	mg/kg	1720	0,44	0,00	16,94	1,25	8,5	2,04	1,63	0,05	1,15	1,35
In	mg/kg	1718	0,77	0,00	7,66	0,90	8,5	0,57	0,63	0,01	0,87	0,93
Ni	µg/kg	1721	192,00	1,69	2152,00	254,46	0,1	223,61	0,88	5,39	243,89	265,04
Sn	µg/kg	1709	155,30	0,00	3278,00	231,53	9,1	245,16	1,06	5,93	219,90	243,16
Ti	µg/kg	1710	126,20	0,00	4755,00	179,89	9,1	254,09	1,41	6,14	167,84	191,95
Pt	µg/kg	1707	106,40	0,00	685,90	126,79	16,3	97,19	0,77	2,35	122,17	131,40
Co	µg/kg	1721	73,45	2,33	748,30	107,52	0,1	103,49	0,96	2,49	102,63	112,42
Cr	µg/kg	1721	51,04	0,00	829,30	66,69	8,3	63,56	0,95	1,53	63,68	69,69
Te	µg/kg	1623	14,97	0,00	320,60	36,65	37,0	50,86	1,39	1,26	34,18	39,13
Mo	µg/kg	1721	20,89	0,00	178,30	27,16	10,0	24,29	0,89	0,59	26,01	28,31
Pb	µg/kg	1720	13,89	0,00	210,20	20,54	23,5	23,18	1,13	0,56	19,44	21,63
As	µg/kg	1625	13,61	0,00	99,27	20,19	30,0	21,34	1,06	0,53	19,16	21,23
Ge	µg/kg	1674	13,23	0,00	138,90	18,92	31,4	19,34	1,02	0,47	17,99	19,85
La	µg/kg	1721	13,44	0,00	65,60	15,09	9,1	10,82	0,72	0,26	14,58	15,60
Ce	µg/kg	1721	12,44	0,00	117,60	14,75	11,5	13,17	0,89	0,32	14,13	15,37
Ga	µg/kg	1710	9,37	0,00	116,30	12,67	21,6	13,06	1,03	0,32	12,05	13,29
Se	µg/kg	1625	6,28	0,00	79,93	10,11	30,2	12,61	1,25	0,31	9,50	10,72
Au	µg/kg	1683	4,82	0,00	68,48	10,05	39,3	12,45	1,24	0,30	9,45	10,64
Pd	µg/kg	1685	2,48	0,00	104,10	8,91	50,8	16,72	1,88	0,41	8,11	9,71
V	µg/kg	1721	3,04	0,00	259,00	6,00	15,2	13,97	2,33	0,34	5,34	6,66
Bi	µg/kg	1625	2,00	0,00	51,63	5,80	39,6	9,16	1,58	0,23	5,36	6,25
Ag	µg/kg	1713	3,61	0,00	127,40	5,71	16,6	7,47	1,31	0,18	5,35	6,06
Sb	µg/kg	1625	4,21	0,00	61,33	5,68	31,4	6,82	1,20	0,17	5,35	6,02
Cd	µg/kg	1721	2,58	0,00	21,98	2,96	15,6	2,47	0,84	0,06	2,84	3,07
Tl	µg/kg	1721	0,00	0,00	58,60	1,25	77,7	6,21	4,98	0,15	0,95	1,54
Sc	µg/kg	1707	0,89	0,00	38,24	1,20	21,9	1,86	1,54	0,04	1,12	1,29
Be	µg/kg	1713	0,47	0,00	15,02	0,71	17,5	0,82	1,16	0,02	0,67	0,74

rango de altitud, se observa en las Tablas 24, 25 y 26.

Así mismo, en el grano de café tostado, el orden del contenido promedio de los elementos químicos en el grano es: N, K, S, Mg, P, Ca, Rb, Fe, Na, Si, Sr, Ba, Mn, Al, Cu, B, Zn, Li, In, Ni, Sn, Ti,

Pt, Co, Cr, Te, Mo, Pb, As, Ge, La, Ce, Ga, Se, Au, Pd, V, Bi, Sb, Ag, Cd, Tl, Sc, Be. En el grano de café tostado los elementos con contenidos más variables (CV > 150%) fueron: Bi, Li, Pd, Sc, Ti, Tl, V y los menos variables (CV < 30%) Ca, K, Mg, N, P (Tabla 27).

Tabla 24. Distribución de los elementos por departamentos, según su mayor y menor promedio en el contenido de los elementos químicos en el grano de café verde.

Elementos con mayores promedios en cada departamento						
Antioquia	Caldas	Cesar	Quindío	Huila	Tolima	Santander
Ce, Co, In, Mn, S, V	K, La, Li, Na, Ni, Se, Zn	Ag, Ag, Mo, Rb	Ba, Ca, Ga, N, Sc, Sr, Ti	As, Cr, Ge, Ge, Mg, P, Pd, Pt, Sb, Te	B, Cad, Si	Al, Be, Bi, Cu, Pb, Sn, Tl
Elementos con menores promedios en cada departamento						
Antioquia	Caldas	Cesar	Quindío	Huila	Tolima	Santander
Be, Mo, Na, Rb	Ag, Al, Au, Bi, Cd, Cr, Cu, Pb, S, Si, Ti, V	B, Ga, In, La, Mn, P, Pt, Sb, Se, Te, Zn	Co, Ge	Ca, Ce, K, Li, Sn	N, Ni	As, Ba, Fe, Mg, Pd, Sc, Sr, Ti

Tabla 25. Distribución de los elementos por unidades de suelo, según su mayor y menor promedio en el contenido de los elementos químicos en el grano de café verde.

Elementos con mayores promedios en cada unidad de suelo						
Chinchiná	Salgar	Suroeste	Parnaso-200	Montenegro	Quindío	Malabar
Se	Ag, Co, Ni, S, Ti	Ce, Cr, Ga, Li, Mn, Pt, Sn, V	Te	B, Ca, La, Sr	K, Sc, Ti	Au, Fe, In, N, Na, Si
La Montaña	Perijá	Paujil	Líbano	San Simón	Siberia	La Espiga
Mo, Rb		Al, Bi, Pd	B, Cu		Be, Ge,	As, Cd, Pb
						Mg, P, Pd, Sb
Elementos con menores promedios en cada unidad de suelo						
Chinchiná	Salgar	Suroeste	Parnaso-200	Montenegro	Quindío	Malabar
Tl	La, Mg, P	Bi	Cd, Mo, Rb, Sr	Co	Ag, Pb	Be, Cr, Ga, Ge, Pd, Pt, Sc, V
La Montaña	Perijá	Paujil	Líbano	San Simón	Siberia	La Espiga
B, Fe, In, Mn, Ni Se, Te, Ti, Zn	N, Na, S, Sb	As	Au, Li		Ca, K	Al, Ba, Cu, Si
						Ce, Sn

Tabla 26. Distribución de los elementos por rangos de altitud, según su mayor y menor promedio en el contenido de los elementos químicos en el grano de café verde.

Elementos con mayores promedios en cada altitud		
Menor a 1.300 m	Entre 1.300 y 1.600 m	Mayor a 1.600 m
Ag, Al, Au, B, Ba, Ca, Cd, Cu, K, Li, Mo, N, Na, Rb, Sc, Si, Sn, Sr, Ti, Tl	Ga, Fe, La, V	As, Be, Bi, Ce, Co, Cr, Ge, In, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Pd, Pt, S, Sb, Se, Te, Zn

Por el contrario, los elementos químicos más abundantes en los suelos cafeteros son Al, Fe, K, S, Mg, Ca, que se relaciona con la abundancia de los elementos químicos en la corteza terrestre, seguidos de Na, Si, Mn, Ba, P, Rb, Pt, Ti, Sr, Zn, Li, Cu, Ce, B, La, In, Ga, Ni, Pb, Sn, V, Co, Cr, As, Sc, Te, Au, Ge, Se, Mo, Pd, Sb, Cd, Bi, Ag, Be, Tl.

Análisis de frecuencia de los elementos en los granos de café. Los granos de café verde y tostado siempre contienen los siguientes elementos químicos analizados N, K, S, Mg, P, Ca, Na, Rb, Fe, Mn, Si, Sr, Cu, Al, B, Ba, Zn, Li, In, Ni, Sn, Ti, Co, Pt, Cr. Por el contrario los elementos Tl, Mo, Pb, Ge, La, Te, Ce, Ga, Au, As, V, Ag, Se, Sb, Cd, Bi, Pd, Sc y Be, pueden estar ausentes en el grano de café verde.

Las mayores diferencias en los contenidos de elementos químicos en el grano de café se encontraron a nivel de finca, lo cual puede estar asociado a las prácticas culturales de fertilización y manejo fitosanitario del cafetal, así como al origen geológico de los suelos. Así, en el 42% de las fincas del estudio no se detectó presencia de uno o más de los siguientes elementos químicos en el grano de café As, Au, Be, Bi, Ge, Pd, Sb, Sc, Se, Te y Tl (Tabla 28). En consecuencia, el café producido en estas fincas puede diferenciarse por la carencia de estos elementos, en especial, porque la mayoría son elementos químicos pesados. Igualmente, el grano de café verde, suelo y aguas empleadas para el lavado del café, procedentes de la unidad de suelo Malabar en el Quindío, no presentó Pd, resultado que puede usarse como especificación de diferenciación para el café de esta procedencia.

Tabla 27. Estadística descriptiva de los contenidos de 44 elementos químicos en granos de café tostado de Colombia.

Elemento	Unidades	Observaciones	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Frecuencia relativa mínimo %	Desviación Típica (n-1)	Coefficiente de variación	Error estándar de la media	Límite inferior de la media -95%	Límite superior de la media +95%
N	%	618	2,12	1,52	2,64	2,10	0,2	0,14	0,07	0,01	2,09	2,12
K	%	1731	1,94	1,36	2,66	1,92	0,1	0,18	0,10	0,00	1,91	1,93
S	mg/kg	1711	3030,00	212,70	18681,00	3372,30	0,1	1745,84	0,52	42,21	3289,52	3455,08
Mg	mg/kg	1732	1661,00	587,20	4338,00	1650,94	0,1	367,46	0,22	8,83	1633,62	1668,26
P	mg/kg	1732	1460,00	893,10	4838,00	1497,42	0,1	300,41	0,20	7,22	1483,26	1511,57
Ca	mg/kg	1733	910,50	380,90	2434,00	917,16	0,1	230,92	0,25	5,55	906,28	928,04
Rb	mg/kg	1717	54,48	2,23	347,60	70,32	0,1	54,88	0,78	1,32	67,72	72,92
Fe	mg/kg	1742	27,26	0,00	208,70	36,02	8,1	29,79	0,83	0,71	34,62	37,42
Na	mg/kg	1720	28,19	0,00	269,10	35,00	8,4	25,97	0,74	0,63	33,77	36,23
Si	mg/kg	1748	12,35	0,00	293,40	24,17	9,6	29,15	1,21	0,70	22,81	25,54
Sr	mg/kg	1737	15,69	2,27	163,50	23,90	0,1	21,43	0,90	0,51	22,89	24,91
Ba	mg/kg	1741	10,15	0,05	266,90	19,30	0,1	24,06	1,25	0,58	18,16	20,43
Mn	mg/kg	1739	17,35	0,07	94,62	18,83	0,1	10,76	0,57	0,26	18,32	19,34
Al	mg/kg	1742	7,81	0,00	151,40	11,53	0,1	12,56	1,09	0,30	10,94	12,12
Cu	mg/kg	1749	9,54	0,00	53,97	10,80	6,6	5,92	0,55	0,14	10,53	11,08
B	mg/kg	1721	5,84	0,00	22,35	6,12	8,4	2,23	0,36	0,05	6,01	6,22
Zn	mg/kg	1741	3,61	0,00	45,00	3,82	7,4	2,33	0,61	0,06	3,71	3,93
Li	mg/kg	1720	0,44	0,00	16,94	1,25	8,5	2,04	1,63	0,05	1,15	1,35
In	mg/kg	1718	0,77	0,00	7,66	0,90	8,5	0,57	0,63	0,01	0,87	0,93
Ni	µg/kg	1721	192,00	1,69	2152,00	254,46	0,1	223,61	0,88	5,39	243,89	265,04
Sn	µg/kg	1709	155,30	0,00	3278,00	231,53	9,1	245,16	1,06	5,93	219,90	243,16
Ti	µg/kg	1710	126,20	0,00	4755,00	179,89	9,1	254,09	1,41	6,14	167,84	191,95

Continúa...

...continuación

Elemento	Unidades	Observaciones	Mediana	Mínimo	Máximo	Media	Frecuencia relativa mínimo %	Desviación Típica (n-1)	Coefficiente de variación	Error estándar de la media	Límite inferior de la media -95%	Límite superior de la media -95%
Pt	µg/kg	1707	106,40	0,00	685,90	126,79	16,3	97,19	0,77	2,35	122,17	131,40
Co	µg/kg	1721	73,45	2,33	748,30	107,52	0,1	103,49	0,96	2,49	102,63	112,42
Cr	µg/kg	1721	51,04	0,00	829,30	66,69	8,3	63,56	0,95	1,53	63,68	69,69
Te	µg/kg	1623	14,97	0,00	320,60	36,65	37,0	50,86	1,39	1,26	34,18	39,13
Mo	µg/kg	1721	20,89	0,00	178,30	27,16	10,0	24,29	0,89	0,59	26,01	28,31
Pb	µg/kg	1720	13,89	0,00	210,20	20,54	23,5	23,18	1,13	0,56	19,44	21,63
As	µg/kg	1625	13,61	0,00	99,27	20,19	30,0	21,34	1,06	0,53	19,16	21,23
Ge	µg/kg	1674	13,23	0,00	138,90	18,92	31,4	19,34	1,02	0,47	17,99	19,85
La	µg/kg	1721	13,44	0,00	65,60	15,09	9,1	10,82	0,72	0,26	14,58	15,60
Ce	µg/kg	1721	12,44	0,00	117,60	14,75	11,5	13,17	0,89	0,32	14,13	15,37
Ga	µg/kg	1710	9,37	0,00	116,30	12,67	21,6	13,06	1,03	0,32	12,05	13,29
Se	µg/kg	1625	6,28	0,00	79,93	10,11	30,2	12,61	1,25	0,31	9,50	10,72
Au	µg/kg	1683	4,82	0,00	68,48	10,05	39,3	12,45	1,24	0,30	9,45	10,64
Pd	µg/kg	1685	2,48	0,00	104,10	8,91	50,8	16,72	1,88	0,41	8,11	9,71
V	µg/kg	1721	3,04	0,00	259,00	6,00	15,2	13,97	2,33	0,34	5,34	6,66
Bi	µg/kg	1625	2,00	0,00	51,63	5,80	39,6	9,16	1,58	0,23	5,36	6,25
Ag	µg/kg	1713	3,61	0,00	127,40	5,71	16,6	7,47	1,31	0,18	5,35	6,06
Sb	µg/kg	1625	4,21	0,00	61,33	5,68	31,4	6,82	1,20	0,17	5,35	6,02
Cd	µg/kg	1721	2,58	0,00	21,98	2,96	15,6	2,47	0,84	0,06	2,84	3,07
Tl	µg/kg	1721	0,00	0,00	58,60	1,25	77,7	6,21	4,98	0,15	0,95	1,54
Sc	µg/kg	1707	0,89	0,00	38,24	1,20	21,9	1,86	1,54	0,04	1,12	1,29
Be	µg/kg	1713	0,47	0,00	15,02	0,71	17,5	0,82	1,16	0,02	0,67	0,74

Tabla 28. Porcentaje de fincas en cada departamento con ausencias en el grano de café verde de algunos elementos químicos.

Elemento químico ausente	Porcentaje de fincas en cada departamento						
	Antioquia	Caldas	Cesar	Quindío	Huila	Tolima	Santander
As	28,1	0,0	22,2	0,0	2,0	5,3	0,0
Au	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Be	6,3	0,0	0,0	0,0	14,0	10,5	0,0
Bi	9,4	8,3	22,2	13,6	6,0	0,0	0,0
Ge	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pd	25,0	25,0	11,1	22,7	16,0	26,3	0,0
Sb	18,8	8,3	22,2	9,1	2,0	0,0	0,0
Sc	0,0	8,3	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0
Se	6,3	0,0	11,1	0,0	16,0	26,3	0,0
Te	12,5	16,7	22,2	9,1	0,0	5,3	0,0
Tl	34,4	16,7	22,2	4,5	38,0	26,3	0,0

INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS



Huella de Carbono

Disciplinas: Fisiología y Sostenibilidad

Medición huella de carbono en la cadena de producción, transformación y comercialización del Café de Colombia. A partir del convenio suscrito entre la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC) y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), durante esta vigencia se culminó la elaboración de documentos normativos que son la base para la cuantificación y gestión de emisiones de huella de carbono a través del ciclo de vida de un producto (bien o servicio). Después del proceso de discusión pública, estos documentos fueron ajustados con base en los comentarios recibidos y aprobados por el Comité 225 de Cambio Climático de ICONTEC. A continuación,

se presentan para cada uno de los documentos su objeto y campo de aplicación:

Norma Técnica Colombiana - NTC. Especificación para el análisis de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida de bienes y servicios. Esta norma especifica requisitos para el análisis de las emisiones y remociones de gases efecto de invernadero (GEI) durante el ciclo de vida de bienes y servicios (denominados colectivamente “productos”), con base en técnicas y principios clave de análisis del ciclo de vida. Esta norma es aplicable a organizaciones que analizan las emisiones y remociones de GEI de productos durante su ciclo de vida, y a organizaciones que analizan las emisiones y remociones de GEI de productos “de la cuna a la puerta”.

Especificación normativa disponible – END. Gestión de la huella de carbono. Esta Especificación Normativa Disponible – END, especifica 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 de la huella

de carbono – GHC, 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 de la huella de carbono - GHC.

Durante el año 2012, el equipo de investigadores de Cenicafé, a partir de las herramientas normativas desarrolladas conjuntamente con ICONTEC, con el apoyo de las diferentes dependencias de la Institucionalidad Cafetera, realizó el piloto de la medición de la huella de carbono en la cadena de producción, transformación y comercialización del Café de Colombia, para lo cual se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Selección de los productos que harían parte del alcance del estudio
- Definición de los límites de la medición
- Caracterización los procesos al interior de cada dependencia
- Recopilación de la información de los datos de la actividad
- Estructuración de las bases de datos
- Cálculo de la huella de carbono para los productos seleccionados en el estudio

Finca: 1.000 predios de productores del programa Nespresso de la Unión Nariño, producto seleccionado café pergamino seco

Cooperativa de caficultores del norte de Nariño – La Unión: producto seleccionado café pergamino seco

Almacafé sucursal Pasto: producto seleccionado café excelso, coproductos

Torrefactora, planta torrefactora de Almacafé Bogotá, producto seleccionado café tostado

Centro de distribución logístico en Bogotá: producto seleccionado café tostado

Procafecol - Cuatro Tiendas Juan Valdez en Bogotá: producto seleccionado café filtrado y café tostado

Operadora portuaria cafetera e Inspección Cafetera - Almacafé en Buenaventura: producto seleccionado café excelso

Buencafé Liofilizado de Colombia en Chinchiná: producto seleccionado café Liofilizado

Se destaca en los resultados del piloto, que el café pergamino seco tiene un valor excedentario de CO₂ eq, que contribuye en la reducción de la huella de carbono del café en las etapas subsiguientes de la cadena de valor (Figura 69).



Figura 69. Representación del piloto de la cadena de valor del café de la FNC.

Caficultura de precisión

Disciplinas: Fitotecnia, Sostenibilidad y Suelos

Relación entre los contenidos relativos de clorofila y producción de café. Medir directamente en el campo el contenido de clorofila y relacionarlo con el estado nutricional del cultivo es una de las técnicas aplicables dentro del concepto de agricultura de precisión, y se convierte en una de las herramientas de mayor potencialidad de uso para las condiciones de los sistemas productivos de café en Colombia. En este informe se presentan resultados preliminares de la relación entre las lecturas relativas de clorofila en café con la producción, la importancia del uso de esta herramienta en el concepto de agricultura de precisión, dada la variabilidad espacial y temporal, y los estudios siguientes. Se ha observado variabilidad espacial en los contenidos relativos de clorofila en café (Figuras 70 y 71). Es así, como en un lote café Variedad Castillo® de 17 meses, a 1,5 m entre surcos x 1,0 entre plantas, en un área de 64,0 m², el promedio de las lecturas de clorofila en la planta, medida en tres tercios, oscila entre un mínimo de 40,6 y un máximo de 80,8 unidades (Figura 72); en este lote se observa que el 59% de las plantas, tienen lecturas de clorofila con un promedio inferior a 60,0 unidades, de acuerdo con Ramírez *et al.* (2012), valores de clorofila medidos con el SPAD-502 ubicados en el rango de 44,0-60,0, se consideran marginales para el cultivo, lo que significa que se presentan deficiencias de nitrógeno sin ser éstas aún visibles, estos resultados estarían indicando que el 59% de las plantas de este lote tendría que llevar valores de fertilización mayores que el 41% restante. Si

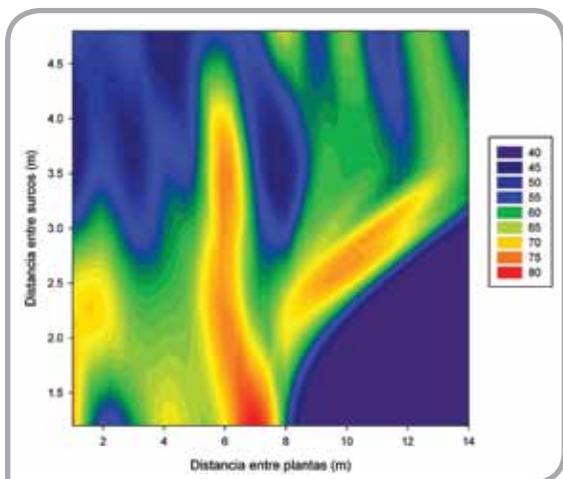


Figura 70. Variación espacial del contenido relativo de clorofila medido con el SPAD-502 en un área de 64,0 m² en un cultivo de café Variedad Castillo®, de 17 meses, a 1,5 m entre surcos x 1,0 m entre plantas. (Mínimo =40,6; Máximo = 80,8; Promedio = 58,7).

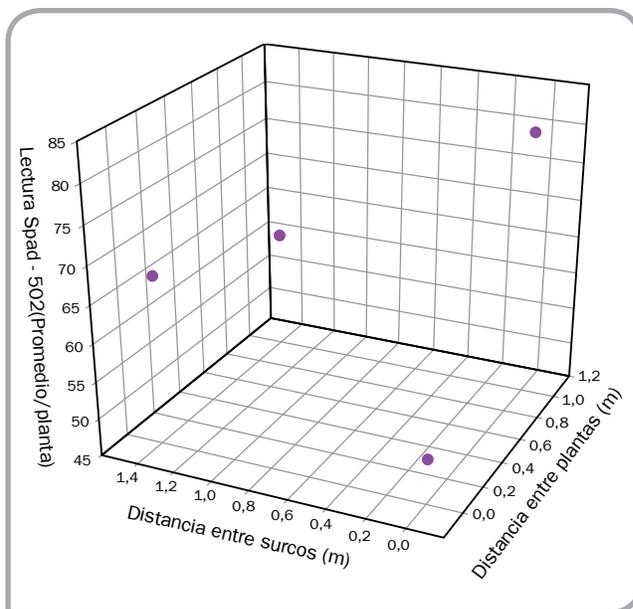
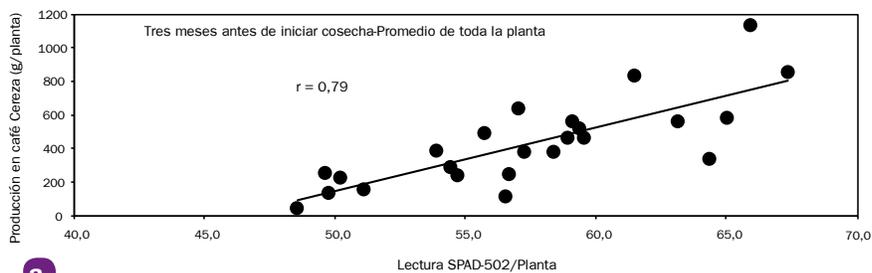
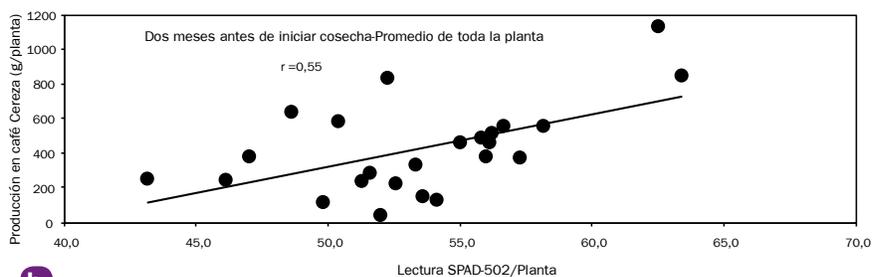


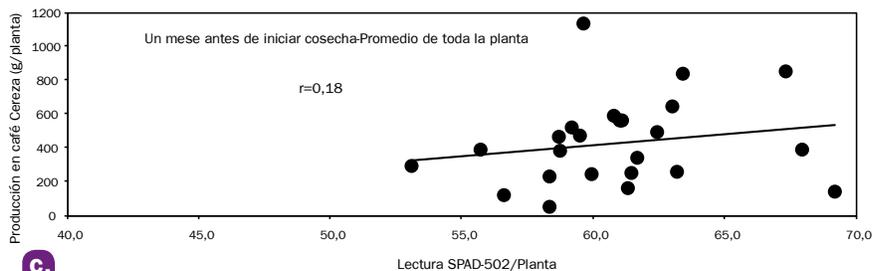
Figura 71. Variabilidad en las lecturas de clorofila relativa con el equipo SPAD-502, en café, en una distancia de 1,0 x 1,5 m (cada punto es la lectura promedio de clorofila de una planta medida en el tercio inferior-medio-superior, en el tercer par de hojas, en un lote de café de 3 años). (Mínimo =51,03; Máximo = 80,23)



a.



b.



c.

Figura 72. Relación de las concentraciones relativas de clorofila en tres puntos de la planta (tercio inferior-medio-superior) con la producción acumulada en café cereza. **a.** Tres meses antes de la cosecha; **b.** Dos meses antes de la cosecha; **c.** Un mes antes de la cosecha.

se mira a una escala menor, como la de la Figura 72, donde se tienen las lecturas promedio de clorofila con el SPAD-502, en cuatro plantas, se observa igualmente variabilidad espacial en una distancia aún menor, con valores observados que oscilan entre 51,03 unidades, y máximo de 80,23 unidades.

El valor promedio de las lecturas de SPAD-502 de la Figura 72 es de 58,67 unidades, de ese lote, sólo el 51% de las plantas están por encima del promedio, y el 49% restante por debajo del promedio, si se toma la decisión de fertilizar el lote con el promedio, habría un 49% de las plantas del lote que estarían recibiendo una sub-dosis, y si se asume que valores superiores a 70 son muy altos y no habría respuesta a la fertilización, el 10% de las plantas de este lote estarían recibiendo un fertilizante sobre dosificado.

Como conclusiones preliminares de este trabajo se observa variabilidad espacial en las concentraciones relativas de clorofila medidas con el sensor portátil de clorofila SPAD-502 en café, esta variabilidad puede estar asociada a la variabilidad espacial de la fertilidad del suelo, acentuada por la topografía de pendiente en donde se desarrolla el experimento, y a la variabilidad propia de la Variedad Castillo®, que es una variedad compuesta. Esta variabilidad espacial tan marcada, permite pensar que la fertilización específica por sitio, empleando el sensor portátil de clorofila, es una alternativa viable para la Caficultura Colombiana desde el punto de vista técnico. En plantas de primera cosecha, se observa una relación directa entre el contenido relativo de clorofila y la producción, tres meses antes de iniciar la cosecha, lo que estaría indicando que es necesario re-evaluar la época de fertilización de los cafetales en producción en Colombia, a partir de nuevas investigaciones en el campo.

Alertas tempranas. Adaptación de la caficultura al cambio climático

Disciplinas: Fitotecnia y Agroclimatología

Impacto del la Variabilidad Climática asociada al fenómeno de El Niño y La Niña (ENSO) sobre la productividad potencial en diferentes zonas cafeteras de Colombia.

Comportamiento del brillo solar en la zona cafetera durante eventos de El Niño y La Niña-ENSO, y su impacto potencial en el cultivo de café. El objetivo del presente trabajo fue continuar con la cuantificación del impacto que tienen los eventos de La Niña respecto a eventos de El Niño, sobre el brillo solar y su impacto potencial

en la productividad del cultivo de café en Colombia. Se encontró que la diferencia anual histórica de brillo solar en años La Niña respecto a años El Niño, en la zona cafetera, varía entre 71,6 h.año⁻¹ en la estación climática Aguas Blancas-Santander y 304,7 h.año⁻¹ en la estación climática Manuel Mejía-Cauca, con porcentajes de reducción anual entre 4,2% y 16,4%. Las estaciones climáticas ubicadas en el norte del país, como en Cesar (Pueblo Bello) y Santander (Aguas Blancas) han registrado históricamente la menor reducción en el brillo solar, entre tanto, las estaciones ubicadas en el sur y el centro del país son las que presentan históricamente los mayores porcentajes de reducción en el brillo solar, superiores al 10%, con valores de reducción que varían entre 200 y 300 h.año⁻¹, lo que equivale a estar entre 45 y 65 días sin brillo solar, asumiendo un valor promedio de brillo solar en la zona cafetera de 4,5 h.día⁻¹.

Diferencias mensuales de brillo solar durante La Niña con respecto a El Niño. A nivel mensual, las diferencias en el brillo solar en años La Niña respecto a El Niño, históricamente se presentan en los meses secos entre diciembre-febrero y julio-septiembre. Al analizar, en la zona cafetera colombiana, los meses de reducción del brillo solar en años La Niña respecto a los años El Niño, se detectan tres casos: Caso 1. Zonas donde la reducción en el brillo solar se presenta en trimestre julio-septiembre, como ocurre en Pueblo Bello-Cesar y Aguas Blancas-Santander; Caso 2. Zonas donde la reducción de brillo solar se presenta en los trimestres diciembre-enero y julio-septiembre, como ocurre en las estaciones climáticas El Rosario-Antioquia, Bertha-Boyacá, Santa Helena-Caldas, Naranjal-Caldas, El Jazmín-Risaralda, Chapetón-Huila, Paraguaicito-Quindío, Manuel Mallarino-Valle del Cauca, Tibacuy-Cundinamarca, Manuel Mejía-Cauca y Ospina Pérez-Nariño, y como caso especial, en la estación Francisco Romero-Norte de Santander, que aunque está ubicada en la zona norte, corresponde al caso 2. Y, el Caso 3. Zonas donde la reducción en el brillo solar se presenta en el trimestre diciembre-enero, como ocurre en la estación climática Jorge Villamil-Huila.

El promedio de la reducción en el brillo solar, a nivel mensual, en meses La Niña respecto a El Niño, alcanza valores superiores a 40 h.mes⁻¹, como lo observado en el mes de enero en la estación Manuel Mejía-Cauca, en donde la diferencia promedio es de 48 h.mes⁻¹, o en el mismo mes en Naranjal-Caldas y El Rosario-Antioquia, donde el promedio de la diferencia mensual es de 44 h.mes⁻¹.

Impactos potenciales de El Niño y La Niña sobre la caficultura. La reducción en la energía disponible en años La Niña se ve reflejada en una disminución en las tasas de crecimiento y acumulación de biomasa en todos los agro-ecosistemas. La acumulación

de biomasa es la primera condición para obtener producción en café, dado que la floración del cultivo se da en los nudos que se forman en las ramas, tanto primarias como secundarias, la reducción en la cantidad de nudos formados o variaciones en el número de ellos, significa necesariamente reducción en la cantidad de botones florales y, en últimas, en la cantidad de frutos producidos (producción). Por lo tanto, la valoración del impacto potencial sobre la caficultura se hace sobre el número de botones florales y sobre la producción de café acumulada.

Impactos potenciales de El Niño y La Niña sobre la floración. En Colombia se presentan dos períodos de floración a saber: un primer período comprendido entre noviembre-abril, que corresponde a la cosecha del segundo semestre del año julio-diciembre, y el segundo período comprendido entre mayo-octubre, que responde por la cosecha del primer semestre enero-junio. En el trimestre de floración mayo-octubre, que corresponde a la cosecha de primer semestre, la reducción en el número de botones florales varía entre 4,4% en la estación climática Jorge Villamil-Huila, y 20,6% en la estación Bertha-Boyacá, con un promedio de reducción para este período de 10,7%. En el trimestre de floración noviembre-abril, que corresponde a la cosecha del segundo semestre, la reducción en el número de botones florales oscila entre 3,6% en Pueblo Bello-Cesar, y 54,7% en Jorge Villamil-Huila, con un promedio de 23%.

La reducción potencial en el número de botones florales en café en años La Niña respecto a los años El Niño, tiene mayor o menor impacto dependiendo de la distribución de la floración en cada zona, por ejemplo, en zonas en donde la distribución de la cosecha es del 20% en el primer semestre y 80% en el segundo semestre, la reducción en la floración en el semestre noviembre-abril impacta más la producción, y por el contrario en las zonas donde la distribución de la cosecha es del 80% en el primer semestre y 20% segundo semestre, la reducción en la floración en el semestre mayo-octubre afecta más la producción, es así como un reducción del 38% en la floración en la estación Ospina Pérez-Nariño influye sobre un mayor porcentaje de la cosecha que la reducción del 30,6% en la estación de El Jazmín-Risaralda.

Impactos potenciales de El Niño y La Niña sobre la producción. Igual que lo sucedido en la floración, son las zonas del sur y centro del país las que presentan la mayor reducción en la producción potencial en años La Niña respecto a El Niño. Si se presentan tres años consecutivos de evento de La Niña la reducción potencial en el rendimiento varía entre 8% en la estación Aguas Blancas-Santander y un 24% en las estaciones Manuel

Mejía-Cauca y el Jazmín-Risaralda, respecto a tres años consecutivos de El Niño. Se observa que el evento de La Niña respecto a El Niño tiene un efecto diferencial sobre el brillo solar y, por ende, sobre el potencial productivo, con las siguientes tendencias:

Zonas como El Rosario-Antioquia, Bertha-Cundinamarca, Rafael Escobar-Caldas, donde el potencial productivo en años El Niño es muy alto (más del 90% del potencial) y en años La Niña se reduce a alto (entre el 80% y el 90% del potencial productivo).

Zonas como Manuel Mejía-Cauca, Venecia-Valle del Cauca, Tibacuy-Cundinamarca, donde el potencial productivo en años El Niño es muy Alto (más del 90% del potencial) y en años La Niña se reduce a Medio (entre el 60% y el 80% del potencial productivo).

Zonas como Ospina Pérez-Nariño, La Montaña-Tolima, Julio Fernández-Valle, Paraguaicito-Quindío, Chapetón-Tolima, Arturo Gómez-Valle, Naranjal-Caldas, Cenicafé-Caldas, Montelíbano-Cundinamarca, Jardín-Antioquia, donde el potencial productivo en años El Niño es Alto (entre el 80 y el 90% del potencial productivo) y en años La Niña se reduce a Medio (entre el 60% y el 80% del potencial productivo).

Zonas como El Sauce-Nariño, Manuel Mallarino-Valle del Cauca, Maracay-Quindío, Llanadas-Caldas, donde el potencial productivo en años El Niño es Alto (entre el 80 y el 90% del potencial productivo) y en años La Niña se reduce a Bajo (entre el 50 y el 60% del potencial productivo).

Zonas como Tibacuy-Cundinamarca, Mesitas de Santa Inés-Cundinamarca, Albán-Valle, La Trinidad-Tolima, El Jazmín-Risaralda, Santa Helena-Caldas, Blonay-Norte de Santander, Francisco Romero-Norte de Santander, La Bella-Quindío y El Sena-Quindío, donde el potencial productivo en años El Niño es Medio (entre el 60% y el 80% del potencial productivo) y en años La Niña se reduce a Bajo (entre el 50 y el 60% del potencial productivo) y muy Bajo (menos del 50% del potencial productivo).

Zonas como Jorge Villamil-Huila, Heraclio Uribe-Valle del Cauca, donde el potencial productivo en años El Niño es Bajo (entre el 50 y el 60% del potencial productivo) y en años La Niña se reduce a muy Bajo (menos del 50% del potencial productivo).

Zonas donde el potencial productivo es igual en años El Niño y La Niña, como por ejemplo, Pueblo Bello-Cesar, donde el potencial productivo es muy Alto, o en Luis Bustamante-Tolima, donde el potencial productivo es muy Bajo, o en Aguas Blancas-Santander en donde el potencial productivo es Bajo.

Es así como puede establecerse una categorización del nivel de riesgo asociado a la disminución en el potencial productivo en años La Niña respecto a años El Niño, de la siguiente manera: El riesgo es bajo cuando el potencial productivo no cambia en años La Niña respecto a El Niño, el riesgo es Alto cuando pasa de un nivel de productividad a otro, por ejemplo, de Muy alto a Alto o de Alto a Medio, y el riesgo es muy alto cuando pasa de un nivel de productividad a dos niveles más bajos, por ejemplo, de Muy Alto a Medio o de Alto a Bajo (Tabla 29).

En conclusión, las zonas cafeteras más susceptibles a una disminución de la producción de café por un menor brillo solar durante la ocurrencia de La Niña, son aquellas que tienen una distribución bimodal de la cosecha y que están ubicadas en el rango óptimo de altitud, mientras que en la zona cafetera localizada por debajo de los 1.250 m de altitud, la vulnerabilidad es muy baja y podría tender a cero, debido a que la disponibilidad de brillo solar es alta y la reducción del

brillo solar en años La Niña no alcanza a reducir el potencial productivo, por el contrario, podría aumentarlo por un aumento de la disponibilidad de agua y la baja temperatura del aire, que en su conjunto pueden limitar el crecimiento en las marginales bajas. En las zonas marginales altas, la vulnerabilidad del cultivo no tiende a cero, pero sí es menor que en la óptima, porque el potencial productivo es bajo por la altitud.

Disciplinas: Fitotecnia, Suelos y Agroclimatología

Evaluación de pérdidas de calcio, magnesio y potasio en suelos de la Zona Cafetera de Colombia por efectos del exceso hídrico. La variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño y La Niña genera cambios en la distribución de los elementos del clima sobre la Zona Cafetera Colombiana. Cambios en la distribución de los elementos del clima generan impactos sobre la caficultura, que deben ser evaluados en mayor nivel de detalle. Esta propuesta de investigación tiene como propósito evaluar pérdidas Ca, Mg y K, por exceso

Tabla 29. Niveles de riesgo de disminuir el potencial productivo en la zona cafetera en años La Niña respecto a El Niño. El riesgo se calcula a partir del efecto que tiene la reducción de brillo solar en años La Niña respecto a años El Niño sobre el potencial productivo.

Zona	Estación	Municipio	Departamento	Lat. N	Lon. W	Alt (m)	Brillo solar (h/año)		Riesgo
							La Niña	El Niño	
Centro Norte	Aguasblancas	San Vicente	Santander	06° 50'	73° 29'	964	1.380	1.455	Bajo
Centro Norte	Santágueda	Palestina	Caldas	05° 04'	75° 40'	1.026	1.930	2.085	Bajo
Centro Sur	El Limón	Chaparral Villarrica	Tolima	03° 40'	75° 35'	990	1.542	1.669	Bajo
Centro Sur	Luis Bustamante	Villarrica	Tolima	03° 55'	74° 34'	1.610	970	1.120	Bajo
Centro Sur	El Cedral	Pereira	Risaralda	04° 42'	75° 32'	2.120	825	1.028	Bajo
Norte	Pueblo Bello	Pueblo Bello	Cesar	10° 25'	73° 34'	1.347	2.312	2.431	Bajo
Centro Norte	Naranjal	Chinchiná	Caldas	04° 58'	75° 39'	1.381	1.627	1.889	Alto
Centro Norte	Cenicafé	Chinchiná	Caldas	05° 00'	75° 36'	1.310	1.607	1.841	Alto
Centro Norte	Monte Líbano	Yacopí	Cundinamarca	05° 27'	74° 20'	1.365	1.614	1.850	Alto
Centro Norte	Miguel Valencia	Jardín	Antioquia	05° 36'	75° 51'	1.621	1.677	1.892	Alto
Centro Norte	Santa Helena	Marquetalia	Caldas	05° 19'	75° 00'	1.395	1.447	1.670	Alto
Centro Norte	Granja Lúker	Palestina	Caldas	05° 04'	75° 41'	1.031	1.846	2.058	Alto

Continúa...

...continuación

Zona	Estación	Municipio	Departamento	Lat. N	Lon. W	Alt (m)	Brillo solar (h/año)		Riesgo
							La Niña	El Niño	
Centro Norte	Bertha	Moniquirá	Boyacá	05° 53'	73° 34'	1.677	1.772	1.972	Alto
Centro Norte	El Rosario	Venecia	Antioquia	05° 58'	75° 42'	1.635	1.887	2.151	Alto
Centro Sur	La Montaña	Dolores	Tolima	03° 33'	74° 54'	1.260	1.661	1.873	Alto
Centro Sur	Julio Fernández	Restrepo	Valle	03° 48'	76° 32'	1.381	1.664	1.794	Alto
Centro Sur	Paraguacito	Buenavista	Quindío	04° 24'	75° 44'	1.203	1.592	1.874	Alto
Centro Sur	Chapetón	Ibagué	Tolima	04° 28'	75° 16'	1.353	1.623	1.859	Alto
Centro Sur	Arturo Gómez	Alcalá	Valle	04° 40'	75° 47'	1.259	1.653	1.837	Alto
Centro Sur	Heraclio Uribe	Sevilla	Valle	04° 17'	75° 55'	1.540	1.225	1.495	Alto
Centro Sur	Granja Tibacuy	Tibacuy	Cundinamarca	04° 22'	74° 26'	1.538	1.468	1.655	Alto
Centro Sur	Mesitas de Santa Inés	Cahipay	Cundinamarca	04° 43'	74° 27'	1.340	1.325	1.605	Alto
Centro Sur	Albán	El Cairo	Valle	04° 47'	76° 11'	1.510	1.393	1.663	Alto
Centro Sur	La Trinidad	Líbano	Tolima	04° 54'	75° 02'	1.456	1.372	1.630	Alto
Centro Sur	El Jazmín	Sta Rosa de Cabal	Risaralda	04° 55'	75° 37'	1.635	1.329	1.597	Alto
Norte	Blonay	Chinácota	N. De Santander	07° 34'	72° 37'	1.250	1.367	1.623	Alto
Norte	Francisco Romero	Salazar	N. De Santander	07° 44'	72° 47'	903	1.444	1.685	Alto
Sur	Ospina Pérez	Consacá	Nariño	01° 15'	77° 29'	1.609	1.573	1.847	Alto
Sur	Jorge Villamil	Gigante	Huila	02° 20'	75° 31'	1.420	1.173	1.304	Alto
Centro Norte	Llanadas	Manzanares	Caldas	05° 12'	75° 08'	1.420	1.485	1.803	Muy Alto
Centro Norte	La Florida	Vergara	Cundinamarca	05° 05'	74° 18'	1.400	1.583	1.911	Muy Alto
Centro Sur	Manuel M. Mallarino	Trujillo	Valle	04° 13'	76° 19'	1.331	1.468	1.710	Muy Alto
Centro Sur	Maracay	Quimbaya	Quindio	04° 36'	75° 44'	1.402	1.460	1.723	Muy Alto
Centro Sur	Venecia	Caicedonia	Valle	04° 20'	75° 50'	1.168	1.591	1.914	Muy Alto
Centro Sur	La Bella	Calarcá	Quindío	04° 30'	75° 40'	1.449	1.281	1.540	Muy Alto
Centro Sur	El Sena	Armenia	Quindío	04° 34'	75° 39'	1.550	1.276	1.521	Muy Alto
Sur	El Sauce	La Unión	Nariño	01° 37'	77° 07'	1.609	1.478	1.772	Muy Alto
Sur	Manuel Mejía	El Tambo	Cauca	02° 24'	76° 44'	1.735	1.586	1.903	Muy Alto

hídrico, en diferentes unidades de suelo de la Zona Cafetera Colombiana, para tener criterios técnicos en la zonificación, por niveles de vulnerabilidad a la ocurrencia del fenómeno de La Niña en la Zona Cafetera de Colombia, y avanzar en la regionalización de las recomendaciones para la caficultura. Actualmente, se han muestreado y analizado en el laboratorio diez unidades de suelo de las zonas cafeteras de los departamentos de Caldas, Cauca, Tolima, Valle del Cauca, Nariño y Quindío.

De las unidades analizadas a la fecha se ha encontrado que existe una relación directa entre el exceso hídrico y las pérdidas de potasio, calcio y magnesio (Figura 73). Al comparar las tasas de pérdida de las tres bases, en miligramos percolados por cada metro cuadrado por milímetro de exceso hídrico ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{mm}$), en cada una de las unidades de suelos analizadas hasta la fecha, se observa que hay diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre las unidades de suelo (Tabla 30). Por ejemplo, la unidad de suelo Quindío presenta las mayores tasas de pérdida de potasio, calcio y magnesio por milímetro

de exceso hídrico respecto a las demás unidades analizadas, con tasas de pérdida de K, Ca y Mg de $3,3 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{mm}$, $5,26 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{mm}$ y $1,39 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{mm}$ de exceso, respectivamente.

Las mayores tasas de pérdida de potasio se registraron en la unidad Quindío, seguido de las unidades Timbío y Líbano, siendo éstas estadísticamente diferentes entre ellas y las demás; la unidad San simón presenta la menor tasa de pérdida de potasio. La unidad Doña Juana presenta las menores tasas de pérdida de calcio y magnesio, siendo estadísticamente iguales con las unidades Fresno, Timbío, Líbano y 200-Jamundí. Las mayores tasas de pérdida de calcio se presentaron en la unidad Llano Palmas, siendo estadísticamente diferente con todas las demás, seguida de las unidades Quindío y Chinchiná.

De los resultados obtenidos hasta la fecha puede concluirse que el exceso hídrico genera pérdidas de bases intercambiables en los suelos de la zona cafetera de Colombia, que las pérdidas de bases en el suelo son diferentes entre las unidades de suelo, indicando que existen unidades de suelos con mayor vulnerabilidad a la pérdida de bases después de una fertilización, que otras unidades, y que por lo tanto, éste puede ser un

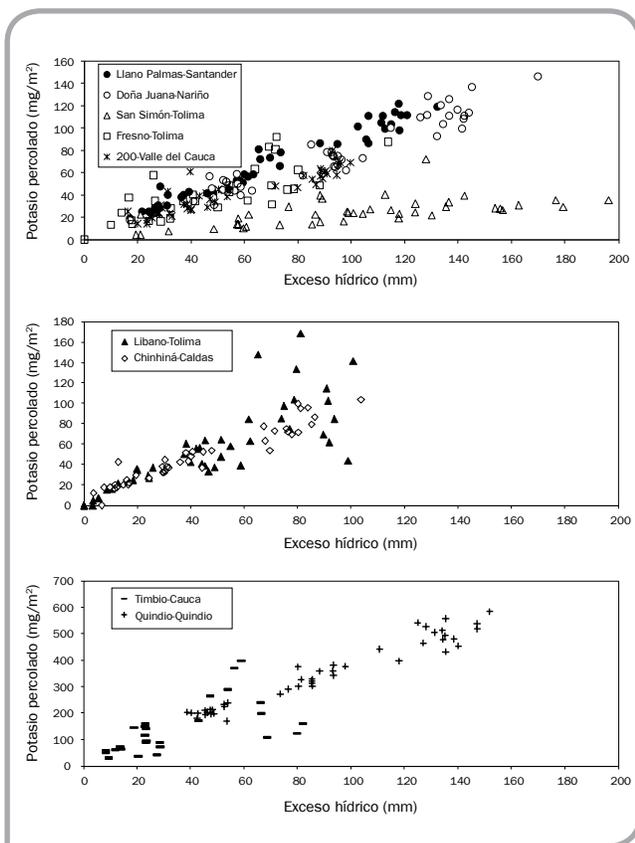


Figura 73. Relación entre el exceso hídrico y las pérdidas de potasio en diferentes unidades de suelos de la zona cafetera Colombiana.

Tabla 30. Tasas de percolación de potasio, calcio y magnesio en función del exceso hídrico, durante tres días de exceso hídrico, después de la aplicación de los fertilizantes.

Unidad	Potasio	Calcio	Magnesio
	$\text{mg}/\text{m}^2/\text{mm}$ de exceso hídrico		
San Simón	0,14 a*	3,01 bc	0,71 abcd
Palacé	0,40 ab	4,11 cd	0,98 bcd
Jamundí -200	0,58 bcd	1,87 ab	0,85 abcd
Fresno	0,77 cde	0,30 a	0,10 a
Doña Juana	0,81 cde	0,10 a	0,06 a
Llano Palmas	0,88 de	9,26 e	0,60 abcd
Chinchiná	0,91 de	4,91 cd	1,09 cd
Líbano	1,04 e	1,49 ab	0,24 ab
Timbío	2,67 f	0,77 a	0,93 abc
Quindío	3,33 g	5,26 d	1,39 d
DMS	0,34137	2,16038	0,83564

*Letras diferentes denotan diferencias estadísticas según la prueba de DMS de Fisher ($p < 0,05$).

criterio para regionalizar la zona cafetera por niveles de vulnerabilidad al exceso hídrico, y que integrado con otros factores de vulnerabilidad, puede hacer parte de una matriz de riesgo agroclimático para la Zona Cafetera Colombiana.

Disciplinas: Fitotecnia, Sostenibilidad y Suelos

Desarrollo de un aplicativo en ambiente Web para consultar el riesgo agroclimático en la producción de café. Una primera aproximación. El riesgo es el producto de la Amenaza por la Vulnerabilidad, en este caso la amenaza es climática, y de ella una de las fuentes de variabilidad climática que más influyen en la productividad del cultivo del café es la asociada a los eventos de El Niño-La Niña (ENSO), la cual como amenaza tiene un comportamiento variable a lo largo de la geografía nacional, es así como la zona cafetera central, es una de las zonas de mayor amenaza a la ocurrencia de estos eventos. La vulnerabilidad, definida en este estudio, está asociada al hecho de que el cultivo de café reduzca su productividad por exceso hídrico (reducción en el número de botones florales) en condiciones de La Niña, y a que se afecte el llenado de los frutos por déficit hídrico en condiciones de El Niño. Es así como en el marco del proyecto de agricultura de precisión piloto, para el departamento del Quindío, se ha avanzado en el desarrollo de una herramienta en ambiente web, que le permitirá a los usuarios, tanto Extensionistas como Caficultores conocer cómo ha sido el nivel de riesgo de afectación de la producción en condiciones de El Niño y La Niña.

Se desarrolló un sistema de información web, bajo lenguaje de programación en java y orientado a objetos, la estructura de base de datos se encuentra desarrollada en el motor de base de datos relacionales Oracle. Este aplicativo permite a cada usuario el cálculo del índice de humedad del suelo- IHS, el cálculo de los exceso y déficit hídricos, al igual que genera alertas de riesgo por exceso y déficit hídrico, a nivel semestral, informando el número de días con niveles críticos de déficit y exceso hídrico, para el cultivo de café. Este aplicativo está articulado a la base de datos de SICA y de la red meteorológica de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, para su cálculo articula la información de las propiedades hidrofísicas del suelo, la edad del cultivo y la densidad de siembra y la información meteorológica de la zona de influencia de cada código SICA.

A través del sistema de información web, los usuarios pueden obtener el análisis del riesgo potencial al déficit y al exceso hídrico a nivel de vereda, finca, lote o cultivo (Figura 74). En este sistema, el usuario encontrará

información general del lote de interés y la opción de hacer el cálculo del balance hídrico y el análisis de riesgo por déficit y exceso hídrico (Figura 74 a), el sistema le despliega los resultados del índice de humedad del suelo- IHS para el período seleccionado (Figura 74 b), realiza el análisis de riesgo por déficit y por exceso hídrico por semestre (Figura 74 c y d) al igual que el número de días en los cuales el IHS estuvo por encima o por debajo de los valores críticos para el cultivo.

En el caso del riesgo al exceso hídrico (Figura 75), el reporte indica si el período consultado fue crítico el exceso para la floración, y en caso de riesgo al déficit hídrico (Figura 76), el reporte del aplicativo indica si en el período consultado hubo daño sobre la cosecha.

A partir del aplicativo, puede especializarse el riesgo y estimar el área potencialmente afectada por el déficit y el exceso hídrico en diferentes años de ocurrencia de El Niño y La Niña (ENSO), por ejemplo, al analizar los años 2008 (La Niña), 2009 (primer semestre La Niña, segundo semestre El Niño) y 2010 (primer semestre El Niño), se observa que las áreas con riesgo potencialmente alto de afectar el rendimiento por el exceso hídrico en los eventos de La Niña, de los años 2008, 2009 y 2010, es variable, es así como durante el primer semestre de 2008 el área potencialmente afectada es del 52%, y el ONI promedio para ese período es de $-1,2^{\circ}\text{C}$, y el área con riesgo potencialmente alto para el primer semestre de 2009 y segundo semestre de 2010, disminuye al 40% de área, explicable porque el nivel de amenaza disminuye con ONI promedio de $-0,5^{\circ}\text{C}$ y $-1,1^{\circ}\text{C}$ respectivamente, y en el segundo semestre del año 2011 se redujo el área potencialmente afectada a 34,2% con un ONI promedio de $-0,4^{\circ}\text{C}$ (Figura 75). Tendencia similar se observa al analizar el comportamiento de las áreas potencialmente afectadas por El Niño, en donde para el segundo semestre del año 2009 el área con riesgo potencial era 64% con un ONI promedio de $+0,7^{\circ}\text{C}$, y subió al 85% en el primer semestre de 2010, con un ONI de $+1,7^{\circ}\text{C}$ (Figura 76).

Este análisis, corrobora la tendencia mostrada en el año 2011, en el sentido de que en el departamento del Quindío tienen mayor nivel de riesgo a los eventos de El Niño que La Niña.

Como conclusiones preliminares se destaca que es posible cuantificar el riesgo producto de la variabilidad climática en el cultivo de café en Colombia, puede hacerse una espacialización del mismo y cuantificar un área potencialmente afectada. En caso del piloto del departamento del Quindío, se observa que la mayor área bajo riesgo es por déficit hídrico en eventos de El Niño, que en eventos de La Niña. Se observa que el área potencialmente en riesgo tanto

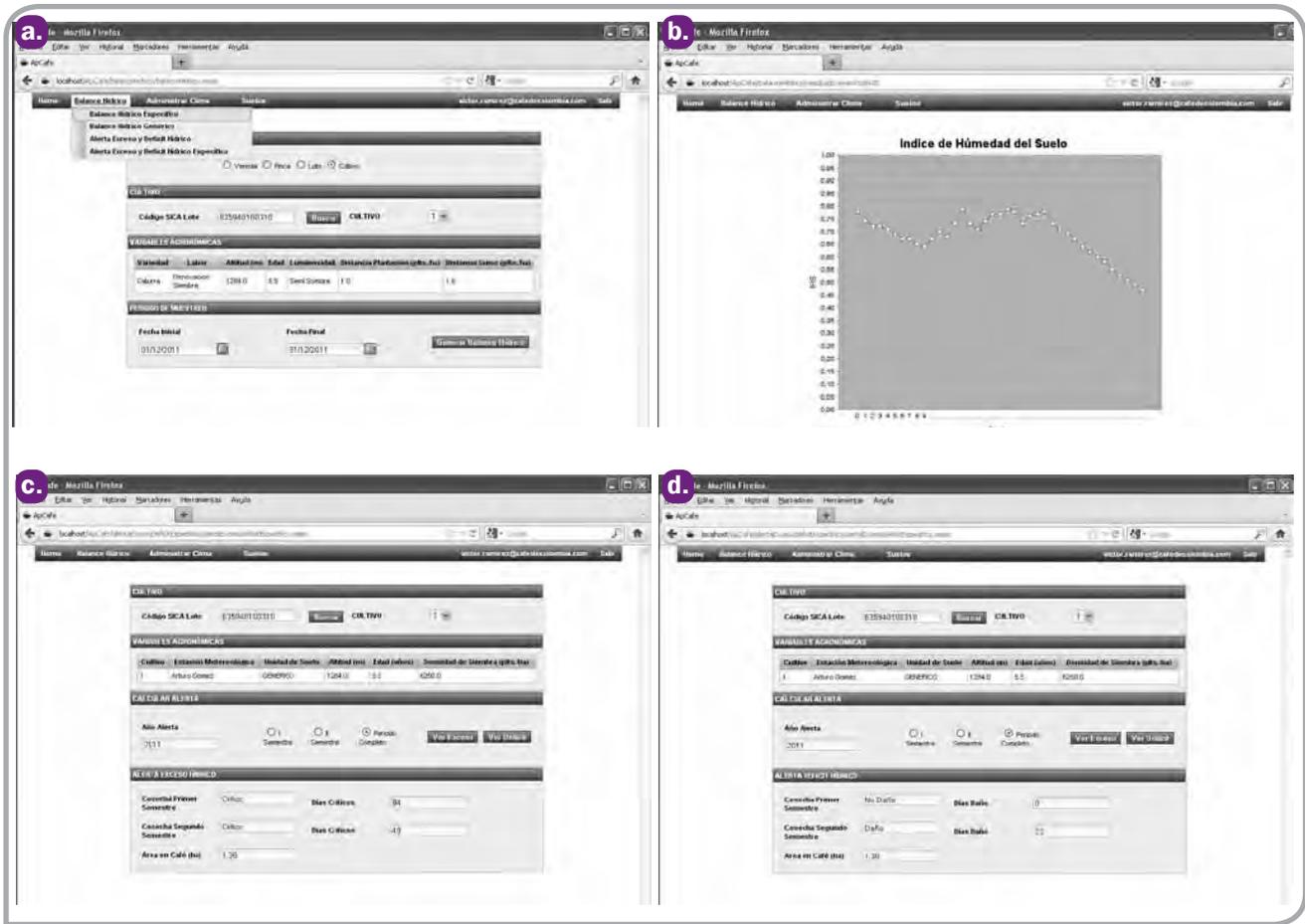


Figura 74. Resultados que entrega el aplicativo en ambiente web. **a.** Despliega las opciones de balance hídrico y de análisis de riesgo al igual que las opciones de finca, cultivo o lote; **b.** Muestra el comportamiento del IHS para el período seleccionado; **c.** y **d.** Despliega la estación meteorológica y la unidad de suelo relacionada a su área de influencia, si hay riesgo por déficit y exceso y el número de días con valores de IHS considerados críticos para el cultivo.

a condiciones de El Niño y La Niña, se relaciona con la magnitud del evento, en la medida que se tienen eventos El Niño más fuertes (valores promedio de ONI más positivos) y eventos La Niña más fuertes (valores promedio de ONI mas negativos), el área potencial en riesgo en el departamento del Quindío es mayor.

Disciplinas: Mejoramiento Genético y Fisiología

Uso Eficiente de Nitrógeno. Se adelantan estudios del uso eficiente del nitrógeno con el fin de evaluar esta característica en diferentes accesiones de la Colección Colombiana de Café, y sentar las bases de los mecanismos genéticos que la regulan. Esta investigación permitirá a futuro plantear estrategias para la selección y mejoramiento de variedades de café, con igual o mayor producción y menos demandantes en fertilizantes.

Se iniciaron estudios sobre el metabolismo del nitrógeno en la planta de café, con el propósito de identificar estrategias de mejoramiento genético que permitan la identificación de genotipos más eficientes en el uso de los fertilizantes nitrogenados. En los experimentos MEG2301 y GEN3107, logró establecerse, mediante técnicas de moleculares, que en el café existen genes pertenecientes a la familia del factor de transcripción Dof, el cual estaría involucrado en el metabolismo del carbono y el nitrógeno en la planta. En el experimento PCC0106 se observó que plántulas cultivadas en sistema hidropónico (Figura 77) a las cuales se les aplicó independientemente, dos compuestos orgánicos involucrados en la regulación de este metabolismo, produjo efectos antagónicos en cuanto al contenido de clorofila de las hojas. En futuros experimentos se evaluará si este efecto se correlaciona con una mejor o menor asimilación del nitrógeno en la plántula.

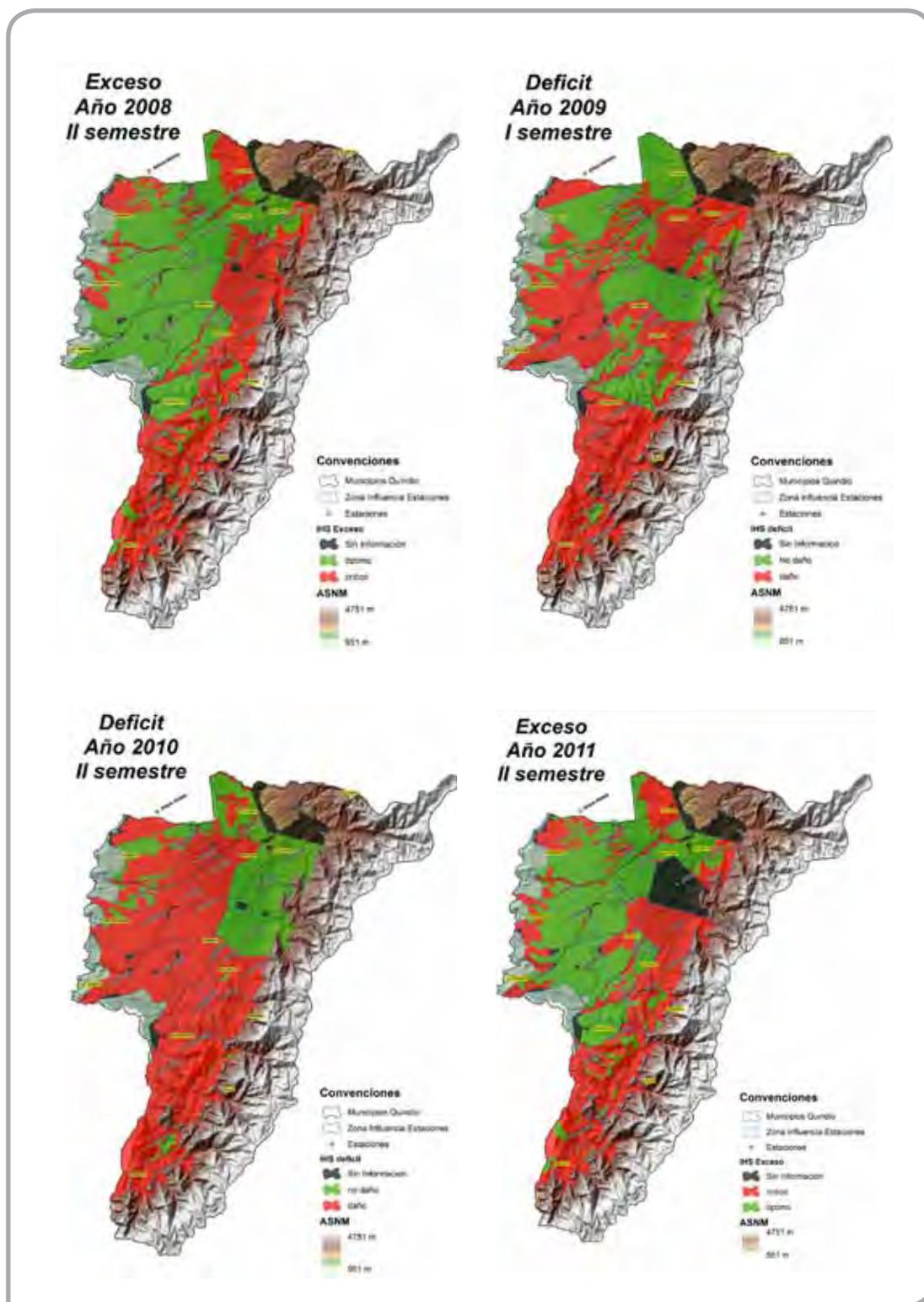


Figura 75. Áreas con riesgo potencialmente alto de verse afectado el rendimiento en el cultivo del café, por el exceso hídrico, durante los eventos de La Niña de 2008 a 2010. Las áreas en negro, son áreas que no tienen información meteorológica.

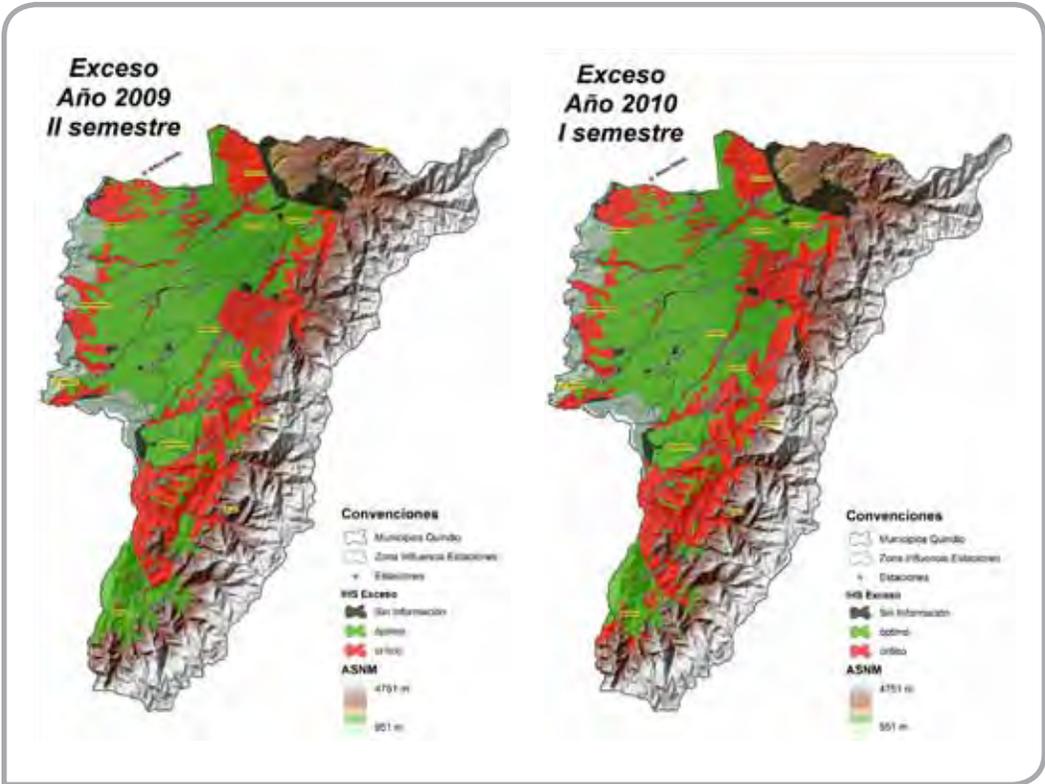


Figura 76. Áreas con riesgo potencialmente alto de verse afectado el rendimiento en el cultivo del café por el déficit hídrico durante los eventos de El Niño de 2009 a 2010.



Figura 77. Sistema de bandeja flotante para cultivos hidropónicos de *C. arabica*. Se sembraron chapolas de dos meses de germinación de la Línea Cx-2178 de la Variedad Castillo®.

EXPERIMENTACIÓN



Las alternativas que se proponen para la Sostenibilidad de la Caficultura Colombiana se enmarcan en su contexto como la sumatoria de las buenas prácticas agrícolas, el uso de tecnologías exitosas y el análisis e interpretación de la información que permiten preparar a los caficultores para responder de forma inteligente ante las dificultades que puede presentar el cultivo expuesto a las condiciones ambientales y la variabilidad climática. El uso de variedades resistentes, los diferentes sistemas de producción, el manejo fitosanitario del cultivo, la conservación del recurso suelo y su biología, son algunas de las alternativas que se implementan en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, como modelo de Sostenibilidad para el Caficultor Colombiano.

Para asegurar la implementación de estas alternativas es importante mencionar que existe una capacidad productiva representada en 228 hectáreas cultivadas en su mayoría en café y sus principales objetivos

de investigación, con la finalidad de generar nuevas tecnologías. La producción y distribución de semilla de variedades mejoradas, igualmente hace parte del compromiso Institucional y es uno de los principales insumos para contribuir a la propuesta Gremial de recuperar, estabilizar y aumentar la producción de café en nuestro país. Así mismo, estamos comprometidos con la preservación, la protección y el cuidado del medio ambiente, mediante el desarrollo de investigaciones y la conservación de 192 hectáreas en bosques, guadua y áreas de protección de microcuencas.

En lo que corresponde al proceso misional de Cenicafé y con el componente de calidad, se colabora con el acompañamiento y la ejecución de 85 experimentos, con un total de 161 réplicas. En fincas de caficultores se apoyan 12 experimentos, con igual número de repeticiones. Entre ellos, se desarrollan tres actividades encaminadas al registro de información en las Estaciones meteorológicas, producción y distribución de semilla y mantenimiento de la Colección Colombiana de Café (CCC). También se tienen convenios de investigación en el cultivo de maíz con el Cimmyt y Fenalce.

Cenicafé juega un rol importante en la estrategia de producir y distribuir la semilla de Variedad Castillo® y sus compuestos regionales, para la renovación del parque productivo, durante el quinquenio 2011 - 2015. Es así como esta actividad se lleva cabo en 75 hectáreas de las Estaciones Experimentales y en 45 fincas de caficultores avalados por Cenicafé. A septiembre del año 2012 del parque productivo de Cenicafé se han distribuido 41.327 kg de semilla de las variedades resistentes a la roya del café, para los diferentes Comités de Cafeteros, y se proyecta al finalizar el año civil 2012, entregar 75.000 kg. El 88,4% de esta semilla corresponde a la Variedad Castillo® General y el 11,6% a sus compuestos regionales y a la variedad Tabi. Los Comités de Cafeteros que han demandado más semilla son Huila, Caldas y Valle.

Durante el período octubre de 2011 – septiembre de 2012 en cuanto a las actividades de divulgación participaron 8.257 personas, de las cuales el 55% fueron caficultores, el 20% estudiantes, el 2% docentes, el 8% técnicos y el 15% Extensionistas.

En total, se desarrollaron 568 actividades, entre ellas se destacan 219 giras y 125 visitas personalizadas. Además, de la realización de 27 días de campo.

En el marco de la implementación del SGI los compromisos adquiridos en la gestión de la calidad del proceso desarrollar investigación científica han permitido que se dé un gran paso en la estandarización documental, en el uso de las herramientas de medición con previa gestión metrológica y la capacitación del personal dedicado al registro de información. Se ha logrado dar alcance a una mejor comunicación entre los investigadores responsables de las investigaciones y el seguimiento a las actividades programadas. Adicionalmente, en el componente ambiental, los esfuerzos estuvieron dirigidos a las Estaciones Experimentales La Catalina y Paraguaicito, mediante la adecuación de las plantas de tratamiento de lixiviados y la gestión ambiental, con miras a aplicar en un futuro a la certificación en este componente y mejorar el desempeño en el uso de los recursos naturales, la preservación, protección y el cuidado del medio ambiente.

Apoyo a la Investigación



AGROCLIMATOLOGÍA



Cenicafé, funcionaron un total de 217 estaciones, así: 52 Climatológicas principales, 10 heliopluiográficas, 8 pluviográficas y 147 pluviométricas.

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.
- 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 y amenaza climática en las regiones cafeteras con énfasis en los eventos de El Niño y La Niña.
- Elaborar las alertas climáticas para la planificación de actividades de la caficultura.

Funcionamiento de la red climática

Durante el período 2011-2012, en la red Climática de la Federación Nacional de Cafeteros operada por

La lluvia como factor de amenaza para la cosecha de café del segundo semestre del año en Colombia.

Las cosechas están asociadas a la forma en la cual se distribuyen los elementos del clima a través del año, y más específicamente, se relacionan con el comportamiento de las lluvias.

Un análisis de los datos históricos de lluvia mensual de 76 estaciones pluviométricas muestra que en la zona cafetera se presentan cinco patrones básicos de distribución intra-anual de las lluvias.

Con base en el modelo espacio temporal de distribución de la cosecha de café de Colombia, se plantea que las zonas que representan una mayor amenaza para la producción de café en el segundo semestre del año, son aquellas en las cuales durante los primeros meses del año (enero-febrero) no se presentan las condiciones ideales para la antesis floral del café o aquellas zonas

en las que habiendo condiciones para la apertura floral, hay condiciones de limitación hídrica para el fruto en formación.

Se identificaron como factores de amenaza que pueden determinar un aumento del riesgo de reducir las cosechas de café del segundo semestre del año, la alta cantidad de lluvias en los primeros meses del año, capaces de reducir la apertura floral, y la deficiencia de lluvia durante el llenado del fruto, que puede causar daños como los granos flotantes o pasillas, el grano negro y los granos pequeños. Con base en el análisis anterior podría plantearse que bajo la condición de El Niño, la probabilidad de que se presente una alta cantidad de lluvia, capaz de restringir la apertura floral en los primeros meses del año, es poco probable en cualquier zona del país.

El Niño como factor de amenaza para la cosecha de café del segundo semestre del año en Colombia.

El Niño tiene efecto diferencial sobre la lluvia mensual de las estaciones meteorológicas de la Zona Cafetera Colombiana. En la mayoría de los casos, se presentan reducciones generalizadas de las lluvias como consecuencia de este evento. Durante El Niño, la probabilidad de que se presente

una alta cantidad de lluvia, capaz de restringir la apertura floral en los primeros meses del año es poco probable en cualquier zona del país. La ocurrencia de El Niño representa una amenaza para el llenado del fruto, debido a que en la disminución de la lluvia en las épocas críticas se incrementa la probabilidad de ocurrencia de granos flotantes, granos negros o granos pequeños.

Condiciones climáticas de la zona cafetera 2011-2012.

La climatología de la región Andina de Colombia está determinada principalmente por la Zona de Convergencia Intertropical, que condiciona la ocurrencia de los períodos secos y húmedos en la zona cafetera, y también por las condiciones de enfriamiento y calentamiento del océano Pacífico (El Niño-La Niña). En el año 2012, entre enero y mayo, se presentaron condiciones de La Niña, y a partir de junio y hasta septiembre se han presentado condiciones Neutras.

En la zona cafetera de los departamentos de Quindío, Valle del Cauca, Cauca, Nariño, Tolima y Huila, se presentaron deficiencias hídricas para el cultivo del café, entre mayo y septiembre de 2012. En la Tabla 31, se presenta la magnitud y la duración de las deficiencias hídricas.

Tabla 31. Duración y magnitud de la deficiencia de agua para el cultivo del café, ocurridas durante el año 2012, en diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia.

Estación	Departamento	Período seco	Número de décadas secas	Deficiencia* (mm)
Pueblo Bello	Cesar	Dic2011. a Marzo2012	9	245
San Antonio	Santander	no se presentó	0	0
El Rosario	Antioquia	no se presentó	0	0
Naranjal	Caldas	Septiembre	2	34
La Catalina	Risaralda	Julio-Septiembre	5	78
La Sirena	Valle	Agosto -Septiembre	3	50
La Trinidad	Tolima	Junio	2	24
Paraguaicito	Quindío	Mayo - Septiembre	11	218
Manuel Mejía	Cauca	Mayo - Septiembre	11	293
Ospina Pérez	Nariño	Mayo - Septiembre	13	360
Jorge Villamil	Huila	Mayo - Septiembre	13	197

* Deficiencias de agua acumuladas, superiores a 150 mm, se consideran críticas para el cultivo del café, dependiendo del estado de desarrollo del cultivo y del fruto.

Zona Cafetera Norte. En general, se observa que en la zona cafetera norte (Pueblo Bello- Pueblo Bello-Cesar) se presentó un período seco, que inició en la tercera década de diciembre de 2011 y continuó hasta la segunda década de marzo de 2012; este período seco se considera normal y se ha registrado agua suficiente para el desarrollo apropiado del fruto.

Zona Cafetera Central Norte. En las estaciones de San Antonio-Santander y El Rosario - Antioquia, no se presentaron deficiencias de agua acumuladas, por lo cual no se consideran críticas para el cultivo del café.

Zona Cafetera Central Sur. Para las estaciones de Naranjal-Caldas, La Catalina-Risaralda y La Sirena-Valle, las deficiencias de agua acumuladas son inferiores a 78 mm, las cuales no se consideran críticas para el cultivo del café.

En Paraguaicito y Buenavista-Quindío, la deficiencia de agua inició en mayo y continuó hasta septiembre; en esta zona se presentaron 11 décadas de deficiencia de agua (110 días), con un valor superior a 200 mm. Estas deficiencias hídricas pueden afectar las siembras efectuadas a partir de abril y el desarrollo de los frutos para la cosecha del segundo semestre, incrementando el defecto de granos vanos y afectándose el llenado de los frutos (grano averanado), especialmente en aquellas zonas con

mayor susceptibilidad al déficit hídrico (baja altitud y suelos con poca capacidad de retención de agua).

Zona Cafetera Sur. En las estaciones Manuel Mejía en El Tambo - Cauca, Ospina Pérez en Consacá - Nariño, y Jorge Villamil en Gigante - Huila, hasta el momento se han presentado entre 10 y 12 décadas de deficiencia de agua (100 a 130 días), con valores superiores a 197 mm. Se observa que la situación más crítica se ha presentado en las estaciones de Cauca y Nariño, con deficiencias de 293 y 360 mm, respectivamente. Teniendo en cuenta que deficiencias de agua acumuladas, superiores a 150 mm, se consideran críticas para el cultivo del café, el déficit hídrico que se viene presentando a mediados de este año, principalmente en la zona sur del país, puede afectar las siembras realizadas a partir de abril.

En el caso de Huila, también puede afectarse el desarrollo de los frutos para la cosecha del segundo semestre, incrementando el número de granos vanos y afectándose el llenado de los frutos (grano averanado), especialmente en aquellas zonas con mayor susceptibilidad al déficit hídrico (baja altitud y suelos con poca capacidad de retención de agua).

Es de anotar que debido a las condiciones de clima asociadas a un período seco, como son el aumento de la temperatura del aire y el brillo solar, pueden incrementarse las poblaciones de plagas como son la broca, el minador de la hoja y la arañita roja.

BIOMETRÍA



Con el objetivo de validar el modelo para describir el comportamiento de la infestación por broca del café, se tomó la información observada en las investigaciones BIO0608 y GEN3411, años 2010 y 2012, respectivamente, obteniendo los siguientes resultados:

Con la información de infestación del año 2010, hay una probabilidad del 81,5%, de tener errores absolutos relativos menores del 30%, entre datos observados y simulados de infestación, corroborando la hipótesis de investigación; mientras que con la información de infestación del año 2011, dicha probabilidad es del 71%, y con la información general (uniendo la información de los dos años), la probabilidad es del 74,3%, resultados que no corroboran la hipótesis de investigación.

La relación lineal entre los valores observados y simulados del año 2010, tiene un coeficiente de regresión diferente de cero (0,87) y menor que

1 estadísticamente, según prueba t al 5%, y un coeficiente de determinación del 93%. Para el año 2011 (Figuras 78 a la 93), se tiene un coeficiente de regresión diferente de cero (1,01) e igual a 1 estadísticamente, según prueba t al 5%, y un coeficiente de determinación del 96,5%. En general (años 2010 y 2011), se tuvo un coeficiente de regresión (0,93) diferente de cero y menor que 1 estadísticamente, según prueba t al 5%, y un coeficiente de determinación del 94,6%.

Estos resultados indican que unas veces el modelo ni sobrestima ni subestima los valores observados, como el caso del 2011, y en otros sobrestima el valor observado. De manera general, la validación del modelo con la estructura que se tiene indica que el modelo hace una descripción del comportamiento de la infestación por broca, con una probabilidad mínima del 71%, para errores relativos menores del 30%, y no siempre sobrestima la infestación observada.

Como proyección se tiene revisar toda la estructura del modelo y hacer los ajustes requeridos, para simular el comportamiento de la infestación por broca, sin sobrestimar ni subestimar el valor observado, a partir

de cualquier momento de la etapa productiva del cultivo hasta la recolección de la cosecha principal, asegurando errores relativos máximos del 30%, con una probabilidad mínima del 80%.

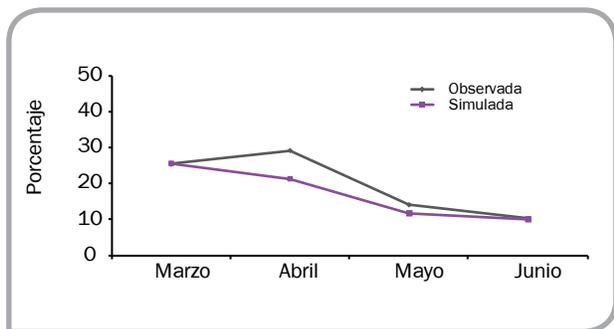


Figura 78. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Central Naranjal, Lote Castillo 3, densidad 10.000 plantas/ha.

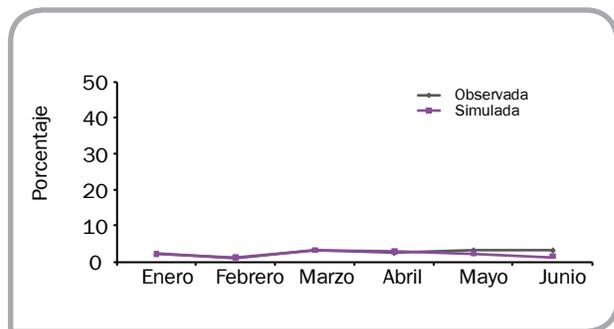


Figura 81. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Central Naranjal, Lote Tambo 2007, densidad 4.444 plantas/ha

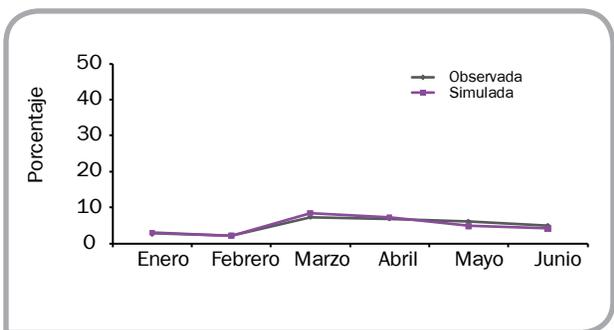


Figura 79. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Central Naranjal, Lote Paraguaicito 2007, densidad 4.444 plantas/ha.

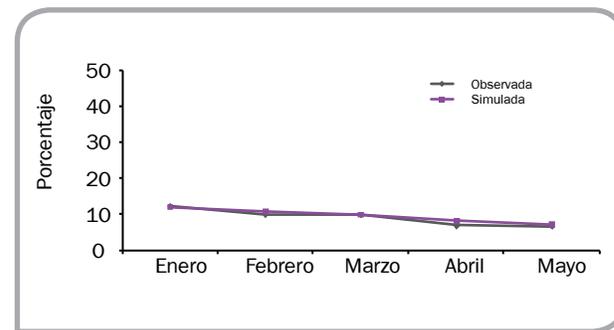


Figura 82. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental Paraguaicito, Lote La Bella, Lote 2, densidad 10.000 plantas/ha

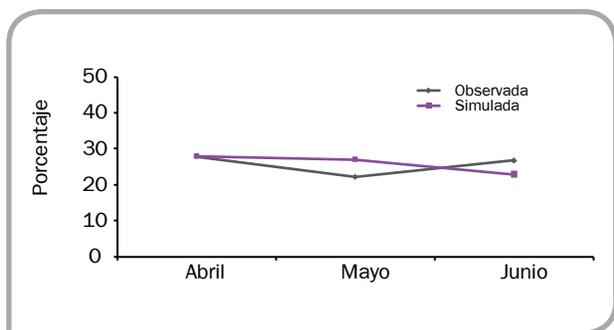


Figura 80. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Central Naranjal, Lote Parcela 2 - 3, densidad 5.000 plantas/ha.

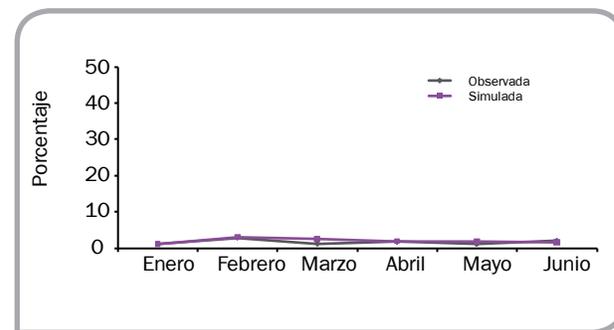


Figura 83. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental Paraguaicito, La Bella, Lote 3A, densidad 10.000 plantas/ha.

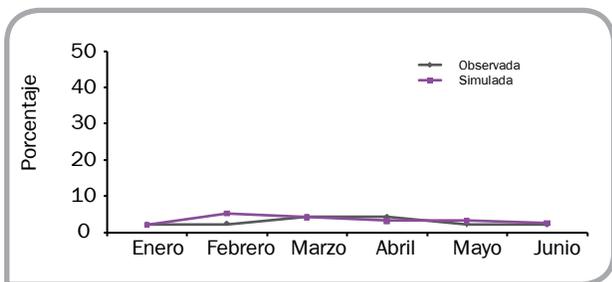


Figura 84. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental Paraguaicito, La Bella, Lote 3B, densidad 10.000 plantas/ha.

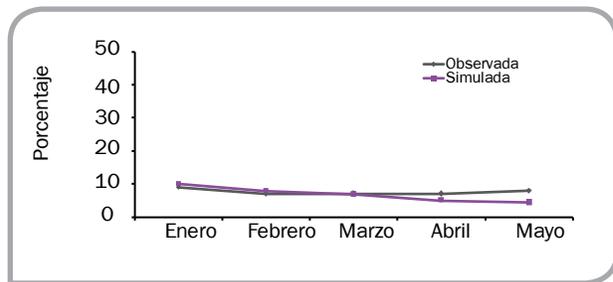


Figura 88. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental La Catalina, Lote Espejo, densidad 5.000 plantas/ha.

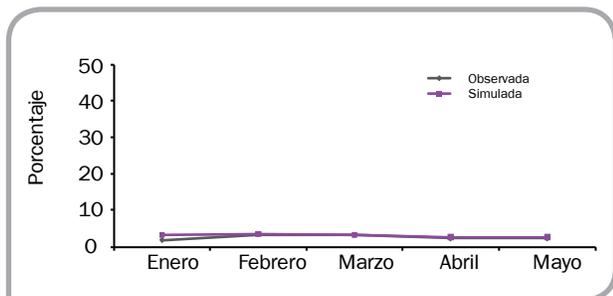


Figura 85. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental Paraguaicito, La Bella, Lote 5, densidad 10.000 plantas/ha.

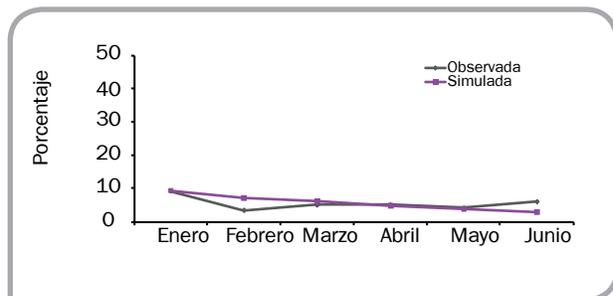


Figura 89. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental La Catalina, Lote La María, densidad 5.000 plantas/ha.

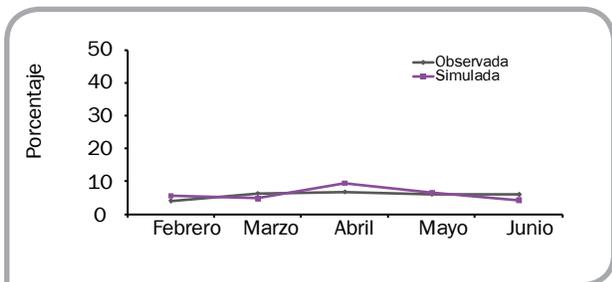


Figura 86. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental La Catalina, Lote Calvario 1, densidad 5.000 plantas/ha.

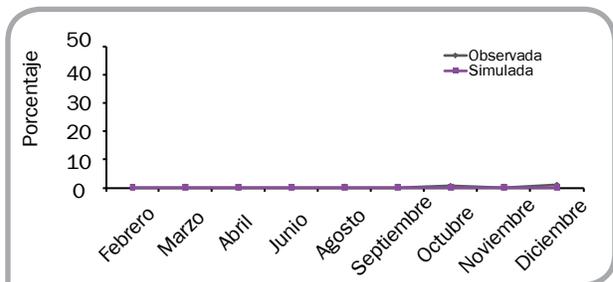


Figura 90. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental Líbano, Lote Castillo Regional, densidad 10.000 plantas/ha.

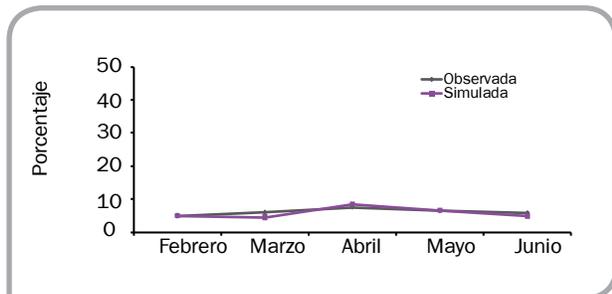


Figura 87. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental La Catalina, Lote Calvario 2, densidad 5.000 plantas/ha.

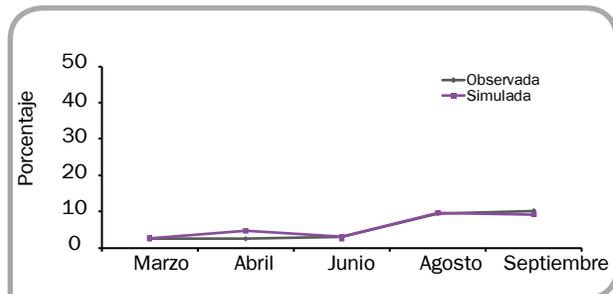


Figura 91. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental Líbano, Lote R8 zoca, densidad 10.000 plantas/ha.

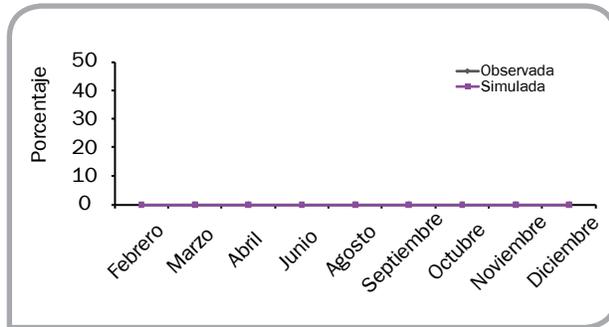


Figura 92. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental Líbano, SUE0537, densidad 10.000 plantas/ha.

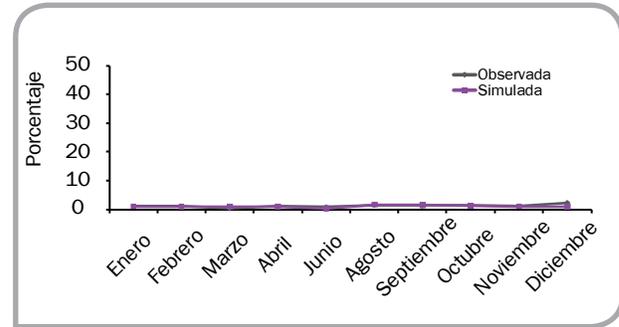


Figura 93. Validación del modelo para describir el comportamiento de la broca del café. Estación Experimental Líbano, Lote SUE0540, densidad 10.000 plantas/ha.

Evaluación del riesgo de contaminación a operarios de los equipos de aspersión durante el control químico de la broca del café. ENT1607.

En la actividad de apoyo a la investigación, se analizó la información del experimento ENT1607, el cual estuvo liderado en su planeación y toma de información experimental por el doctor Diógenes Villalba, con el objetivo de evaluar el riesgo de contaminación a operarios de los equipos de aspersión durante el control químico de la broca del café. De acuerdo con el diseño experimental, se evaluaron seis tratamientos (equipos de aspersión), distribuidos en cinco bloques (operarios), y en cada bloque 36 tarjetas distribuidas en diferentes partes del cuerpo del operario. Para el proceso de lectura de todas las tarjetas o unidades de trabajo (32.400), el señor Juan Carlos Ortiz de la Disciplina de Entomología, realizó algunos desarrollos para la digitalización de imágenes, eliminación de bordes y análisis de imagen, con el fin de obtener los valores de las variables de respuesta cubrimiento (%) y número de gotas, cuyo análisis estadístico arrojó los siguientes resultados:

En cada equipo evaluado, el análisis de varianza mostró efecto de los operarios, quienes fueron utilizados como factor de bloqueo, para evaluar las diferencias entre los elementos de protección, en las variables de respuesta. En todos los equipos evaluados, el análisis de varianza mostró que al menos en uno de los elementos de protección hay mayor cubrimiento y mayor número de gotas, es decir, queda más producto en el operario (Tabla 32).

Al utilizar el equipo de aspersión motorizada de espalda, el orden de los elementos de protección, en los cuales hay mayor cubrimiento, son los guantes y la gorra, y los de menor cubrimiento, monogafas, pantalón y overol (Tabla 32) y en la

careta se presenta el menor promedio de número de gotas (Tabla 32). Con el equipo de palanca, los de mayor cubrimiento son los guantes y la gorra, y las de menor cubrimiento fueron el pantalón, la monogafas y la careta; el elemento con menor número de gotas fue la careta. Con el equipo de presión previa retenida, los elementos de mayor cubrimiento fueron los guantes y en la careta se presenta el menor promedio de cubrimiento y número de gotas. Para el equipo de presión previa retenida con aguilón vertical, el mayor cubrimiento está en la gorra y los de menos cubrimiento fueron el pantalón, botas y careta, y a su vez, estos dos últimos elementos presentan el menor promedio de número de gotas. Para el equipo semiestacionaria, la gorra es el elemento de protección con mayor cubrimiento y la careta presenta el menor promedio en cubrimiento y número de gotas (Tabla 32).

En la comparación de los equipos, el análisis mostró efecto de los operarios, como factor de bloqueo, en los siguientes elementos de protección: careta, gorra y pantalón.

En el elemento de protección botas, con el equipo presión previa retenida, se da el mayor promedio de cubrimiento, mientras que con los equipos semiestacionaria y motorizada de espalda, se tiene el menor promedio (Tabla 33). Para este mismo elemento de protección, el equipo que presentó el menor número de gotas fue el de presión previa retenida con aguilón vertical (Tabla 34).

En el elemento de protección careta, con el equipo presión previa retenida, se tiene mayor área cubierta, mientras que con los equipos presión previa retenida con aguilón vertical y motorizada de espalda, este elemento presenta la menor área cubierta y el menor número de gotas (Tablas 33 y 34).

Tabla 32. Promedio por operario - tarjeta y error estándar (EE), para las variables cubrimiento y número de gotas, en cada equipo evaluado y por elemento de protección.

Equipo	Elemento de protección	Cubrimiento (%)		EE	Número de gotas		EE
Motorizada de espalda (MTE)	Botas	3,9	BC	0,8	2.711,2	BC	410,1
	Careta	1,8	C	0,5	1.081,3	D	284,9
	Gorra	5,9	AB	1,0	3.391,6	AB	359,1
	Guantes	6,6	A	1,2	3.820,5	AB	414,1
	Monogafas	2,3	C	0,6	1.663,6	CD	293,5
	Overol	3,2	C	0,5	2.485,8	BC	313,5
	Pantalón	3,4	C	0,3	2.733,6	BC	174,3
Palanca	Botas	12,4	AB	3,8	3.702,3	B	447,5
	Careta	4,2	C	1,1	1.800,0	C	443,3
	Gorra	14,5	AB	1,8	6.001,0	A	468,3
	Guantes	15,9	AB	2,7	4.969,9	A	507,0
	Monogafas	5,0	C	0,7	2.595,1	BC	324,5
	Overol	8,5	BC	1,3	3.281,8	B	354,9
	Pantalón	6,6	C	0,7	2.913,4	B	215,4
Presión previa retenida (PPR)	Botas	17,7	BC	5,0	4.332,6	B	504,7
	Careta	6,3	E	1,7	2.612,7	C	476,5
	Gorra	21,6	BC	3,5	7.454,1	A	671,5
	Guantes	28,7	A	3,7	6.732,2	A	444,5
	Monogafas	7,3	DE	2,2	3.476,8	BC	543,7
	Overol	13,8	CD	1,9	4.953,3	B	400,4
	Pantalón	12,4	CDE	1,6	4.591,7	B	338,0
Presión previa retenida con aguilón vertical (PPRAV)	Botas	4,9	D	1,7	1.246,0	B	232,0
	Careta	2,3	D	0,5	741,7	B	110,2
	Gorra	62,6	A	2,5	2.659,9	A	240,7
	Guantes	51,0	B	3,9	3.064,5	A	335,2
	Monogafas	20,7	C	4,0	2.680,9	A	447,8
	Overol	19,1	C	2,6	2.284,8	A	223,0
	Pantalón	6,8	D	0,7	2.609,6	A	263,4
Semiestacionaria (SEMIEST)	Botas	4,2	C	0,6	3034,1	CD	317,2
	Careta	4,3	C	1,3	2435,6	D	578,1
	Gorra	15,7	A	2,5	5817,6	A	477,1
	Guantes	11,6	AB	1,8	5665,9	A	646,5
	Monogafas	6,4	BC	1,6	3722,5	BCD	633,0
	Overol	9,3	BC	1,3	4719,5	AB	420,1
	Pantalón	8,2	BC	1,1	3941,7	BCD	366,5

Para cada equipo, letras no comunes, implican diferencias entre promedios de elementos de protección, según prueba de Tukey al 5%.

Tabla 33. Promedio por operario – tarjeta, para la variable cubrimiento (%), por elemento de protección en cada equipo evaluado.

Elemento de protección	Motorizada de espalda		Palanca		Presión previa retenida		Presión previa retenida con aguilón vertical		Semi-estacionaria	
Botas	3,9	B	12,4	AB	17,7	A	4,9	B	4,2	B
Careta	1,8	B	4,2	AB	6,3	A	2,3	B	4,3	AB
Gorra	5,9	D	14,5	C	21,6	B	62,6	A	15,7	BC
Guantes	6,6	D	15,9	C	28,7	B	51,0	A	11,6	CD
Monogafas	2,3	B	5,0	B	7,3	B	20,7	A	6,4	B
Overol	3,2	D	8,5	C	13,8	B	19,1	A	9,3	BC
Pantalón	3,4	C	6,6	B	12,4	A	6,8	B	8,2	B

Para cada elemento de protección, letras no comunes, implican diferencia entre promedios de los equipos evaluados, según prueba de Tukey al 5%.

Tabla 34. Promedio por operario – tarjeta, para la variable número de gotas, por elemento de protección en cada equipo evaluado.

Elemento de protección	Motorizada de espalda		Palanca		Presión previa retenida		Presión previa retenida con aguilón vertical		Semi-estacionaria	
Botas	2.711	B	3.702	AB	4.333	A	1.246	C	3.034	B
Careta	1.081	B	1.800	AB	2.613	A	742	B	2.436	A
Gorra	3.392	C	6.001	B	7.454	A	2.660	C	5.818	B
Guantes	3.821	DC	4.970	BC	6.732	A	3.064	D	5.666	AB
Monogafas	1.664	B	2.595	AB	3.477	A	2.681	AB	3.722	A
Overol	2.486	B	3.282	B	4.953	A	2.285	B	4.719	A
Pantalón	2.734	B	2.913	B	4.592	A	2.610	B	3.942	A

Para cada elemento de protección, letras no comunes, implican diferencia entre promedios de los equipos evaluados, según prueba de Tukey al 5%.

En la gorra, como elemento de protección, con el equipo presión previa retenida con aguilón vertical, se tiene mayor cubrimiento y menor número de gotas (Tablas 33 y 34), mientras que con el equipo motorizada de espalda, se tiene menor cubrimiento y menor número de gotas (Tablas 33 y 34).

Con el elemento de protección guantes, se tiene mayor cubrimiento y el menor número de gotas con el equipo de presión previa retenida (Tablas 33 y 34).

En las monogafas, como elemento de protección, con el equipo presión previa retenida con aguilón

vertical, se tiene el mayor promedio en cubrimiento (Tabla 33) y con los equipos semiestacionaria y motorizada de espalda, se tiene el mayor y menor número de gotas, respectivamente (Tabla 34).

En el overol, con el equipo de presión previa retenida con aguilón vertical, queda mayor cubrimiento y menor número de gotas (Tablas 33 y 34). Para este mismo elemento de protección, los equipos de palanca y motorizada de espalda también presentan menor promedio de número de gotas (Tabla 34).

Con el equipo presión previa retenida queda mayor área cubierta de producto en el pantalón (Tabla 33)

y con los equipos palanca, motorizado de espalda y presión previa retenida con aguilón vertical, el menor número de gotas (Tabla 34).

En la evaluación de los equipos, independientemente del elemento de protección, el análisis de varianza mostró efecto de los operarios como factor de bloqueo e indicó que al menos uno de ellos se diferencia en el promedio de cubrimiento y número de gotas, de tal manera que el equipo de aspersión de presión previa retenida con aguilón vertical, presenta el mayor promedio de cubrimiento, con un menor número de gotas (Tabla 35). Además, el equipo motorizado de espalda presenta el menor promedio en las dos variables evaluadas, cubrimiento y número de gotas.

Los equipos de aspersión que depositan menos cantidad de gotas en el operario, durante la aspersión para el control de la broca del café son el motorizado

de espalda y el equipo de presión previa retenida con aguilón vertical, sin embargo este último tiene el mayor promedio de cubrimiento por tarjeta.

La hipótesis de trabajo fue corroborada parcialmente, dado que no sólo con el equipo de presión previa retenida con aguilón vertical, se deposita menos cantidad de gotas en el operario, durante la aspersión para el control de la broca del café.

Estos resultados indican que con el equipo motorizado de espalda se deposita menor cantidad de producto en el operario, con menor área de cubrimiento, durante la aspersión para el control de la broca del café.

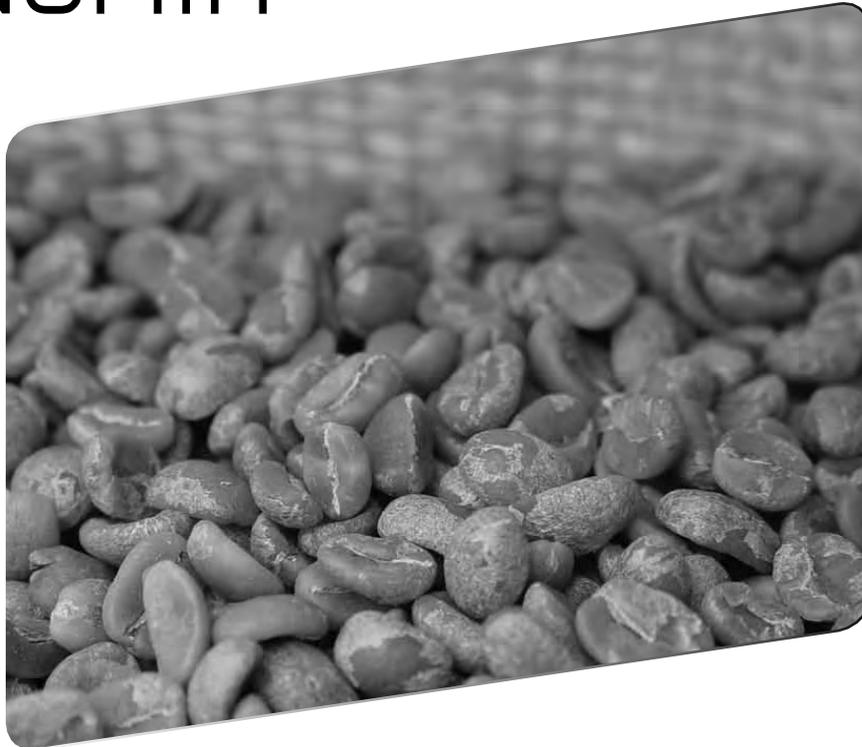
Los resultados de esta investigación serán utilizados para el diseño de equipos de aspersión y el diseño de trajes de protección para operarios, durante la aspersión, para el control de la broca del café.

Tabla 35. Promedio por operario – tarjeta, para las variables cubrimiento y número de gotas, por equipo, independiente del elemento de protección.

Equipo de aspersión	Cubrimiento (%)	EE	Número de gotas	EE
Presión previa retenida con aguilón vertical	26,67 A	1,90	2.354,21 D	116,10
Presión previa retenida	15,74 B	1,20	5.214,35 A	227,42
Semiestacionaria	9,65 C	0,70	4.517,88 B	207,03
Palanca	9,56 C	0,70	3.741,84 C	187,38
Motorizada de espalda	3,98 D	0,30	2.685,36 D	141,52

Letras no comunes, implican diferencia entre promedios de los equipos evaluados, según prueba de Tukey al 5%.

ECONOMÍA



La incorporación del análisis económico y de ser posible la valoración ambiental y social de las investigaciones realizadas por Cenicafé, es la función principal de esta Disciplina de Apoyo a la Investigación. Para brindar ese soporte, una de las materias primas fundamentales son los resultados de investigaciones ya concluidas, parcial o totalmente, en las diferentes Disciplinas de Investigación de Cenicafé.

Durante el 2012 se desarrollaron las siguientes investigaciones

Evaluación económica de tres sistemas de producción de café. EC00204. En mayo de 2001 se instaló en la Estación Central Naranjal el experimento para evaluar el efecto económico de la distancia de siembra y del número de plantas por sitio, en café variedad Colombia. Los resultados del primer ciclo de 5,5 años en siembra nueva ya fueron presentados y analizados; se espera iniciar el análisis del

segundo ciclo correspondiente a 6 años de zoca, y el consolidado de ambos ciclos para el 2013.

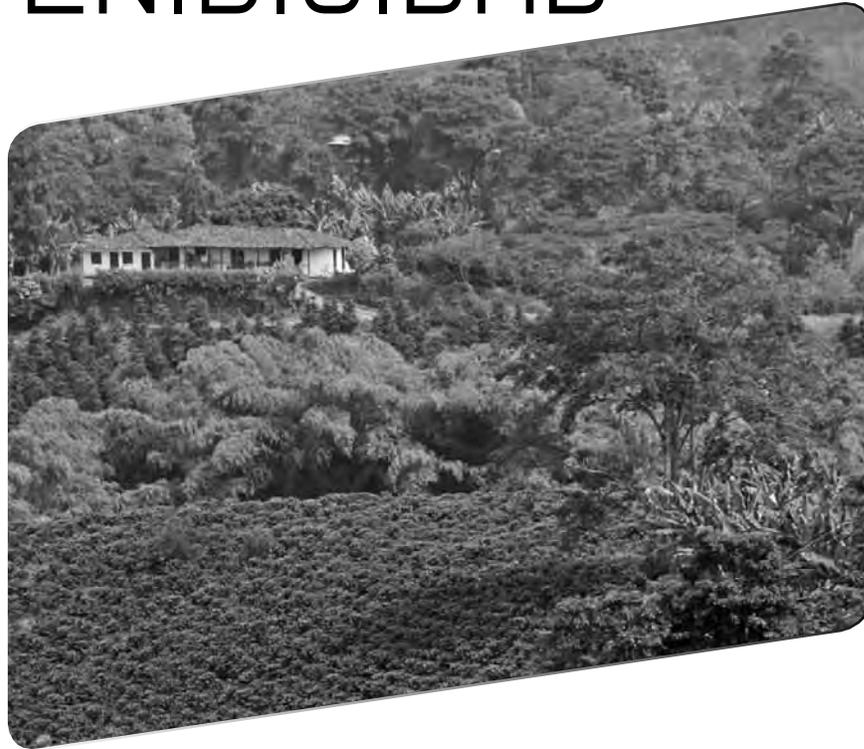
Conocimiento y aplicación de prácticas de conservación de suelos por parte de caficultores en la región central cafetera. En la región cafetera de Caldas, Quindío y Risaralda, se realizó una investigación con el objetivo de conocer las prácticas de conservación de suelos que realiza el agricultor en cultivos de café y su nivel tecnológico. Se encuestaron 228 agricultores, con un error de estimación de 6,4% y una confiabilidad del 95%. Las encuestas fueron realizadas en cada finca por el Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros, entre 2006 y 2007; en este estudio se tuvo en cuenta la tipología del caficultor, el sistema de cultivo y el riesgo a la erosión. Los resultados obtenidos muestran que en más del 70% de la fincas se aplicaron las prácticas de manejo integrado de arvenses, siembra a través de la pendiente, trazo en curvas a nivel y selección de coberturas nobles. Las prácticas de menor aplicación fueron las barreras vivas y los trinchos o diques, para disipar la energía de la escorrentía, con valores de 55% y 35%, respectivamente. En el 94% de las fincas se utilizaba

adecuadamente la pulpa como abono para el café, y en menos del 6% se utilizaba el azadón para el manejo del suelo. En más del 80% de las fincas no se realizaban quemas, factor que se relaciona con las prácticas culturales de los caficultores del área de estudio. Se encontró asociación estadística significativa, entre las prácticas siembra a través de la pendiente e implementación de trinchos, con respecto a los caficultores que calificaron importante la erosión del suelo y que no realizaron quemas. Los resultados se atribuyen a los programas de investigación y extensión del gremio cafetero desde el año 1945, en conservación de suelos y aguas, y a la inherencia de estas prácticas en los sistemas productivos de café.

Evaluación de aplicaciones de ingrediente activo de plaguicidas en sistemas de producción cafeteros certificados y no certificados en Cundinamarca y Santander. Se realizó un estudio para determinar la cantidad de ingrediente activo (i.a) aplicado en el año 2009, de productos plaguicidas en fincas certificadas (CE) con el sello Rainforest Alliance y en fincas no certificadas (NC). Para ello se tomó información a través de encuestas y entrevistas a los caficultores sobre las prácticas culturales y tipo de productos plaguicidas aplicados, con registro periódico de todas las actividades realizadas en 72 fincas CE

e igual número de NC, en los departamentos de Cundinamarca y Santander. El resultado obtenido refleja que, 72% del total de fincas evaluadas (CE y NC) no aplicaron plaguicidas, mientras que en el restante 28% sí lo hicieron. Los ingredientes activos usados por los caficultores fueron oxiclóruo de cobre, glifosato, clorpirifos, triadimefón, mancozeb, cymoxanil, propineb, difenoconazol y dimetoato. Se encontró que los sistemas de producción CE y NC recurren principalmente al uso de plaguicidas, para el manejo de la broca y la roya del café; el clorpirifos se constituye en el ingrediente activo más aplicado en ambos tipos de sistemas de producción. En los sistemas diversificados NC, se registra una fuerte demanda de plaguicidas en el manejo de los cultivos, al igual que se destaca la implementación en las fincas de un manejo integral de arvenses, plagas y enfermedades. Se establece que la aplicación de plaguicidas en sistemas de producción CE cumple con las normas de certificación, debido a que no se incluyen plaguicidas prohibidos por las agencias internacionales, que regulan este tipo de químicos, en la protección de cultivos. Adicionalmente, la cantidad aplicada de ingrediente activo, en dosis por hectárea, para la mayoría de los sistemas CE se realiza de forma controlada y con la recomendación técnica pertinente.

SOSTENIBILIDAD



A continuación se presentan los aspectos más destacables relacionados con los proyectos que están bajo la responsabilidad de la Disciplina de Sostenibilidad:

El instrumento desarrollado en Cenicafé para medir el nivel de implementación de Buenas Prácticas Agrícolas con criterios de sostenibilidad en las dimensiones técnico - económico, social y ambiental, es una herramienta que en diferentes proyectos, como son Huellas de Paz, Agricultura de Precisión y KfW, ha facilitado:

- Validar el instrumento en diferentes regiones cafeteras
- Caracterización de la caficultura, para conocer bajo los mismos criterios e indicadores el desempeño en cada dimensión
- A partir del análisis de resultados, elaborar planes integrales de mejoramiento, priorizando las intervenciones, que contribuyan a la solución de puntos críticos, con un enfoque de mejoramiento continuo
- Realizar el seguimiento y medición de avance a partir de indicadores definidos para cada dimensión
- En el componente social, la medición ha permitido identificar las necesidades específicas en relación con las competencias de los cafeteros, para lo cual, conjuntamente con la participación de investigadores de diferentes Disciplinas de Cenicafé y con la FMM, específicamente para los Titulares de Derechos del convenio Huellas de Paz, se ha construido el Plan de Formación, el cual consta de cinco módulos en las líneas ambiental (Gestión Integral del recurso hídrico y Gestión Integral de los recursos naturales) y económica (Fortalezcamos la Sostenibilidad, Sistemas de producción sostenibles - Implementación de la guía documental y Seguridad Alimentaria). De la misma forma, con base en los resultados de la caracterización se construyó el plan de formación para el proyecto KfW.

En la implementación del Sistema de trazabilidad para la producción de semilla de café Variedad Castillo® y sus componentes regionales, en las Estaciones Experimentales, en desarrollo conjunto de Cenicafé con el área de Tecnología en Oficina

Central, para este año bajo el enfoque de procesos, se realizó el cargue de información relacionada el germinador, el almácigo y el manejo del cultivo. La experiencia generada permitió el desarrollo de un sistema de trazabilidad en ambiente web, para los cafeteros que actualmente hacen parte de la red de productores de semilla avalados por la Federación. Este sistema permitirá mantener el seguimiento y el control de la producción de la semilla, en lo relacionado con el cumplimiento de los criterios de calidad, definidos en el protocolo de producción de semilla. Adicionalmente, con enfoque interdisciplinario se publicó la Guía para la implementación del Protocolo “Producción de semilla de café Variedad Castillo y sus compuestos regionales en fincas de caficultores”, la cual permite ampliar los criterios establecidos en el Protocolo y proporcionar más elementos de toma de decisión a los caficultores y técnicos en aspectos relacionados con la producción de semilla.

Escuela Nacional de Calidad del Café. Esta es una iniciativa gestionada por el SENA, en que la

Federación Nacional de Cafeteros – FNC aporta su conocimiento y experiencia, la cual se oficializó en el marco del Acuerdo para la Prosperidad Cafetera, realizado este año en Pitalito, con la firma del Convenio No 053 de 2012.

El objetivo general de la Escuela es contribuir al desarrollo de la calidad del sector cafetero, a través de la generación y adopción de conocimiento e innovación tecnológica, incrementando la producción sostenible de café, con programas de formación, certificación por competencias laborales, tecnología e innovación, investigación aplicada al sector cafetero y eventos de promoción y transferencia.

Para la ejecución de actividades específicas, se cuenta por parte de la institucionalidad con la participación de Almacafé, la FMM y Cenicafe, así mismo, por parte del SENA participan la Dirección Científica y Tecnológica de Cenicafe a través de la Dirección de Formación, la Mesa Sectorial de café y diferentes centros regionales del SENA.

DOCUMENTACIÓN



Durante la presente vigencia se realizaron las siguientes acciones que contribuyeron en mejorar la prestación de los diferentes servicios y multiplicar los recursos existentes, así:

Desarrollo de colecciones: Servicio con el cual se fortalece el acervo bibliográfico.

Se adquirieron 499 documentos, de los cuales 139 son libros, 349 revistas y 11 folletos.

Se adquirieron por compra: 83 libros y 137 revistas; Canje: 4 libros y 208 revistas; Donación 52 libros, 19 revistas y 11 folletos; Bases de datos: 2.

Se ingresaron a la base de datos bibliográfica aproximadamente 958 registros (411 en Agros y 547 en Cenic). Alcanzando, las bases de datos, un total de 69.376 y 37.838 registros, respectivamente. En este período se tradujeron 200 resúmenes.

Alertas bibliográficas: Se realizaron 24 exposiciones en sala de consultas; se exhibieron 101 revistas

sobre café, 116 libros técnicos, 11 folletos y 349 revistas.

Atención a usuarios: 939 usuarios que hicieron 2.641 consultas y realizaron un total de 971 préstamos en sala.

Se escanearon aproximadamente 230 documentos para ser enviados a usuarios que consultaron el Centro de documentación a través del Portal o de la red del Sidalc.

Consultas por internet: 692

Visitantes al Portal: 2.281

Envío de documentos electrónicos a través del Portal: 180

Envío de documentos electrónicos a través de la red del SIDALC: 480.

Repositorio Institucional: Con la colaboración de Tecnología de Información y Comunicaciones se creó el subdominio: biblioteca.cenicafe.org.

Para el Repositorio se ha requerido realizar recaptura de información a través del escaneo de documentos que sólo reposan en papel. Se digitalizaron en promedio 87 documentos y se ingresaron, en texto completo, un total de 109 registros.

DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA



Los principales clientes de las publicaciones y servicios que presta Cenicafé, a través de la Sección de Divulgación y Transferencia, son los Extensionistas de la Federación Nacional de Cafeteros y los caficultores, 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.

Durante octubre de 2011 a septiembre de 2012, los investigadores y el personal de apoyo de Cenicafé aportaron para la entrega de las siguientes publicaciones y el desarrollo de las actividades de capacitación:

Publicaciones: Revista Cenicafé Vol 61 número 4 y Vol 62 número 1, Avances Técnicos 413 al 425, 1 Boletín Técnico, 6 Cartas Técnicas (3 Brocartas, 2 Biocartas y 1 Alerta Cafetera).

Participación de las Disciplinas de investigación: Fitotecnia (3 artículos, 4 Avances), Entomología (1 Avance y 4 Cartas Técnicas), Ingeniería Agrícola

(3 artículos), Fitopatología (1 artículo, 1 Avance, 1 Boletín), Calidad (2 Avances), Suelos (3 Artículos y 4 Avances), Biometría (1 artículo), Economía (2 artículos), Gestión de Recursos Naturales y Conservación (1 artículo y 1 Avance), Fisiología (1 Avance) 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: Actualmente, con el apoyo de la Dirección de Cenicafé y el trabajo en conjunto de las Disciplinas de Sostenibilidad y Divulgación y Transferencia, se está coordinando el desarrollo de un nuevo manual del cafetero, como texto guía el Gremio Cafetero de Colombia.

En cuanto a la producción de folletos y libros, durante el 2012 se entregó el Informe Anual de Actividades de Cenicafé del 2011, el Anuario Meteorológico 2010, el brochure de Cenicafé versiones en inglés y español, y los libros Guía para la implementación del protocolo “Producción de semilla Variedad Castillo® y sus compuestos regionales, en fincas de caficultores”, Escarabajos coprófagos del eje cafetero, Árboles con potencial

para ser incorporados en sistemas agroforestales con café y Ventiladores para secadores de café: Diagnóstico, diseño y construcción económica de ventiladores centrífugos.

Multimedios: Hoy día es necesario integrar estrategias visuales y escritas para hacer llegar las tecnologías, utilizando los distintos medios físicos o virtuales, para hacer visible la información. Como resultados del 2012 se publicaron en la página web de Cenicafé los Artículos Científicos, Avances Técnicos, Cartas Técnicas, Boletines y libros, desarrollados durante la presente vigencia, para su consulta en formato pdf. Así mismo, se dispusieron las invitaciones a los Seminarios Científicos desarrollados en Cenicafé, para su consulta por parte de los usuarios externos.

Días de campo y talleres: A través del trabajo en equipo con los investigadores de Cenicafé, y los colaboradores de la Institucionalidad Cafetera, como la Cooperativa de Caficultores de Manizales, la Fundación Manuel Mejía, el Comité de Caldas y la Gerencia de Comunicaciones, se realizaron eventos tanto en auditorio como en el campo. En esta actividad se ha fortalecido el rol de Cenicafé, y durante el 2012 se realizaron las siguientes actividades de:

- Atención del Comité Nacional de la Federación Nacional de Cafeteros
- Atención de los miembros de Asoexport y el Dr. Luis Genaro Muñoz, Gerente General de la FNC
- Día de campo Barista Camp
- Presentación del Paisaje Cultural Cafetero por parte del Ministro de Comercio, Industria y Turismo, y la presencia de los Gobernadores de Caldas, Risaralda y Quindío
- Atención de la delegación de Investigadores de Alemania con la participación del señor Embajador de Colombia en Alemania
- Día de campo de los Socios Cooperativa de Caficultores de Manizales
- Día de campo de los Caficultores de Chinchiná
- Capacitación en el campo y auditorio, durante una semana, de los Extensionistas del Comité de Boyacá

Reuniones técnicas: Durante el 2012 en las instalaciones de Cenicafé Planalto y La Granja, así como en las Estaciones Experimentales, se

atendieron 142 visitas, en las cuales se atendieron 3.580 personas, de éstas 90 grupos de visitantes estaban relacionados con el tema cafetero, desde los Comités de Cafeteros, como caficultores o Miembros del Comité, Extensionistas, delegados de Oficina Central, compradores de café o Entidades nacionales e internacionales relacionadas e interesadas en el proceso de producción de café en Colombia. De igual manera, se registraron 41 visitas de grupos de estudiantes, en las cuales se capacitaron 856 personas. Esta información nos muestra la importancia que tiene el Centro para la comunidad cafetera de Colombia, así como para la comunidad educativa y el gran auge de solicitudes para sus capacitaciones.

Acuerdo de nivel de servicio - ANS: Construir y Utilizar Espacios de Interacción: Una de las actividades más importantes desarrolladas por los Investigadores de Cenicafé, en el marco del Sistema de Gestión Integral, ligado al Acuerdo de Nivel de Servicio: Construir y Utilizar Espacios de Interacción, se encuentran las 47 actividades de capacitación de los Extensionistas de todo el país, entre octubre de 2011 y septiembre de 2012, a las cuales asistieron 1.803 personas del Servicio de Extensión.

Como resultado de las evaluaciones de las actividades desarrolladas en el marco de este ANS se evidencia que frente a los cinco factores tenidos en cuenta a ser calificados en cada una de las actividades desarrolladas en los Espacios de Interacción de acuerdo a la forma como se expresaron y cubrieron los objetivos, la metodología utilizada, la manera en como el conferencista presentó el tema, el grado de satisfacción y cumplimiento de expectativas frente a la capacitación y las herramientas y el sitio para realizar la capacitación, estas actividades estuvieron calificadas en el rango entre bueno (3) y excelente (4), teniendo en cuenta los promedios ponderados entre la calificación dada y el número de participantes que otorgaron dicha calificación.

Distribución de publicaciones: se diseñaron y enviaron los mensajes por correo de la disponibilidad en la página web del Anuario Meteorológico del 2010, Avances Técnicos 413 al 424, Brocartas 45 y 47, y el Libro de Ventiladores para secadores de café: Diagnóstico, diseño y construcción económica de ventiladores centrífugos, para el Servicio de Extensión y demás colaboradores de la institucionalidad.

Procesos Administrativos y Financieros



Personal por prestación de Servicios

Nombre	Nivel Académico
Arcila Pulgarín Jaime	Ingeniero Agrónomo., Ph.D.
Jaramillo Robledo Álvaro	Ingeniero Agrónomo., M.Sc.
Pérez Henao Carolina	Ingeniero de Alimentos., Esp.
Muñoz Nieto Diana Marcela	Ing. Química
Alzate Henao Diego Fernando	Profesional en Mercadeo Nacional e Internacional
González Serna Luz Ángela	Ing. de Alimentos
Obando Bonilla Diego	Ing. Forestal
Tibaduiza Vianchá Carlos Alfonso	Ing. Agrícola
Valencia Villegas Natalia	Técnico en Sistemas

Estudiantes vinculados a Cenicafé

Nombre	Título de la Investigación	Universidad	Profesión
Díaz Marín Carolina	Evaluación de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción de café	Tecnológica de Pereira	Ingeniero Agrónomo
Aguirre Álvaro Guerrero	Desarrollo y evaluación de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva del café	Nacional	Ingeniero Electrónico
Hoyos Suárez Juan Felipe	Desarrollo y evaluación de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva del café	Tecnológica de Pereira	Ingeniería Mecánica
Jiménez Laserna Lizeth Maritza	Uso de productos químicos y biológicos	Del Tolima	Bióloga
Moreno Salazar Jorge Eduardo	Evaluación y desarrollo de equipos de aspersión para el control de plagas de café	Tecnológica de Pereira	Ingeniería Mecánica
Morales Correa Alexa Yadira	Integración de regiones a secuencias	De Caldas	Biólogo
Gallego Álvarez Paula Andrea	Estudio de técnicas de conservación de café pergamino húmedo durante la comercialización	Nacional	Ingeniería Agrícola

Cualificación del personal - Cenicafé Septiembre 30/2012

Nivel Académico	No. Personas 2012
Doctorado	19
Doctorado en formación	10
Maestría	29
Maestría en formación	15
Especialización	12
Especialización en formación	2
Pregrado	72
Pregrado en formación	1
Técnicos/tecnólogos	25
Tecnólogos en formación	1
Bachiller/primaria	205
Total	391

Convenios de Investigación con Entidades Nacionales (en Miles \$)

Entidad	Convenios	Investigaciones	Recursos a Sep. 30 de 2012 (1)	Proyección a Dic.de 2012 (3)	Total Año 2012	%
BASF Química de Colombia	1	1	58.924		58.924	0,5%
Casa Lúker S.A.	1	1	719.713		719.713	6,3%
Colciencias	7	9	352.389		352.389	3,1%
Colciencias / Fiduciaria Bogotá (Fondo Francisco José de Caldas)	4	4	669.549		669.549	5,8%
Dupont de Colombia S.A.	1	1	60.414	171.667	232.081	2,0%
Hydro Agri Colombia Ltda	1	1	29.467		29.467	0,3%
Ministerio Agricultura - Adaptación al Cambio Climático	1	10	3.000.000	3.000.000	6.000.000	52,3%
Ministerio Agricultura - Genoma (Convenio 102 de 2011) (2)	1	36	2.988.011		2.988.011	26,1%
Ministerio Agricultura - KfW	1	2	347.683		347.683	3,0%
Monómeros Colombo Venezolanos	1	1	11.852		11.852	0,1%
Orius Biotecnología	1	1	13.015		13.015	0,1%
Timac Agro Colombia S.A.S	1	1	3.997		3.997	0,0%
Universidad Industrial de Santander	1	1	41.800		41.800	0,4%
Total	22	69	8.296.813	3.171.667	11.468.480	100%

(1) Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 más el saldo del año 2011

(2) Convenio 102 de 2011 "Aplicación de Desarrollos Genómicos en la Sostenibilidad de la Caficultura Colombiana". Finalizó el 30/Sep/2012

(3) Proyección desembolsos a Diciembre 31 de 2012

Convenios de Investigación con Entidades Internacionales (en Miles \$)

Entidad	Convenios	Investigaciones	Recursos a Sep. 30 de 2012 (1)	Proyección a Dic.de 2012 (2)	Total Año 2012	%
Banco Interamericano de Desarrollo - BID	1	1	516.793	803.808	1.320.601	65,7%
Fundación Humanismo y Democracia	1	1	62.209	37.591	99.800	5,0%
IICA/CIAT	2	2	6.490		6.490	0,3%
Nestéc S.A.	1	1	81.223		81.223	4,0%
Organización de los Estados Americanos - OEA	1	1	53.621		53.621	2,7%
Prog.Naciones Unidas para el Desarrollo	1	2	20.279		20.279	1,0%
Syngenta S.A.	3	5	149.591	114.447	264.038	13,1%
The Nature Conservancy - TNC	1	1	38.263		38.263	1,9%
US Forest Service	1	1	127.094		127.094	6,3%
Total	12	15	1.055.562	955.847	2.011.408	100%

(1) Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 más el saldo del año 2011

(2) Proyección desembolsos a Diciembre 31 de 2012

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

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga
Andrés Mauricio Villegas H., Ing. Agrónomo M.Sc.
Gustavo Echeverri M.

GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES Y CONSERVACIÓN

Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.
Jorge Eduardo Botero E., Ecólogo Ph.D.
Eddy Catalina Casas C., Biólogo, Esp.
Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista
Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química
Juan Carlos López N., Microbiólogo
Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y Zootecnista
Gloria María Lentijo J., Bióloga M.Sc.
Faber De Los Ríos P.
Samuel Antonio Castañeda
Carlos Mario Cano J., Aprendiz Universitario
Maribel Aguirre S., Aprendiz

FISIOLOGÍA VEGETAL

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.
Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo Ph.D.
Luis Fernando Gómez G. Ing. Agrónomo**
Aristóteles Ortiz, Químico**
Jenny Lorena Aguirre M., Ing. de Alimentos
Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónomo
María José Chica M., Ing. de Alimentos Esp.
Jonathan Núñez P., Biólogo
Luz Fanny Echeverri G., Química.
Marta Bibiana Escobar P., Tecnóloga Química
Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo
Adriana Medina C., Licenciada en Biología
Mauricio Serna O., Ing. Electrónico
Catalina Londoño G., Tecnóloga Química
Humberto Iván Ríos A., Ing. Ambiental Esp.
Óscar Gonzalo Castillo R., Ing. Catastral y Geodesta M.Sc.
Ángela María Castaño M., Ing. Agrónomo
Yamir Alcides Quiroga F., Aprendiz
Claudia Marcela Mora A.

Mario Franco A.
Braian Alejandro López O.
Claudia Patricia Valencia V.
José Robín García C.

SUELOS

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo Ph.D.
Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo M.Sc.
José Horacio Rivera P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Alveiro Salamanca J., Ing. Agrónomo*
Beatriz Mejía M., Tecnólogo Químico Esp.
Andrés Felipe Castro Q., Ing. Agrónomo
Carlos Alberto Gómez A., Ing. Agrónomo
Janeth Escudero A., Microbiólogo
Julián David Velásquez S., Tecnólogo Químico
Miguel Hernando Perenguez C., Químico
Arturo Gómez V.
José Guillermo Hernández M.

FITOTECNIA

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo Ph.D.
Argemiro Miguel Moreno B., Ing. Agrónomo M.Sc.
Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.
Víctor Hugo Ramírez B., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carlos Augusto Ramírez C., Tecnólogo Técnicas Forestales
Cristian Camilo Barrios
Diana Marcela Quintana A., Aprendiz
Gustavo Bedoya C., Agrónomo
Leidy Natalia Bermúdez F., Ing. Agrónomo
Sebastián González A.

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.*
Jefersson Medina O., Biólogo

Conrado Antonio Quintero D., Administrador Financiero
 Gladys Romero G., Bióloga M.Sc.
 Luisa Mayens Vásquez R., Ing. Agrónomo
 Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero
 Liliana Jimena Bustamante G., Ing. Agrónomo
 Elsa Viviana Marín M., Agrónomo
 Ligia Belén Suescún P., Ingeniero de Producción Biotecnológica
 Luis Enrique Chanchí A.
 Hernán Díaz C.
 Cruz Elena Díaz M.
 Manuel Antonio Llano S.
 Jairo Nieto L.
 Omar Villarreal
 Carolina González M.
 Mónica Esperanza Jiménez M.
 Sandra Liliana Largo V.
 Sandra Patricia Velarde M.

ENTOMOLOGÍA

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.
 Carmenza E. Góngora B., Microbióloga Ph.D.
 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.*
 Flor Edith Acevedo B., Ing. Agrónomo*
 Juan Carlos Flórez V., Biólogo
 Mauricio Jiménez Q., Tecnólogo Administración Agropecuaria
 Eliana del Pilar Macea C., Biólogo
 Harol Enrique Martínez C., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Lucio Navarro E., Biólogo*
 Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café
 Olga Lucía Daza S., Ingeniera de Sistemas y Telecomunicaciones
 Juan Carlos Ortiz F.
 Gloria Patricia Naranjo E.
 Carlos Alberto Quintero A.,
 Claudia Bibiana Tabares B.,
 Diana Marcela Giraldo V.

FITOPATOLOGÍA

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo 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.*
 Narmer Fernando Galeano V., Microbiólogo
 Carlos Alberto Zuluaga E., Tec. Manten. Comp. y Redes
 Claudia Echeverri R., Biólogo

APOYO A LA INVESTIGACIÓN

AGROCLIMATOLOGÍA

Álvaro Jaramillo R., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Andrés Javier Peña Q., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Julián Andrés Valencia A., Ing. Agronómica**
 Wílmor A. Rendón G., Tecnólogo en Sistemas Informáticos
 Paola Andrea Pérez M., Tecnólogo ADSI
 Nelson Duque R., Téc. Mantenimiento y Reparación de Comp.
 Jorge Hernán Marulanda E., Técnico en Electrónica
 Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola
 Myriam Giraldo M.
 Luis Gonzaga Henao R.

Andrés Durán J., Ingeniero de Producción Biotecnológica
 Gloria Marcela Piedrahita M., Aprendiz
 Carlos Arturo González V.
 Jorge Dicksson Ocampo M.
 Jaroliver Cardona G.

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 G., Ing. Electrónico M.Sc.
 Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
 José Farid López D., Tecnólogo en Administración Agropecuaria
 Mauricio García N., Ing. Electrónico
 Juan Daniel Buenaventura A., Diseñador Industrial
 Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola
 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

Estación Central Naranjal

José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo**

Estación Experimental El Tambo

Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo**

Estación Experimental El Rosario

Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal**

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

Fabián Sánchez L.

Luis Fernando Torres Q.

Orlando Salazar G.

Edna Paola Pérez R.

SOSTENIBILIDAD

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos Esp.**

Gloria Esperanza Aristizábal V., Lic. en Biología y Química M.Sc.

María Cristina Chaparro C., Química

Angélica María Campuzano C., Ing. de Alimentos Esp.

Janeth Alexandra Zuluaga M., Economista Empresarial M.Sc.
Mario López L.

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
Esteban De Jesús Kulman N., 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**
María del Rosario Rodríguez L., Diseñadora Visual.
Óscar Jaime Loaiza E., Diseñador Visual
Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero
Santiago Ortiz A., Aprendiz

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas, Contador Público, Esp.
Claudia Viviana Valencia L., Tecnóloga Administración Financiera
Nancy Elena Pérez M., Contador Público
Rufina Perdomo G.

Gestión Contable y Tributaria

Martha Elena Vélez H., Contador Público, Esp.
Jesús Danilo González O., Contador, Esp.
María Consuelo González H.

Gestión de Bienes y Servicios - Mantenimiento

Jairo Zapata Z., Ing. Electricista
Óscar Fernando Ramírez C., Ing. Mecatrónico**
Cristian David Sabogal E., Ing. Electrónico y Electricista
Jairo Coy M., Administrador de Empresas
Gabriel Hernando Ortiz C., Tec. en Gestión Bancaria y Fin.
Juan Diego Duarte P., Aprendiz
Leidy Johana González H., Aprendiz
Uriel López P.
José Asdrúbal Muñoz
Rogelio Rodríguez G.
Luis Alfonso Sánchez H.
Javier Vanegas V.
Eduardo Villegas A.
Fredy Hernán Osorio C.

Gestión de Tesorería

Luis Fernando Ospina A., Contador Público, Esp.

Gestión del Talento Humano

Erica Galvis R., Trabajadora Social, M.Sc.
Luz Yaneth Guarín C., Tecnólogo en Administración de Negocios **
Germán Uriel G., Administrador de Empresas**

Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional, Esp**
Jessica Janeth Gutiérrez G., Aprendiz

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L. Ing. Industrial M.Sc.
Damaris Márquez G., Administradora Financiera**
Daniel Eduardo Ramírez L., Administrador de Empresas**

Gestión de Bienes y Servicios Contratación

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
Yolanda Castaño G.
Gabriel Antonio Melo P.
Diego Giraldo
Lina María Giraldo. Técnica Asistencia Administrativa
Kelly Johana Correa A., Prof. en Adm. de Mercadeo
Sandra Milena Alzate A., Aprendiz

Tecnología de la Información y Comunicaciones

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico
Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp**
Luz Ángela Fernández R., Licenciada en Psicopedagogía
Elkin Marcelo Valencia L., Ingeniero de Sistemas**
Arley Valencia S., Ingeniero Electrónico**

* Comisión de Estudios

** Adelantando Estudios en el país



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org