

Informe Anual Cenicafé

2015



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

Aurelio Iragorri Valencia

Ministro de Comercio, Industria y Turismo

Cecilia Álvarez Correa

Director del Departamento Nacional de Planeación

Simón Gaviria Muñoz

COMITÉ NACIONAL

Período 1° enero/2015- diciembre 31/2018

José Fernando Montoya Ortega

José Alirio Barreto Buitrago

Eugenio Vélez Uribe

Daniilo Reinaldo Vivas Ramos

Cliford Enrique Bonilla Smith

Javier Bohórquez Bohórquez

Octavio Oliveros Collazos

Edilberto Rafael Álvarez Pineda

Leonardo Javier Pabón Sánchez

Alfredo Yáñez Carvajal

Carlos Alberto Cardona Cardona

Alejandro Corrales Escobar

Jorge Julián Santos Orduña

Luis Javier Trujillo Buitrago

Camilo Restrepo Osorio

Gerente General

ROBERTO VÉLEZ VALLEJO

Gerente Administrativo

CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ ARBOLEDA

Gerente Financiero

JULIÁN MEDINA MORA

Gerente Comercial

CARLOS FELIPE ROBAYO DUQUE

Gerente Comunicaciones y Mercadeo

LUIS FERNANDO SAMPER GARTNER

Gerente Técnico

HERNANDO DUQUE ORREGO

Director Investigación Científica y Tecnológica

FERNANDO GAST HARDERS

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.

© FNC - Cenicafé - 2015

Comité Editorial Cenicafé

Fernando Gast H.

Ph.D. Director, Cenicafé

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé

Juan Rodrigo Sanz U.

Ph.D. Ing. Mecánico. Ingeniería Agrícola, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.

Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

José Ricardo Acuña S.

Ph.D. Microbiólogo. Mejoramiento Genético, Cenicafé

Siavosh Sadeghian Kh.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé

Sandra Milena Marín L.

MSc. Ing. Agrónomo. Divulgación y Transferencia, Cenicafé

Edición de textos

Sandra Milena Marín L.

Diseño y diagramación

Luz Adriana Álvarez M.

Diseño de carátula

Óscar Jaime Loaiza E.

Figuras

Óscar Jaime Loaiza E.

Luz Adriana Álvarez M.

Fotografías

Archivo Cenicafé

Impreso por

Editorial Javegraf

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo	5
Programa Caficultura y Variabilidad Climática	21
CVC 0100. Medición de amenazas agroclimáticas e identificación de oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática	23
CVC 0200. Modelar matemáticamente los factores asociados con el cultivo del café	33
CVC 0300. Generar estrategias para gestionar el riesgo agroclimático en torno al sistema productivo cafetero colombiano	38
Programa Producción y Productividad	49
PPR 0200. Aumentar la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos	51
PPR 0300. Aumento de la eficiencia de los factores de producción	61
PPR 0500. Estrategias de protección del cultivo	83
PPR 0600. Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades	96
PPR 0800. Bioprospección	130
PPR0900. Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad del café, a los subproductos y al aseguramiento de la calidad	136
Gestión Administrativa y Financiera	147



Resumen Ejecutivo

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial statements. This includes not only sales and purchases but also expenses, income, and any other financial activity. The text explains that proper record-keeping is essential for identifying trends, managing cash flow, and complying with tax regulations.

Next, the document addresses the process of reconciling bank statements. It provides a step-by-step guide on how to compare the company's records with the bank's records to identify any discrepancies. Common reasons for differences, such as bank fees, interest, or timing of deposits and withdrawals, are discussed. The importance of resolving these differences promptly to avoid errors in the general ledger is highlighted.

The third section focuses on the preparation of the general ledger. It describes how to organize accounts and ensure that all transactions are properly classified and recorded. The text stresses the need for consistency in the accounting treatment of similar transactions and the importance of reviewing the ledger regularly to catch any mistakes early on.

Finally, the document concludes by discussing the role of the general ledger in the overall accounting cycle. It explains how the ledger provides the data needed to prepare the financial statements and how it serves as a central repository for all financial information. The text encourages the reader to maintain a disciplined and systematic approach to their accounting records to ensure the accuracy and reliability of their financial reporting.

Resumen Ejecutivo

Centro Nacional de Investigaciones de Café

Las investigaciones que se adelantaron durante el 2015 se fundamentan en el marco del Documento Estratégico de la Federación Nacional de Cafeteros y el Plan Operativo de Cenicafé, a partir de la definición e implementación de las alternativas de adaptación para la caficultura en Colombia, que contribuyen a recuperar, estabilizar y aumentar la producción y la productividad de los cafetales, con sostenibilidad y calidad, teniendo en cuenta bajo una óptica regional, los principales factores determinantes que inciden en la producción y la productividad.

PROGRAMA CAFICULTURA Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA - CVC

El Programa CVC está estructurado en tres Líneas de Investigación, enfocadas al desarrollo de estrategias de adaptación para asegurar la sostenibilidad de la caficultura Colombiana frente al riesgo asociado a la variabilidad climática. El programa tiene como objetivo “Desarrollar estrategias de adaptación para asegurar la sostenibilidad de la caficultura Colombiana frente al riesgo asociado a la variabilidad climática, basado en conocimiento científico y tecnológico”.

CVC 0100. Medición de amenazas agroclimáticas e identificación de oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática

Con el propósito de identificar la amenaza climática, se están midiendo las variables ambientales (con mayor resolución espacial y temporal) en la zona cafetera colombiana, utilizando 228 estaciones meteorológicas convencionales y 105 estaciones meteorológicas automáticas, para las cuales se creó una aplicación que permite realizar el seguimiento de los sensores como soporte para la programación de visitas técnicas. Esta información se encuentra disponible permanentemente en la Plataforma Agroclimática Cafetera **agroclima.cenicafe.org**, la cual se constituye en una herramienta básica de apoyo para caficultores, extensionistas e investigadores, útil para la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo del café. En la plataforma, este año se implementaron dos nuevas aplicaciones: Vuelos de Broca, donde gráficamente puede verse el comportamiento semanal de vuelo del insecto, en tiempo real, desde el año 2002, en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, y las Noticias sobre el

Índice Oceánico de El Niño, donde se tiene acceso a información del índice, afectación del Fenómeno en las distintas zonas cafeteras y predicción de las variables temperatura y precipitación, para cada trimestre del año. Se comenzó con la publicación mensual del Boletín Agrometeorológico Cafetero. En la plataforma se han registrado 1.153 usuarios, principalmente de Colombia, Estados Unidos, Rusia, China y Brasil, quienes han visitado la página 17.163 veces durante el año 2015.

CVC 0200. Modelación matemática de los factores asociados con el cultivo del Café

Se seleccionó el algoritmo de Penman-Monteith (propuesto por la FAO) para estimar la evapotranspiración del cultivo del café, el cual durante la validación con los valores observados en cada una de las condiciones evaluadas, sobrestimó el valor observado, según prueba t, al 5% (coeficiente de regresión menor de uno), con coeficientes de determinación máximo del 66%. De acuerdo con estos resultados, el coeficiente del consumo de agua por el cultivo en la fase vegetativa es menor que el dado por la FAO, en la fase productiva (0,99).

En la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera colombiana, se identificó que la Unidad Catarina presentó el mayor valor de agua disponible para las plantas (20,98%), seguida de la Unidad Doscientos (17,08%) y la Unidad Chinchiná (12,35%).

Se estableció la relación estadística entre el número de frutos brocados en el árbol con el número de frutos brocados en el suelo. Con esta información, se estableció que en un evento La Niña, por cada fruto perforado por broca dejado en el suelo después de la cosecha principal, habrán 1,5 frutos perforados por broca en el árbol al inicio de la cosecha siguiente, mientras que en el evento El Niño se tendrán 4,2 frutos y en el evento Neutro 2,2 frutos. Además, se identificó que la variable exógena que diferencia los tres eventos del ENSO (Oscilación Sur de El Niño), en esta asociación, es la temperatura media diaria.

Con los registros de la floración en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, además de estimar la proporción de la producción, se evaluó el método de muestreo no probabilístico de los surcos frente al método de muestreo probabilístico sistemático de uno en k. En general, independientemente del año de evaluación y de los sitios, la probabilidad de obtener una estimación de la proporción de árboles con flores por lote con el método en surcos, igual a la obtenida con el método de muestreo sistemático de 1 en k, es del 74,2%. Este resultado indica que la estimación del parámetro número de flores del lote es exigente en tamaño de muestra, dada su variabilidad implícita. Esto implica, que si desde la fase de floración fuese a proyectarse la producción, con un error de estimación dado, se requeriría de un tamaño de muestra mayor. Por lo tanto, el método de muestreo en surcos o el método de muestreo sistemático de 1 en k, con 60 árboles por lote y de cada árbol dos ramas, se recomienda sólo para describir patrones de distribución de producción.

CVC 0300. Generar estrategias para gestionar el riesgo agroclimático en torno al sistema productivo cafetero colombiano

Las investigaciones en evaluación de la vulnerabilidad del componente biofísico (suelo - agua - planta) y socioeconómico, presentan los siguientes avances:

En la caracterización de riesgos por movimientos en masa, se clasificaron los mapas logrados en el 2014 y se inició la generación del mapa de influencia tectónica (fallas y lineamientos) a partir de información secundaria, generada por el Instituto Geológico Colombiano e interpretación de imágenes RapidEye; los resultados parciales del análisis del mosaico RapidEye, indican que un corredor de 1 km, a lado y lado de la falla de Romeral, no es suficiente para delimitar el área de influencia tectónica.

En la estimación del riesgo por erosión hídrica en la región cafetera colombiana, se continuó con las investigaciones en los departamentos de Quindío y Risaralda, donde se determinó la influencia

de longitud e inclinación de la pendiente en la susceptibilidad por pérdida de suelo a causa de dicho fenómeno y se espacializó el factor erodabilidad para ambos departamentos. Según los promedios por unidad, para los dos departamentos, las Unidades La Concha y Belén presentan los menores valores de erodabilidad y los mayores las Unidades Montenegro y Quindío.

En la caracterización del riesgo por plagas y enfermedades se avanzó en la evaluación de la dinámica de interacción de la broca (*Hypothenemus hampei*) y el minador (*Leucoptera coffeellum*) con el cultivo del café, con las variables de clima, en un gradiente altitudinal, en la cuenca del río Risaralda (Caldas). Los resultados muestran que a medida que disminuye la altitud y aumenta la temperatura, aumenta la densidad de broca y las capturas en las trampas. En contraste, el porcentaje de infestación del minador de las hojas del café, en las cinco localidades, no mostró relación con la altitud ni con las variables de clima.

PROGRAMA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD - PPR

El Programa está constituido por seis Líneas de Investigación, con objetivos que apuntan a la estrategia de incrementar la productividad, calidad y sostenibilidad de la caficultura, basado en conocimiento científico. Lidera actividades que permiten ajustar los factores de producción y maximizar la eficiencia en el uso de recursos, generan alternativas sostenibles para el manejo de problemas fitosanitarios, definir los criterios para la discriminación de las potencialidades del germoplasma y hacer más eficientes los procesos de selección de nuevas variedades de café. Adicionalmente, fundamenta los criterios de cosecha y postcosecha, y argumenta las metodologías para afianzar la calidad y procurar un mayor valor agregado a los subproductos.

PPR 0200. Aumentar la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos

Con la parametrización y actualización del SIC@, se identificó que la caficultura ha tenido un

proceso de rejuvenecimiento y han disminuido los cafetales mayores de 9 años, los cuales en el 2008 correspondían al 42% del área- y que hoy representan la cuarta parte; mientras aquellos menores de 3 años, que para el 2008 representaban el 21%, hoy constituyen la tercera parte. En cuanto a la densidad de siembra, los cambios se registran en la reducción de áreas con menos de 3.250 plantas/ha, de tal manera que a diciembre de 2014 disminuyó a 7,4%, mientras que esta densidad representaba el 21,5% en el 2008. Algunos departamentos como Antioquia, Caldas, Huila, Nariño, Risaralda y Quindío presentan en más del 40% del área cafetera actual, densidades superiores a 5.250 plantas/ha, mientras que departamentos como La Guajira, Magdalena, Cesar, Bolívar y Putumayo, tienen un área superior al 25% en densidades menores de 3.250 plantas/ha. Los cambios entre los años 2008 y 2014 corresponden a la disminución en áreas en altitudes inferiores a 1.200 m y aumento por encima de 1.800 m. Las variedades susceptibles que en el 2008 cubrían un 70% del área cafetera, debido a la renovación de cafetales con variedades resistentes, se redujeron para el 2014 al 34%.

En el análisis de los índices bioclimáticos, la producción potencial de café muestra diferencias entre sitios en cada año de producción y el incremento de la producción en cada año, hasta el tercer año para unos y al cuarto año para otros. Al agrupar los sitios, de acuerdo con el índice de aptitud, el sitio calificado como excelente no fue el de mayor producción año por año. De los sitios con índice de aptitud bueno, en la producción acumulada, cuatro de ellos tienen los mayores promedios de producción anual y acumulada. Este resultado indica que debe ajustarse la estructura del índice o identificar si dicha estructura es la adecuada para estimar la producción cuando es afectada por déficit o exceso hídrico.

PPR 0300. Aumento de la eficiencia de los factores de producción

En el objetivo **aumentar la eficiencia en los factores de manejo y de producción de los sistemas de producción del café en Colombia**, se obtuvieron los siguientes avances:

- Se evaluaron nuevas alternativas de fertilización y enclamiento que permitieron obtener almácigos más vigorosos. Para esta misma etapa, se demostró que el crecimiento de las plantas de café disminuye en condiciones de baja humedad de la capa superficial del sustrato o de baja humedad relativa del aire.
- Se encontró que la fertilización con micronutrientes, realizada durante un año, posiblemente no afecta a corto plazo la producción de café.
- Se determinaron las relaciones entre los contenidos Ca^{2+} , Mg^{2+} y K en la solución del suelo y la fase de cambio en cinco unidades cartográficas de los departamentos de Risaralda y Quindío.
- Se encontró que la densidad aparente del suelo, propiedad relacionada con la materia orgánica, exhibe un comportamiento inverso a la humedad en las unidades cartográficas de Chinchiná y Doscientos, y presenta una mayor variabilidad espacial en la dimensión horizontal que la vertical en la unidad Chinchiná.
- En sistemas agroforestales, en el municipio de El Socorro (Santander), se evaluó el efecto de la intensidad del sombrío de *Inga* sp. sobre la respuesta en producción del café a la densidad de siembra, registrando la producción máxima con el café establecido con 10.000 plantas/ha, con el sombrío de 123 árboles/ha de *Inga edulis* (guamo santafereño). Además, en la Estación Experimental Pueblo Bello (Pueblo Bello, Cesar), se evaluaron diferentes fuentes minerales naturales en mezcla con pulpa descompuesta, para emplearlas como fertilizantes en programas de producción de café orgánico, encontrando que pueden establecerse cafetales con altas densidades de siembra, entre 6.000 y 8.000 plantas/ha, fertilizados con 2,25 kg de lombricompostado seco (humedad del 12% al 15%) en mezcla con una fuente de K (sulpomag), en la cantidad recomendada en el análisis de suelos.
- En cafetales a libre exposición, en las Estaciones Experimentales Naranjal (Chinchiná, Caldas),

Paraguacito (Montenegro, Quindío), La Catalina (Pereira, Risaralda) y Gigante (Gigante, Huila), en lotes de Variedad Castillo® con arreglo espacial de 2,0 m x 1,0 m y dos tallos por sitio, actualmente se evalúan diferentes tipos de renovación o poda, con variación en la altura de corte de 1,90 m, 1,75 m y 0,60 m, y la longitud de las ramas o longitud del despunte a 20 y 40 cm, además de la zoca tradicional a 30 cm. Los registros de producción acumulada de café cereza durante 25 y 21 meses de cosecha en dos localidades, muestran para los tratamientos con podas altas y despunte de ramas, rangos de producción superiores entre 50% y 66% con relación a la zoca tradicional en la localidad de Naranjal y rangos de producción superiores entre el 33% y el 52% con relación a la zoca tradicional en Paraguacito. La poda alta por su rápida recuperación de área foliar y estructuras reproductivas es una de las alternativas para estabilizar la producción de los predios cafeteros y para obtener producción a corto plazo.

- Se obtuvo un modelo para estimar la producción de café, en cereza verde, a partir del área foliar de la rama y el número de hojas en ésta, con un coeficiente de regresión diferente de cero, según prueba de *t* al 5% y un coeficiente de determinación del 78,3%.

En el objetivo de **augmentar la eficiencia de los factores asociados con la cosecha y postcosecha del café** se lograron los siguientes avances:

- En cosecha asistida de café, se realizaron ensayos con los equipos portátiles Twist y Gulliver durante la cosecha principal del 2014, en la Estación Experimental Pueblo Bello (Cesar) y en los municipios de San Gil y Socorro en Santander. Con el equipo Twist, el rendimiento promedio estuvo entre 40,0 y 47,74 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$, con 6,79% de frutos verdes en la masa recolectada y considerando el tiempo de labores con las mallas en el repase manual para recoger los frutos que no fueron desprendidos con el equipo. Con el equipo Gulliver el rendimiento promedio fue de 24,6 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$. Con estos resultados, se sugiere usar los equipos portátiles Twist y Gulliver en los pases

de cosecha principal en el departamento de Santander, municipios de San Gil y Socorro, con alta carga y concentración de frutos maduros, en plantaciones localizadas en terrenos con pendiente de hasta 70%, sembradas con distancia entre surcos superior a 1,5 m.

- Se desarrollaron algoritmos que permiten identificar granos de café defectuosos en el estado de lavado, principalmente granos brocados, con defecto fermento avanzado, inmaduros, con daño mecánico y granos negros. Se implementó un sistema de visión artificial a nivel de laboratorio, conformado por una cámara industrial de alta velocidad y un sistema de iluminación controlado. Se determinó que el color azul (R=0, G=116 y B=238) fue el fondo que presentó mayor contraste con todos los tipos de granos, incluyendo los claros y los oscuros. Los algoritmos desarrollados para granos sanos y para los granos con los defectos mencionados obtuvieron una eficacia superior al 95%, trabajando con más de 500 imágenes para cada tipo de grano, lo que los hace convenientes para ser utilizados en el desarrollo de una máquina para clasificación de café lavado.
- Se obtuvo un modelo lineal de estimación del porcentaje de madurez de frutos en ramas de café, con métodos no destructivos, a partir de las imágenes adquiridas con dispositivos móviles. El procesamiento de imágenes consistió en detectar el área correspondiente a tres estados de desarrollo de los frutos, inmaduros, pintones y maduros. El modelo relaciona el área total de la rama con el área correspondiente a frutos maduros y tiene un coeficiente de determinación $R^2=88\%$, con un error promedio absoluto del 3,9% entre el porcentaje de maduración real y el estimado mediante análisis de imagen. El modelo validado en otras ramas tiene un $R^2=75\%$ y un error promedio de 5,5%.
- Se evaluó un generador de energía eléctrica utilizando chips de madera de café. El mejor rendimiento con chips de café (57%) y el menor costo (\$ 0,094USD / kg) se obtuvieron con tallos de 80 cm de longitud obtenidos de árboles con un solo tallo, utilizando una máquina marca Koyote CK4 de fabricación nacional. El gas combustible producido a partir de madera de café tuvo la siguiente composición y poder calorífico inferior (PCI): CO: 19,0%; H₂: 19,9%; CH₄: 3,0%; CO₂: 10,0%; O₂: 0,2%; PCI: 5.669,3 kJ/m³. La producción de energía eléctrica y gas combustible varió entre 1,14 y 1,47 kg de biomasa/kWe y 2,11 y 2,48 m³.kg⁻¹ de biomasa, respectivamente. El costo promedio de energía fue de US \$ 0,29/kWe. Se requiere mejorar fallas en el equipo causadas por la alta concentración de alquitranes en el gas combustible que ingresa al motor.
- Continuó la evaluación de un dispositivo de accionamiento manual para recoger frutos del suelo (canastilla), en 18 lotes de siete localidades, sembrados con *Coffea arabica* Variedad Castillo®, de 4 años de edad, con densidades de siembra de 3.000 árboles y distancias de 1,0 x 1,0 m, 1,3 x 1,0 m, 1,5 x 1,0 m y 2,0 x 1,0 m. La eficacia de recolección de frutos del suelo con el equipo, en lotes con pendientes bajas (< 30%), osciló entre un 85,5% y 96,4%. Independientemente del nivel de hojarasca y el número de frutos en el suelo, el tiempo empleado con la canastilla fue 15,8 s/árbol en comparación con la recolección manual con promedio de 23,2 s/árbol. En contraste, para lotes con pendientes mayores de 40%, el método manual fue más rápido con promedios de 22,9 s/árbol comparado con la canastilla con 26,9 s/árbol. El costo de mano de obra en la recolección de frutos del suelo requiere de 2,0 a 2,4 jornales/ha. Con la canastilla pudieron retirarse del lote hasta 892.000 brocas de los frutos brocados del suelo, contabilizando el número de estados biológicos de broca y el número de frutos brocados caídos. Los resultados mostraron que el repase de los frutos del suelo con la canastilla al final de la cosecha disminuye los niveles de infestación de broca en el árbol en la cosecha siguiente, hasta en un 71,2%, con respecto al testigo. Los mejores resultados se obtuvieron cuando la eficacia en la recolección de los frutos del suelo fue superior al 65%. Estos valores permiten mantener las poblaciones de broca en el lote por debajo del nivel de daño económico, permite

obtener beneficios económicos e incentivos al aumentar el porcentaje de almendra sana (> de 75% en la parcela tratamiento con respecto al testigo) y generan sobrepuestos en el pago de una carga de 125 kg de cps.

PPR 0500. Estrategias de protección del cultivo

Control de artrópodos plagas del café

Se está desarrollando un producto natural para el control de la broca del café al cual, por sus resultados de laboratorio y campo, la Superintendencia de Industria y Comercio, a través de la Resolución No. 39025 del 30 de julio de 2015, otorgó la Patente de Invención a la creación titulada: “Formulaciones plaguicidas que comprenden extractos de ajo (*Allium sativum*), de ají (*Capsicum* sp.) y de ajeno (*Artemisa* spp.), o combinación de los mismos y los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisoplae*, o combinación de los mismos” Titulares: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Ecoflora Agro S.A.S. Inventores: Pablo Benavides y Carmenza Góngora. Número de radicación: 13-010-500-00010-0000.

Se ha identificado un metabolito secundario y uno análogo que ocasionan la muerte de la broca en condiciones de laboratorio, estos serán microencapsulados con el fin de obtener productos biorracionales para el control de la broca en Colombia. Se identificaron plantas repelentes y atrayentes de la broca del café en condiciones de laboratorio y en el campo para ser usados en una estrategia sostenible de control agroecológico. *Nicotiana tabacum* demostró ser repelente en el campo, por el contrario *Crotalaria micans* fue atrayente. Se identificaron compuestos volátiles por medio de cromatografías de gases ensamblada a espectrofotometría de masas (GC-MS) tanto en las plantas atrayentes como repelentes, los cuales pueden ser responsables de los comportamientos observados en la broca. Se evidencia la depredación de estados de broca al interior de los granos de café por especies de hormigas del género *Crematogaster*, para lo cual se está estandarizando una metodología molecular, para cuantificar el nivel de depredación en el campo. Se validaron en el campo las estrategias para el manejo integrado de las cochinillas de las

raíces del café y se presenta la modificación de un equipo de aspersión para el control de estas plagas del suelo. Se entrega la primera estandarización de un proceso de cría del insecto *Zelus* sp., depredador de la chinche de la chamusquina del café, plaga limitante en la caficultura del sur del país, y de otros cultivos de importancia en la zona cafetero como es el aguacate, cacao y guayaba.

Control de enfermedades del café

Los seguimientos epidemiológicos de los hongos fitopatógenos durante este año, permiten indicar que la ocurrencia de El Niño no es favorable para el desarrollo de la mayoría de las enfermedades del café; sin embargo, no frena completamente el desarrollo de la roya del cafeto. Se corrobora que aun en un año de influencia de El Niño puede existir un impacto negativo de la roya sobre la producción de café. Se recomienda ajustar las aplicaciones de cada localidad, de acuerdo con los cambios en la distribución de la cosecha determinados por los momentos de floración de cada año, sin depender de un sistema de aplicación de calendario fijo, que no considera la variabilidad del clima.

Control de arvenses del café

Se presenta un listado de 502 plantas de la zona cafetera con potencial para ser usados en un programa de conservación del suelo, el agua y la fauna benéfica, en una estrategia de sostenibilidad de la caficultura colombiana.

Diagnósticos fitosanitarios nacionales

Se presenta el primer reporte de un saltamontes atacando el cultivo del café en el departamento de Antioquia, del género *Balachowskyacris* sp., con parasitismo natural causado por nematodos entomopatógenos. Se reporta una plaga esporádica de un lepidóptero de la familia Cossidae barrenando árboles de café en el municipio de La Plata Huila, así como murciélagos frugívoros que se alimentan de cultivos de café en este mismo departamento.

PPR 0600. Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades

El objetivo principal de esta Línea de investigación es la producción de variedades mejoradas

altamente adaptadas a las condiciones particulares de la caficultura colombiana, que tengan buenas características agronómicas, excelente calidad del grano y de la bebida, alta producción y resistencia a las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo. La obtención de estas variedades se realiza mediante el cruzamiento entre progenitores que tengan estos caracteres. Este año se evaluaron progenies de cruzamientos con genotipos resistentes a la enfermedad de los frutos del café (CBD) como el Híbrido de Timor y algunas accesiones etíopes de *C. arabica*. Las progenies seleccionadas son un recurso valioso de genes de resistencia a CBD, alto rendimiento, resistencia a roya y tamaño de grano (café supremo mayor a 70%).

En la búsqueda de progenies con genes de resistencia a la roya, diferentes a los del Híbrido de Timor, se seleccionaron plantas F1 de cruzamientos con genotipos portadores de los genes de resistencia a la roya (S_H1 , S_H2 y S_H4) provenientes de *C. arabica*, con el fin de obtener nuevas combinaciones de genes, para asegurar la estabilidad y duración de la resistencia a la enfermedad. Así mismo, mediante pruebas de campo y laboratorio se demostró que es posible realizar una selección asistida con marcadores moleculares (SAM) para el gen S_H3 (resistencia a roya proveniente de *C. liberica*). Estos resultados, también sugieren la presencia de al menos un gen adicional de resistencia al gen S_H3 en los parentales que provienen de *C. liberica*.

Uno de los recursos genéticos más valiosos del género *Coffea* que tiene Cenicafé son las introducciones de especies diploides, especialmente *Coffea canephora*, las cuales por sus buenas características agronómicas, especialmente de resistencia a enfermedades, pueden ser utilizadas para la transferencia de caracteres deseables a las variedades cultivadas de *C. arabica* mediante hibridación interespecífica. Se evaluaron 101 progenies provenientes de retrocruzamientos con Caturra de híbridos interespecíficos entre *C. arabica* var. Caturra y diferentes introducciones de *C. canephora*. Las semillas de las mejores plantas de cada progenie fueron recolectadas y serán sembradas en nuevos experimentos de adaptación regional y de calidad en taza, con el propósito de identificar progenies candidatas a conformar una

variedad con genes de resistencia a la roya diferentes a los de la Variedad Castillo® y con mejor ideotipo y producción.

Dado que el mejoramiento genético se basa en el conocimiento del germoplasma, este año a partir de información genotípica y fenotípica se construyó la primera muestra representativa de la diversidad de la Colección Colombiana de Café – denominada “mini-core”, conformada por 50 accesiones. Paralelamente, se continuó con la evaluación del germoplasma para diferentes características: agronómicas, morfológicas, fisiológicas y de calidad, entre otras. Al evaluar 300 accesiones etíopes de *C. arabica* provenientes de la Colección Colombiana de Café se demostró que existe variabilidad en producción, altura, tamaño de grano y perfiles sensoriales. Algunos genotipos Etíopes presentaron una producción similar o superior a *C. canephora* que en promedio produjo entre 6,4 a 8,2 kg de café cereza por planta. También existen accesiones con un porcentaje de café supremo similar a Típica con un promedio entre 60% a 71%. Estas accesiones también se destacaron por sus perfiles sensoriales. Así mismo, se encontró que existen genotipos que responden de manera diferencial a la adición del nitrógeno, y se hizo una primera aproximación a los mecanismos relacionados en la asimilación del nitrógeno inorgánico en *C. arabica*. Toda esta variabilidad representa el potencial del germoplasma para el desarrollo de las variedades del futuro de café en Colombia.

PPR 0800. Bioprospección

En las actividades de las colecciones biológicas se continúa con el mantenimiento de un cepario de hongos asociados a insectos plagas y enfermedades del café, y se inició la preservación de 73 nuevos aislamientos de hongos obtenidos de diferentes suelos de la zona cafetera. También se introdujeron 84 nuevos registros a la colección del Museo Entomológico de Cenicafé que incluyen saltamontes, falsos medidores, barrenadores y lepidópteros del género *Ourocnemis*, que se han encontrado atacando a café, pero donde también ha sido posible identificar enemigos naturales, principalmente avispa, nematodos y hongos entomopatógenos. En el estudio de nuevas razas de roya, se iniciaron

los trabajos de inoculaciones cruzadas con las razas complejas presentes en los componentes de la Variedad Castillo® El Tambo, evidenciando las diferencias en el número de genes de resistencia presentes en estos genotipos. El seguimiento de razas compatibles con la variedad Caturra en plantaciones en el extremo superior del rango altitudinal de la caficultura Colombiana confirma la necesidad de monitorear y ejercer control de la enfermedad en altitudes por debajo de los 2.000 m, por su efecto en la producción. Utilizando el índice compuesto de infección de roya fue posible realizar comparaciones entre localidades y su relación con el comportamiento del ENSO (Oscilación Sur de El Niño), que puede explicar el efecto diferencial del fenómeno sobre las epidemias de roya en diversos sitios de la geografía, y su uso potencial en la emisión de alertas tempranas basadas en datos climáticos. Finalmente, en la identificación de genes y metabolitos de interés mediante herramientas de genómica funcional, se desarrolló una arquitectura software que facilita la inferencia y visualización de redes de genes, permitiendo la identificación de nuevos grupos de co-expresión y soportando la anotación de nuevos genes encontrados en café.

PPR 0900. Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad del café, cacao y otros productos, y al aseguramiento de la calidad

Se finalizó la estructuración del Documento técnico que soportará la solicitud de Denominación de Origen del Café de Tolima y Café de la Sierra Nevada. Se elaboró y se entregó el documento que caracteriza la calidad del Café de Norte de Santander.

Se crearon dos modelos de predicción de origen o ecuaciones discriminantes, por medio de la técnica NIRS, con el objetivo de identificar el origen de las muestras de café analizadas en los equipos NIRS de los puertos de Buenaventura, Cartagena y Santa Marta.

Se analizaron 29 lotes de fermentaciones de café de Variedad Castillo® y variedad Tabi, a 15 y 23°C, en sistemas sólidos y sumergidos, produciendo más de 300 libras de café tostado, con sabor a chocolate, caramelo y dulce.

Se desarrolló un proceso para la producción de tisanas de pulpa de café, el cual es un producto estéril, seco y molido de un buen sabor. Se evaluaron cuatro tratamientos en la descomposición de pulpa de café mezclada con mucílago fermentado (mieles del Ecomill®). Los mejores rendimientos en promedio del proceso de transformación, en base seca, se alcanzaron después de 26 días, con un tratamiento que contenía larvas de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) y en otro tratamiento con lombriz roja, con valores del 46,99% y 47,10%, respectivamente. El tratamiento testigo, aún sin descomponerse completamente, presentó un rendimiento en base seca del 41,91% en promedio.

Cacao. Se realizaron ensayos en muestras de licor de cacaos fermentados en las variables: tiempo de congelación, repetibilidad espectral, hora de lectura, rotación y ángulo de la celda. Posteriormente, se realizó un análisis de componentes principales de los espectros sin encontrar diferencias significativas en las variables estudiadas.

PROGRAMA GESTIÓN INTELIGENTE DEL AGUA (GIA)

Agua para una caficultura sostenible

Se está estructurando el plan de formación en el análisis y medición del Retorno Social de la Inversión (SROI) para el Programa GIA, con el fin de obtener el retorno por cada peso invertido por los Cooperantes en los beneficios sociales, económicos y ambientales.

Se realizó el diagnóstico técnico y el levantamiento arquitectónico en el campo, de la estructura actual de beneficio de las fincas seleccionadas en 25 microcuencas y se elaboró un protocolo para el diseño, construcción y funcionamiento de fosas de pulpa tipo invernadero, para el uso de las aguas residuales del café.

Ecosistemas Hídricos Sostenibles

Dentro del plan de trabajo del componente forestal se desarrollaron tres actividades principales: (I) Selección de fincas participantes en el plan de reforestación con incentivo, (II) Diseño de los modelos forestales y especies arbóreas a utilizar

por finca y (III) Firma de acuerdos forestales con los productores.

Se generó una guía práctica para la sensibilización en conservación de suelos y se avanzó en la elaboración de los diseños de intervención para las microcuencas de Caldas y Antioquia.

En el Pago por Servicios Ambientales se revisaron los documentos “planes de manejo de la microcuenca” de los cinco departamentos objeto de intervención del Programa GIA. En éstos, para las 25 microcuencas, se identificaron generalidades, similitudes en los patrones de manejo y se están aplicando cinco criterios para seleccionar las microcuencas que serán objeto del esquema de pagos por servicios ambientales.

Decisiones responsables frente al agua

Se realizó la selección final de los puntos para los estudios de calidad del agua en las 25 microcuencas del programa. Los resultados evidenciaron el deterioro en la calidad del agua después de pasar por la zona cafetera y recibir los vertimientos de las diferentes actividades que se realizan en la cuenca (producción agrícola, producción pecuaria, actividades domésticas e industriales), pasando de un valor medio de 0,74 (calidad buena del agua) a un valor de 0,60 (calidad media del agua).

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CAFÉ

Cenicafé continúa con la responsabilidad de producir y distribuir semillas mejoradas de café para la renovación del parque productor de Colombia, cuyo fin es “Recuperar, Aumentar y Estabilizar la producción de café en el país”. Para esto se usan parámetros de calidad establecidos en las Estaciones Experimentales de Cenicafé. A partir del año 2014 se estableció el Acuerdo de Nivel de Servicios entre Cenicafé y el Servicio de Extensión, con el fin de asegurar la provisión de semilla y la adquisición por parte del Servicio de Extensión.

Para el año comprendido entre octubre de 2014 y septiembre de 2015, se estimó la necesidad de semilla en 94.163 kg y se distribuyeron 97.246 kg procedentes exclusivamente de las Estaciones

Experimentales de Cenicafé a los diferentes Comités de Cafeteros. Las mayores entregas se realizaron a los departamentos de Cauca con 26.220 kg, seguido de Santander con 11.957 kg, Tolima con 8.997 kg y Valle del Cauca con 8.453 kg.

La Federación Nacional de Cafeteros – Cenicafé obtuvo el registro como productor de semilla seleccionada, mediante resolución número 004266 del 10 diciembre de 2014, del Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Esto permite garantizarle al caficultor que la semilla producida por Cenicafé cuenta con los parámetros exigidos por la normatividad Colombiana relacionada con la comercialización y acondicionamiento de semilla.

Evaluación de la implementación de corredores biológicos y un Sistema de Gestión Integrado, en las áreas de influencia del Programa Forestal KfW

Este proyecto tiene como objetivo mejorar el manejo de la biodiversidad por parte de los agricultores bajo un modelo de Corredor de Conservación, comprende la implementación de herramientas de manejo del paisaje y de un sistema integrado de gestión en buenas prácticas agrícolas en las fincas de los caficultores que se encuentran en las áreas seleccionadas de siete microcuencas cafeteras. Los resultados más relevantes obtenidos son:

Dimensión ambiental

Durante este período se reporta el establecimiento de 844,6 ha de herramientas de manejo del paisaje (HMP) con la siembra de especies forestales nativas, que sumadas a las áreas implementadas en períodos anteriores, representan cerca del 60%, de 3.740 ha propuestas hasta el fin del proyecto. Adicionalmente, se realizó la definición y compra de la infraestructura de beneficio ecológico que permitirá mejorar el desempeño ambiental de las fincas de los beneficiarios de las microcuencas. Se entregaron: 228 tolvas secas, 218 tanques tinas, 126 sistemas modulares de tratamiento anaerobio –SMTA, 342 sistemas de saneamiento básico y se construirán 274 fosas para el manejo de la pulpa del café. La metodología que se ha venido desarrollando en el proyecto para el manejo de residuos sólidos

con las comunidades, fue adaptada e implementada en el marco del proyecto FNC-ILLI en Támara (Casanare), mostrando resultados que permitieron evidenciar el potencial que tienen las metodologías generadas en este proyecto en otras comunidades.

Dimensión social

Se ha seguido consolidando el trabajo comunitario a través de comités participativos. Con esto se busca fortalecer el trabajo en equipo, la solidaridad, la confianza, reciprocidad, valores que fortalecen el capital social, y así inducir a las personas a concretar su intención de realizar acciones de conservación. De igual forma, se ha trabajado con las instituciones educativas que se encuentran ubicadas en la microcuenca y se han conformado once grupos de observadores de aves. Con respecto al plan de formación, se destaca la implementación de los módulos “Conservando la biodiversidad de nuestro corredor”, “Produciendo Café con calidad en nuestro corredor” y “Conservando el agua y el suelo de nuestro corredor” a 521 personas, en las diferentes microcuencas, con el apoyo del SENA. Se cuenta con la guía de implementación “Mi finca soñada. Plan de corredor, plan de mejoramiento” para iniciar con su implementación en el año 2016. Las Guías de observadores de aves, que se han elaborado hasta ahora son de las de las microcuencas de Cauca, Caldas, Antioquia, Tolima y Huila.

Dimensión económica

Con el fin de mejorar la calidad del café y la productividad de las fincas, se realizaron análisis de calidad de café a los beneficiarios de la microcuencas, para iniciar planes de mejoramiento de acuerdo a los resultados obtenidos. Con el apoyo del Servicio de Extensión se han realizado campañas intensivas con los caficultores de la microcuencas dirigidas a mejorar la calidad final del café. Estas acciones están ligadas igualmente a la infraestructura productiva que ha sido entregada a los beneficiarios.

ALERTAS CLIMÁTICAS, ROYA Y BROCA

Durante este año se continuaron las evaluaciones nacionales con el Servicio de Extensión, para diagnosticar la infestación de broca y la infección

por roya en todo el territorio cafetero. En más de 5.000 lotes escogidos aleatoriamente, con edades entre 24 y 72 meses, se realizaron cuatro mediciones a lo largo del año. Este ejercicio no tiene precedente en el país o los países cafeteros.

Dados los niveles de broca registrados en el mes de julio de 2014 y la alta probabilidad de un fenómeno de El Niño a finales de 2014 y principios de 2015, la Gerencia Técnica formuló y puso en marcha una campaña nacional contra la broca bajo los lemas “Para ganar hay que repasar” y “Repasando protejo mi cosecha”, que resultó en bajos niveles de infestación para el primer semestre del año. Igualmente, con la tercera medición de 2015 se generó una alerta temprana regional para los departamentos de Valle del Cauca y Quindío, por presentarse infestaciones superiores al nivel de daño económico (5%).

Por su parte, las evaluaciones de roya confirman la estabilidad de la resistencia en las variedades desarrolladas por Cenicafé, con un valor medio de infección igual o menor al 3%. La mayoría de los lotes susceptibles afectados presentan niveles de infección entre el 5% y el 30%, que están dentro del rango de manejo integrado de la enfermedad.

Estas alertas directas a los Comités Departamentales han estado acompañadas de reportes climáticos entregados a través de la Plataforma Agroclimática Cafetera, que de manera continuada y oportuna han venido registrando el comportamiento del Fenómeno de El Niño, más recientemente mediante la emisión mensual del Boletín Agrometeorológico cafetero.

Las alertas han recordado a los Comités y a los caficultores que los efectos de El Niño no son los mismos en todo el país, y que no se debe descuidar el monitoreo y la eventual aplicación de prácticas de manejo oportunas en los lotes, antes de que se alcancen niveles de ataque de plagas o enfermedades que afecten económicamente la cosecha.

REGALÍAS HUILA

“Investigación aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo de café

ajustado a las condiciones particulares del Huila”

Con este proyecto, a través de la investigación, se impactará la recuperación, estabilización y aumento de la producción y la productividad de los cafetales con sostenibilidad y calidad en el departamento del Huila. Igualmente, se definirán las zonas agroecológicas en función de la información de suelos, clima y fenología del cultivo de café, mapas de vulnerabilidad y riesgo y se determinarán las condiciones más probables para los próximos años; además de establecer alternativas de adaptación para la caficultura Huilense, teniendo en cuenta los principales factores determinantes que inciden en la producción y la productividad. Los productos esperados al finalizar el proyecto son: (a) Desarrollo de tres estrategias de ajuste en el sistema de producción, (b) 40 fincas en proceso de certificación y (c) cuatro alertas asociadas a plagas y enfermedades del café en el departamento de Huila. Este proyecto está conformado por nueve investigaciones alineadas con el plan estratégico de Cenicafé.

Se realizaron los procesos de selección del personal para la ejecución de la investigación y la identificación de los municipios para establecer los lotes experimentales, concertados con el Comité Departamental de Caficultores del Huila y el Servicio de Extensión. Se eligieron las localidades de Acevedo, Pitalito y Garzón en la zona sur, La Plata, Gigante y Algeciras en la zona centro y Santa María, Tello y Teruel en la zona norte del departamento. Para la selección de los predios en cada localidad se inició un proceso de reconocimiento de las condiciones que cumplen los criterios establecidos en la metodología para el desarrollo de cada una de las investigaciones y el análisis de la información SIC@, con el apoyo del personal del Servicio de Extensión.

Luego de identificar los predios con aptitud cafetera, se procedió a realizar el reconocimiento de campo. Para la obtención del material vegetal se cuenta con germinadores de Variedad Castillo® establecidos en el municipio de Gigante Huila. Se iniciaron las actividades para caracterizar la fertilidad de los suelos de la región cafetera de Huila, evaluar la

dinámica de las propiedades químicas del suelo y definir recomendaciones para el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de cafetales en las diferentes etapas del cultivo y se definió uno de los dos transectos que deben establecerse en la investigación “Generar sistemas de alertas tempranas para los problemas fitosanitarios”.

Durante los días 7 y 8 de julio de 2015 se realizó en la ciudad de Neiva, la socialización del proyecto a los representantes gremiales del Comité de Cafeteros del Huila, la Gobernación, el Sena, universidades y demás actores del proyecto. Igualmente se ha informado a la comunidad en eventos como “Primer Congreso Internacional de Apropiación de Ciencia y Tecnología e Innovación” y el XIV Expociencia Expotecnología 2015, organizado por la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC).

Caracterización del nivel de adopción de buenas prácticas agrícolas - BPA en los componentes técnico-económico, social y ambiental en la zona cafetera de Támara Casanare

En el marco del Convenio Fundación Illy y la FNC, con el proyecto “Mejoramiento de las condiciones ambientales de las fuentes y cauces de agua en la zona cafetera o de influencia cafetera del municipio de Támara-Casanare” se realizó la caracterización de 80 familias participantes asociadas al proyecto, para determinar el nivel de adopción de buenas prácticas agrícolas con criterios de sostenibilidad, asociadas al cultivo del café, y desarrollar planes de mejoramiento, a partir de los resultados de la línea base. Para el desarrollo de este trabajo se contó con la colaboración del Equipo Técnico del Servicio de Extensión de Oficinas Coordinadoras seccional Támara, en el departamento de Casanare, y la participación de investigadores de Cenicafé para el fortalecimiento de los conocimientos de los técnicos. Adicionalmente, se implementó un Programa de Manejo de Residuos Sólidos, bajo la metodología desarrollada en las microcuencas del proyecto KfW – FNC “Construyendo un corredor de conservación en nuestra región cafetera”, en las áreas de influencia del Proyecto.

NAMA CAFÉ DE COLOMBIA

(Acciones de mitigación nacionalmente apropiadas, NAMA por sus siglas en inglés). Durante el año 2015, Cenicafé participó en la construcción de la Nota de Información de la NAMA (NINO), primer paso para la construcción del diseño de la NAMA Café de Colombia. El documento cuenta con los aportes de las disciplinas de Sostenibilidad, Ingeniería Agrícola, Gestión de Recursos Naturales y Conservación y Fitotecnia. El NINO define las actividades que desde el punto de vista de ajuste de los sistemas productivos, uso eficiente de fertilizantes, disminución de emisiones en el proceso de la postcosecha del café, manejo de subproductos y saneamiento básico, podrían ser implementadas en fincas de productores para la mitigación al cambio climático en el subsector cafetero, identificando los impactos potenciales de la NAMA en términos de contribución de la actividad al desarrollo sostenible del país y potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, planteando las medidas de financiamiento del proyecto y estimando el mecanismo de un sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV). Adicionalmente, presentó la propuesta de las actividades a seguir en la fase de diseño, planteando la sinergia entre el gobierno y demás actores interesados.

INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTRE (IDRC) - CANADÁ

Con el objetivo de contribuir a la generación de estrategias, lineamientos de políticas, propuestas y acciones por consenso para el reducir el riesgo, la vulnerabilidad y los efectos del cambio climático en el sector cafetero colombiano, durante el año 2015 Cenicafé logró la aprobación por parte del *International Development Research Centre - Canadá* de la propuesta “Aumentando la resiliencia a eventos climáticos extremos en el sector cafetero colombiano. Trascendiendo el pasado y el presente para preparar los caficultores para el futuro”. El proyecto se beneficiará de una colaboración estrecha entre investigadores de numerosas disciplinas de las ciencias biofísicas y socioeconómicas de Cenicafé y de la articulación con investigadores de diferentes Universidades y de la de la Fundación HRN. El proyecto se hará en colaboración estrecha con el programa de Tim Hortons en Colombia y permitirá

la inclusión de dos áreas piloto en Colombia a la red de sitios de la iniciativa *Coffee and Climate*.

DESARROLLO DEL ESTÁNDAR DE HUELLA AMBIENTAL

Durante el 2015, en el desarrollo de la estructuración y definición de estándar de Huella Ambiental para el café, se realizaron las siguientes actividades dentro de las fases y criterios definidos en el proceso de normalización de la Unión Europea:

- Se elaboró el borrador de norma bajo la estructura definida por la Unión Europea, conjuntamente con los miembros de la Secretaría Técnica.
- Para toda la cadena de valor se recopiló la información disponible para realizar el cálculo de la Huella Ambiental. Específicamente para el sistema de producción de café, se reunieron datos relacionados con: área sembrada, edad de los cultivos, producción, variedades, sistemas de producción (libre exposición y sistemas agroforestales, producción de café orgánico), fertilización, consumo de agua y de energía.
- Con esta información se realizaron cálculos en escritorio (screening).
- Simultáneamente, entre la FNC y CEPAL, se constituyó una red de conocimiento entre los países productores de café, integrada actualmente por diez países. El objetivo de esta red es aportar información y participar en la discusión pública del estándar para contribuir al consenso que deben tener este tipo de documentos.
- A la fecha se han programado dos reuniones de discusión pública, donde se han recibido aportes que contribuyen al fortalecimiento del documento de norma.
- De acuerdo al procedimiento de normalización se están planeando establecer pilotos para validar la aplicación de la norma.

DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA

Durante la vigencia del 2015 se publicaron los Avances Técnicos 449 al 459 y la Revista Cenicafé

Vol. 64 No. 2, Vol. 65 Nos. 1 y 2 y Vol. 66 No 1, el libro Informe Anual de Actividades de Cenicafé del 2014, así como el Boletín Técnico No. 40. Lixiviación de nutrientes en suelos de la zona cafetera: Prácticas que ayudan a reducirla.

En cuanto a la participación en eventos, Cenicafé participó en la Feria del Café en Calarcá, Expociencia Expotecnología y en Expoespeciales 2015.

Se atendieron 3.791 visitantes, entre el último trimestre del 2014 y el 2015, para lo cual se recibieron 164 giras a las instalaciones de Cenicafé. Entre los visitantes se encuentran Caficultores, funcionarios de la Federación Nacional de Cafeteros, Entidades Cooperantes, Centros de Investigación, compradores de café y periodistas.

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 98 actividades de capacitación de los Extensionistas de todo el país, a los cuales asistieron 3.832 colaboradores del Servicio de Extensión, desde enero de 2015 hasta diciembre de 2015.

Durante el año 2015 se realizó el despacho en físico de los Avances Técnicos 435 al 454, la Revista Cenicafé vol. 62 No.1; vol.62 No.2, 63 No1 y 63 No.2 el Boletín Técnico No.39 y el informe Anual de Cenicafé del 2014 a todos los comites de Cafeteros y colaboradores de Oficina Central. En total se despatcharon 146.120 ejemplares de las publicaciones anteriormente descritas.

Se ha continuado con la Divulgación de la página de Cenicafé, hoy se cuenta con 13.000 correos, a los cuales se les envía información sobre nuevas publicaciones y otros temas de interés.

Otras actividades de divulgación y formación

El día lunes 11 de mayo de 2015, visitó las instalaciones de Cenicafé el Embajador de Estados Unidos, señor Kevin Whitaker, y su comitiva, con el

fin de conocer el Centro de Investigaciones de Café en Colombia, algunos de sus desarrollos en ciencia y tecnología, así como para conocer de primera mano, los avances en la producción de energía eléctrica a partir de la madera del café, proyecto que se desarrolla actualmente en el marco de la iniciativa de Estados Unidos para las Américas *Energy and Climate Partnership of the Americas* (ECPA), el cual viene siendo adelantado por el equipo de la Disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé. Durante la visita, el Embajador estuvo acompañado por el doctor Fernando Gast, Director de Cenicafé, el doctor Juan Esteban Orduz de la Oficina de la Federación en Nueva York, y algunos investigadores del Centro; además, tuvo la oportunidad de conocer a Juan Valdez, ícono del café de Colombia, y con él compartir un corto pero maravilloso recorrido por la ciencia del café en Colombia.

Entre el 17 y el 21 de abril, el Director de Cenicafé estuvo como invitado en Alemania, con el fin de establecer las prioridades de la negociación científica bilateral entre Alemania y Colombia para la agricultura, donde además de la representación de café, estuvieron los representantes en Colombia para la producción de caña, palma, cacao, arroz y plátano. Dentro de las estrategias a desarrollar están el sensoramiento remoto a través del monitoreo, modelamiento de prototipos, desarrollo de nueva tecnología y estructura informática; a nivel analítico la estrategia estaría encaminada en el uso de equipos por costos y capacidades, en lo cual se destaca la alta tecnología de Alemania, la capacitación y la Smart Tech. con retroalimentación; en términos de calidad y trazabilidad se tienen las estrategias de trazabilidad, denominación de origen y georreferenciación; finalmente, para el mejoramiento del cultivo se hacen relevantes los diagnósticos, alertas tempranas, bioinformática, proxis y la información para los usuarios finales.

Entre el 30 de septiembre y el 1 de octubre, el Director de Cenicafé estuvo como invitado en ExpoMilan, en el *Global Coffee Forum*. Allí, tuvo la oportunidad de presentar el proceso de investigación en café en Colombia, así como los resultados desarrollados por Cenicafé en términos de producción de semilla certificada de la Variedad Castillo® y sus componentes regionales,

la plataforma agroclimática, el desarrollo de las Denominaciones de Origen del Café de Colombia, los desarrollos en sistemas de producción de café, recolección, beneficio y secado, así como la presentación de la primera aproximación de la zonificación agroclimática para Colombia.

Durante el 2015 Cenicafé ha apoyado a la Gerencia Técnica y la Fundación Manuel Mejía, con la formación técnica de aproximadamente 100 Extensionistas, que han participado en los tres cursos de Gestión y Apropiación Social del Conocimiento, en el marco del Acuerdo de Nivel de Servicio Espacios de Interacción. En estos talleres han participado más de 35 investigadores en todas las áreas, con el fin de formar desde el conocimiento técnico a los Extensionistas de los 15 Comités Departamentales de Cafeteros.

RECONOCIMIENTOS

Por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio mediante resolución 50042 del 25 de agosto de 2014, se obtuvo el reconocimiento

de la Denominación de Origen del Café de Santander. Dicho reconocimiento es producto del trabajo interinstitucional entre la Gerencia de Comunicaciones y Mercadeo, la oficina de Propiedad Intelectual, la Gerencia Técnica, el Comité Departamental de Cafeteros de Santander y su Servicio de Extensión, la Oficina de Calidades de Almacafé y el Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé; en el cual, durante 4 años, se adelantaron estudios técnicos tomando información de calidad sensorial, calidad física, calidad química, espectroscopia de infrarrojo cercano - NIRS, análisis de suelos, manejo agronómico del cultivo e información climática; los cuales permitieron identificar las variables que determinan la particularidad del café en el origen Café de Santander.

En noviembre de 2014, la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia - ACAC le entregó a Cenicafé, el XIX Premio Nacional al Mérito Científico 2014 en la categoría Divulgación de la Ciencia, por el Manual del Cafetero Colombiano versión 2013.



Programa Caficultura y Variabilidad Climática

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial data. This includes not only sales and purchases but also expenses and income. The text suggests that a consistent and thorough record-keeping system is essential for identifying trends and making informed decisions.

Next, the document addresses the issue of budgeting. It explains that a well-defined budget helps in controlling costs and maximizing resources. By setting clear financial goals and limits, individuals and organizations can avoid overspending and stay on track. The text provides practical advice on how to create a budget that is realistic and adaptable to changing circumstances.

The third section focuses on the importance of regular financial reviews. It states that periodic assessments of the financial situation allow for the early detection of problems and the implementation of corrective measures. This process involves comparing actual performance against the budget and identifying areas where adjustments are needed. The document encourages a proactive approach to financial management rather than a reactive one.

Finally, the document concludes by highlighting the long-term benefits of sound financial practices. It notes that consistent attention to detail and disciplined financial management can lead to sustained growth and stability. The text serves as a guide for anyone looking to improve their financial health and achieve their goals.

Programa Caficultura y Variabilidad Climática

CVC 0100. Medición de amenazas agroclimáticas e identificación de oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática

Instalar y mantener la red meteorológica y asegurar la transmisión de datos

Red Meteorológica Convencional. Funcionaron un total de 228 estaciones climáticas, discriminadas así: Estaciones climatológicas principales: 49; Estaciones heliopluviográficas: 7; Estaciones heliográficas: 1; Estaciones pluviográficas: 8; Estaciones pluviométricas: 163.

Red Meteorológica Automática. La red de estaciones meteorológicas automáticas de la FNC tuvo en funcionamiento un total de 105 estaciones de la siguiente manera: 51 estaciones climáticas principales, 49 estaciones ordinarias y 5 estaciones tipo cuenca.

Plataforma Agroclimática Cafetera. La plataforma Agroclimática Cafetera se ha convertido en una herramienta básica de apoyo para caficultores, extensionistas e investigadores, en la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo del café. Se puede acceder, en tiempo cercano al real, a las variables climáticas monitoreadas por estaciones automáticas distribuidas en la zona

cafetera colombiana, facilita información histórica de las variables de clima registradas en las estaciones convencionales, acceso a noticias y aplicaciones de interés para la caficultura.

Actualmente, el número de personas registradas es de 1.153 y el número de visitas total de enero a septiembre de 2015 fue de 17.163. También se reciben visitas de otros países entre los cuales se destacan Estados Unidos, Rusia, China y Brasil.

Verificar la confiabilidad de los registros de la red automática y compararlos con los dados por la estación convencional

Con el objetivo de realizar la comparación de datos meteorológicos entre la estación meteorológica convencional y automática, se continuó con el estudio de comparación entre los datos generados por las estaciones de la red cafetera para las variables precipitación y temperaturas máxima, mínima y media. Cada vez se hace más frecuente la sustitución de equipos de medición convencionales por equipos automáticos; sin embargo, la experiencia indica que el análisis de series convencionales y automáticas es

la que determina la sustitución de los equipos. No se pueden eliminar los instrumentos convencionales sin haber realizado una evaluación simultánea de ambas series, debido a que si se decide eliminar el instrumental convencional, se genera un nuevo conjunto de datos, y se pierde la serie histórica construida a partir de los datos convencionales. Una vez se hayan comparado los datos generados por cada una de las tecnologías, se procederá a evaluar el retiro de la estación convencional.

Para la comparación de los datos de temperatura generados por la estación automática (método 1) y convencional (método 2), se tomó la serie de temperaturas máximas, mínimas y medias de 10 meses (marzo 2014 – diciembre 2014), para 33 estaciones meteorológicas convencionales y automáticas de la red cafetera que funcionan

simultáneamente (Tabla 1). Para cada estación y cada una de las variables, se estableció la relación lineal entre el método 2 y el método 1. Si el coeficiente de regresión es igual a uno estadísticamente, según prueba t al 5%, y el coeficiente de determinación es mayor del 95%, se concluye que la estación automática registra igual valor que la convencional, es decir, se corrobora la hipótesis de investigación. En caso contrario, se procederá a establecer la variable que requiera la corrección de los datos generados por la estación automática, para igualarlos a los datos convencionales.

Los resultados obtenidos del análisis estadístico para la temperatura mínima entre las estaciones convencionales y automáticas muestran que 21 de 33 estaciones presentan diferencias estadísticas significativas entre el dato generado por la

Tabla 1. Resultados para la comparación de la temperatura mínima entre las estaciones meteorológicas convencional y automática.

Temperatura mínima									
Estación	Departamento	Municipio	Automática			Convencional			DIF X
			Promedio	Error		Promedio	Error		
Cocorná	Antioquia	Cocorná	17,22	A	0,04	17,45	B	0,04	0,23
El Rosario	Antioquia	Venecia	16,58	A	0,06	16,69	B	0,04	0,11
Bertha	Boyacá	Moniquirá	13,57	A	0,10	13,31	A	0,11	
Almacafé Letras	Caldas	Manizales	4,40	A	0,24	4,66	A	0,05	
Cenicafé	Caldas	Manizales	17,15	A	0,05	17,03	A	0,05	
El Ciprés	Caldas	Salamina	15,57	A	0,09	15,70	A	0,05	
Granja Luker	Caldas	Palestina	18,18	A	0,06	19,35	B	0,06	1,16
Naranjal	Caldas	Chinchiná	16,89	A	0,05	17,03	A	0,05	
Planalto	Caldas	Manizales	16,55	A	0,05	16,92	B	0,05	0,36
Santa Helena	Caldas	Marquetalia	17,53	A	0,06	17,61	A	0,05	
La Trinidad	Cauca	Piendamó	15,37	A	0,05	15,09	B	0,05	0,27
Manuel Mejía	Cauca	El Tambo	14,11	A	0,10	14,74	B	0,08	0,62
Pueblo Bello	Cesar	Pueblo Bello	16,22	A	0,09	16,04	A	0,10	
Mesitas de Santa	Cundinamarca	Cachipay	17,54	A	0,05	17,87	B	0,04	0,32
Misiones	Cundinamarca	Mtas. del Colegio	17,36	A	0,05	17,92	B	0,05	0,56
Jorge Villamil	Huila	Gigante	16,60	A	0,04	16,91	B	0,04	0,31

Continúa...

...continuación

Temperatura mínima									
Estación	Departamento	Municipio	Automática		Convencional		DIF [X]		
			Promedio	Error	Promedio	Error			
Simón Campos	Huila	La Plata	15,49	A	0,05	15,75	B	0,04	0,25
Francisco Romero	N. de Santander	Salazar	18,08	A	0,05	17,87	B	0,06	0,21
Gabriel María Barriga	N. de Santander	Convención	17,18	A	0,05	16,90	B	0,05	0,27
El Sauce	Nariño	La Unión	16,47	A	0,05	16,10	B	0,05	0,38
El Agrado	Quindío	Montenegro	16,11	A	0,22	16,59	A	0,06	
La Bella	Quindío	Calarcá	15,95	A	0,24	16,63	B	0,05	0,69
Paraguaitico	Quindío	Buenavista	17,41	A	0,06	17,48	A	0,05	
El Jazmín	Risaralda	Santa Rosa de Cabal	15,85	A	0,05	16,36	B	0,05	0,51
El Pilamo	Risaralda	Pereira	18,09	A	0,05	17,76	B	0,05	0,33
La Catalina	Risaralda	Pereira	17,67	A	0,06	17,60	A	0,05	
Alberto Santos	Santander	Socorro	15,88	A	0,05	15,92	A	0,05	
El Ruby	Tolima	Planadas	16,76	A	0,04	16,57	B	0,04	0,19
La Trinidad	Tolima	Líbano	15,32	A	0,05	16,74	B	0,05	1,41
Arturo Gómez	Valle	Alcalá	17,29	A	0,05	17,03	B	0,06	0,25
Julio Fernández	Valle	Restrepo	16,87	A	0,06	16,67	B	0,06	0,20
La Sirena	Valle	Sevilla	17,70	A	0,05	16,67	B	0,04	1,03
Manuel María Mal	Valle	Trujillo	16,84	A	0,05	16,91	A	0,05	

Letras no comunes por estación indican diferencia estadística de promedios según prueba de Duncan al 5%.

estación automática y la convencional (Tabla 1). Las diferencias entre los datos de las estaciones convencionales y automáticas oscilan entre 0,11 y 1,41°C. Se encontró que en 11 estaciones, la temperatura mínima de la estación convencional sobreestima al dato generado por la estación automática, este es el caso de las estaciones Cocorná, El Jazmín, El Rosario, Granja Luker, Jorge Villamil, La Bella, La Trinidad (Cauca), Manuel Mejía, Mesitas de Santa Inés, Misiones, Planalto y Simón Campos.

En el análisis de la temperatura máxima se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los registros de las estaciones convencionales y automáticas (Tabla 2). Todas las estaciones registran diferencias en la temperatura máxima registrada por equipos convencionales y

automáticos, la cual oscila en el rango de 0,69 y 2,86°C. Los registros obtenidos de las estaciones automáticas sobreestiman a los obtenidos por las estaciones convencionales. Estas diferencias pueden estar relacionadas a la sensibilidad de los dos equipos, y también a factores externos, como la toma de lectura en la estación meteorológica convencional. El termómetro de la estación meteorológica automática funciona con un termistor y en la convencional el termómetro de máxima es un termómetro de mercurio y el termómetro de mínima es un termómetro de alcohol.

En el caso de la temperatura media se evaluó la probabilidad de igualdad, es decir, se construyó el intervalo de temperaturas medias para cada estación meteorológica automática, y se encontró la

probabilidad de que el dato de temperatura media de la estación meteorológica convencional estuviera dentro del intervalo de temperaturas medias de la estación automática. Se aceptó una probabilidad del 95%, por lo tanto, las estaciones que tengan una probabilidad menor al 95% serán aquellas estaciones a evaluar para generar una buena calidad del dato (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados para la comparación de la temperatura máxima entre las estaciones meteorológicas convencional y automática.

Estación	Departamento	Municipio	Temperatura máxima						DIF X
			Automática			Convencional			
			Promedio	Error		Promedio	Error		
Cocorná	Antioquia	Cocorná	27,46	A	0,08	25,91	B	0,08	1,55
El Rosario	Antioquia	Venecia	26,51	A	0,16	25,70	B	0,11	0,81
Bertha	Boyacá	Moniquirá	28,16	A	0,10	26,41	B	0,09	1,75
Almacafé Letras	Caldas	Manizales	12,04	A	0,32	10,33	B	0,06	1,70
Cenicafé	Caldas	Manizales	30,60	A	0,15	28,40	B	0,12	2,20
El Ciprés	Caldas	Salamina	26,19	A	0,29	25,19	B	0,13	0,99
Granja Luker	Caldas	Palestina	32,30	A	0,13	29,96	B	0,10	2,34
Naranjal	Caldas	Chinchiná	28,95	A	0,12	26,85	B	0,11	2,10
Planalto	Caldas	Manizales	29,38	A	0,13	26,52	B	0,10	2,86
Santa Helena	Caldas	Marquetalia	26,31	A	0,10	23,91	B	0,08	2,40
La Trinidad	Cauca	Piendamó	26,36	A	0,13	25,01	B	0,09	1,35
Manuel Mejía	Cauca	El Tambo	26,19	A	0,10	24,55	B	0,09	1,64
Pueblo Bello	Cesar	Pueblo Bello	28,85	A	0,09	27,63	B	0,08	1,22
Mesitas de Santa	Cundinamarca	Cachipay	26,49	A	0,11	25,61	B	0,09	0,88
Misiones	Cundinamarca	Mtas. del Colegio	25,43	A	0,11	23,80	B	0,08	1,63
Jorge Villamil	Huila	Gigante	26,01	A	0,12	25,03	B	0,10	0,98
Simón Campos	Huila	La Plata	24,38	A	0,12	23,62	B	0,09	0,76
Francisco Romero	N. de Santander	Salazar	29,64	A	0,13	28,17	B	0,12	1,47
Gabriel María Barriga	N. de Santander	Convención	25,98	A	0,11	24,61	B	0,10	1,37
El Sauce	Nariño	La Unión	27,36	A	0,15	25,88	B	0,13	1,48
El Agrado	Quindío	Montenegro	29,42	A	0,38	27,84	B	0,11	1,59
La Bella	Quindío	Calarcá	26,96	A	0,19	26,26	B	0,11	0,69
Paraguaicito	Quindío	Buenavista	30,59	A	0,13	28,31	B	0,11	2,28
El Jazmín	Risaralda	Santa Rosa de Cabal	26,99	A	0,13	24,87	B	0,10	2,12
El Pílamo	Risaralda	Pereira	31,15	A	0,12	29,35	B	0,11	1,81
La Catalina	Risaralda	Pereira	28,91	A	0,15	27,39	B	0,11	1,51
Alberto Santos	Santander	Socorro	28,67	A	0,11	27,16	B	0,10	1,51

Continúa...

...continuación

Temperatura máxima									
Estación	Departamento	Municipio	Automática			Convencional			DIF χ^2
			Promedio	Error		Promedio	Error		
El Ruby	Tolima	Planadas	27,78	A	0,11	26,07	B	0,09	1,72
La Trinidad	Tolima	Libano	26,67	A	0,12	24,88	B	0,10	1,79
Arturo Gómez	Valle	Alcalá	29,78	A	0,12	28,97	B	0,11	0,82
Julio Fernández	Valle	Restrepo	27,85	A	0,10	25,83	B	0,07	2,02
La Sirena	Valle	Sevilla	27,71	A	0,14	25,92	B	0,11	1,79
Manuel María Mal	Valle	Trujillo	28,69	A	0,12	26,75	B	0,10	1,94

Letras no comunes por estación indican diferencia estadística de promedios según prueba de Duncan al 5%.

Tabla 3. Probabilidad de igualdad en el promedio de las estaciones convencionales y automáticas.

Estación	Departamento	Municipio	Probabilidad
La Sirena	Valle	Sevilla	34,2
Julio Fernández	Valle	Restrepo	41,1
El Sauce	Nariño	La Unión	47,3
Misiones	Cundinamarca	Mtas. del Colegio	56,9
El Ruby	Tolima	Planadas	57,5
Cenicafé	Caldas	Manizales	62,8
Santa Helena	Caldas	Marquetalia	67,1
La Trinidad	Cauca	Piendamó	69,6
Bertha	Boyacá	Moniquirá	71,2
El Pilamo	Risaralda	Pereira	73,4
Mesitas de Santa Inés	Cundinamarca	Cachipay	73,6
Planalto	Caldas	Manizales	75,1
El Ciprés	Caldas	Salamina	77,8
Naranjal	Caldas	Chinchiná	77,9
Gabriel María Barriga	N. de Santander	Convención	82,0
Pueblo Bello	Cesar	Pueblo Bello	82,8
Paraguaicito	Quindío	Buenavista	83,1
Francisco Romero	N. de Santander	Salazar	83,5
Jorge Villamil	Huila	Gigante	84,6
Cocorná	Antioquia	Cocorná	84,6
La Trinidad	Tolima	Libano	84,9

Continúa...

...continuación

Estación	Departamento	Municipio	Probabilidad
Alberto Santos	Santander	Socorro	85,0
La Bella	Quindío	Calarcá	85,2
Simón Campos	Huila	La Plata	87,4
El Jazmín	Risaralda	Santa Rosa de Cabal	88,3
Arturo Gómez	Valle	Alcalá	89,0
Manuel Mejía	Cauca	El Tambo	89,5
El Rosario	Antioquia	Venecia	91,0
Manuel María Mallarino	Valle	Trujillo	91,5
La Catalina	Risaralda	Pereira	91,7
El Agrado	Quindío	Montenegro	95,0
Granja Luker	Caldas	Palestina	98,0
Almacafé Letras	Caldas	Manizales	100,0

En general, los resultados muestran que la mayoría de los datos generados por las estaciones automáticas difieren estadísticamente con los datos de la estación convencional. Por tal razón, hasta el momento no puede sustituirse una estación convencional por una automática, porque solo se ha realizado el análisis de un año, y la OMM reglamenta el tiempo en 5 años, para la evaluación en paralelo del funcionamiento de las dos estaciones.

Para la comparación de los datos de precipitación generados por la estación automática (método 1) y convencional (método 2), se tomó la serie de precipitación diaria de 6 meses (febrero 2014 – julio 2014), para 36 estaciones meteorológicas convencionales y automáticas de la red cafetera, que funcionan simultáneamente (Tabla 4 y Tabla 5). Para cada estación y cada una de las variables, se estableció la relación lineal entre el método 2 y el método 1.

Los resultados indican que el 61% de las estaciones analizadas presentan una precisión mayor al 95%, y el valor de la automática representa al valor de la convencional por encima del 90%, por ejemplo, en la estación Jorge Villamil, si el dato de precipitación en la convencional es de 15 mm, el valor de la automática estaría más o menos generando un valor de 14,55 mm porque su coeficiente de regresión es del 97%.

El 17% de las estaciones presentan un R2 menor a 0,7. Específicamente a las estaciones Chapetón, Cocorná, El Ciprés, El Rosario, La Esperanza y Santiago Gutiérrez se les debe prestar atención urgente para analizar qué factores pueden estar influyendo en estas diferencias entre los datos generados por las estaciones convencionales y automáticas.

En la Tabla 5 se muestran los resultados que indican si una estación convencional difiere estadísticamente con la estación automática. En general, todas las estaciones convencionales que comparten sitio con una estación automática son iguales estadísticamente, exceptuando la estación El Sauce en La Unión (Nariño), donde el dato que genera la estación convencional difiere estadísticamente del dato generado por la estación automática, y el dato de la estación automática subestima al dato generado por la estación convencional. En algunas estaciones el dato de la estación automática sobreestima o subestima al dato de la estación convencional. Por ejemplo, en las estaciones El Ruby (Tolima) y Francisco Romero (N. Santander), el dato de la estación automática sobreestima al dato de la estación convencional.

Tabla 4. Resultados para la comparación de la precipitación entre las estaciones meteorológicas convencional y automática.

Estación	Departamento	Intercepto		Coeficiente de regresión			R2	
		Estimado	Error	Estimado	Error	*		
Alberto Santos	Santander	0,04	0,03		0,99	0,00	*	1,00
Almacafé Letras	Caldas	0,28	0,89		0,89	0,23	*	0,94
Arturo Gómez	Valle del Cauca	0,16	0,06	*	0,94	0,01	*	1,00
Bertha	Boyacá	0,66	0,37		0,89	0,03	*	0,83
Cenicafé	Caldas	0,07	0,09		0,95	0,01	*	0,99
Chapetón	Tolima	0,97	0,66		0,57	0,09	*	0,38
Cocorná	Antioquia	0,60	2,60		0,89	0,15	*	0,20
El Ciprés	Caldas	0,38	0,30		0,78	0,08	*	0,61
El Jazmín	Risaralda	0,24	0,07	*	0,90	0,01	*	0,99
El Pílamó	Risaralda	0,12	0,08		0,96	0,01	*	0,99
El Rosario	Antioquia	0,92	0,60		0,74	0,05	*	0,66
El Ruby	Tolima	0,55	0,26		0,99	0,03	*	0,90
El Sauce	Nariño	-0,54	0,21		0,67	0,02	*	0,92
Francisco Romero	Norte de Santander	1,24	0,39	*	0,85	0,02	*	0,90
Gabriel María Barriga	Norte de Santander	0,11	0,05		0,99	0,01	*	0,99
Granja Luker	Caldas	0,20	0,04	*	0,95	0,00	*	1,00
Jorge Villamil	Huila	0,08	0,02	*	0,97	0,00	*	1,00
Julio Fernández	Valle del Cauca	0,11	0,03	*	0,94	0,00	*	1,00
La Bella	Quindío	0,10	0,04		0,99	0,00	*	1,00
La Catalina	Risaralda	0,35	0,29		0,88	0,02	*	0,91
La Esperanza	Quindío	1,71	0,75		0,70	0,06	*	0,52
La Sirena	Valle del Cauca	0,13	0,03	*	0,95	0,00	*	1,00
La Trinidad	Cauca	0,12	0,09		0,96	0,01	*	0,99
La Trinidad	Tolima	0,07	0,03		0,96	0,00	*	1,00
Manuel M Mallarino	Valle del Cauca	0,33	0,13		0,94	0,01	*	0,96
Manuel Mejía	Cauca	0,11	0,02	*	0,90	0,00	*	1,00
Mesitas de Santa Inés	Cundinamarca	0,41	0,32		0,87	0,04	*	0,84
Misiones	Cundinamarca	0,18	0,03	*	0,96	0,00	*	1,00
Naranjal	Caldas	0,16	0,13		0,90	0,01	*	0,99
Ospirma	Risaralda	0,42	0,17		0,87	0,02	*	0,90
Paraguaicito	Quindío	0,14	0,03	*	0,95	0,00	*	1,00
Planalto	Caldas	-0,03	0,10		0,90	0,01	*	0,99

Continúa...

...continuación

Estación	Departamento	Intercepto			Coeficiente de regresión			R2
		Estimado	Error	*	Estimado	Error	*	
Pueblo Bello	Cesar	0,12	0,03	*	0,92	0,00	*	1,00
Santa Helena	Caldas	0,47	0,92		0,92	0,21	*	0,97
Santiago Gutiérrez	Valle del Cauca	1,41	0,46	*	0,59	0,05	*	0,46
Simón Campos	Huila	0,03	0,06		0,96	0,00	*	1,00

Tabla 5. Resultados para la comparación de la precipitación entre las estaciones meteorológicas convencional y automática.

Estación	Departamento	Municipio	Convencional		Automática		DIF	X	
			Promedio	Error	Promedio	Error			
Cocorná	Antioquia	Cocorná	10,04	A	1,21	9,57	A	2,40	0,47
El Rosario	Antioquia	Venecia	5,61	A	0,97	5,08	A	0,89	0,53
Bertha	Boyacá	Moniquirá	5,65	A	0,78	5,70	A	0,76	0,05
Almacafé - Letras	Caldas	Manizales	2,65	A	0,79	2,64	A	0,72	0,01
Cenicafé	Caldas	Chinchiná	6,71	A	0,96	6,46	A	0,92	0,25
El Ciprés	Caldas	Manizales	1,27	A	0,45	1,37	A	0,45	0,10
Granja Luker	Caldas	Palestina	5,74	A	0,91	5,66	A	0,87	0,08
Naranjal	Caldas	Manizales	8,14	A	1,10	7,50	A	1,00	0,64
Planalto	Caldas	Salamina	6,07	A	0,88	5,46	A	0,80	0,62
Santa Helena	Caldas	Marquetalia	7,79	A	1,23	7,62	A	1,15	0,16
La Trinidad	Cauca	Piendamó	4,68	A	0,72	4,60	A	0,69	0,09
Manuel Mejía	Cauca	El Tambo	5,69	A	0,89	5,21	A	0,80	0,47
Pueblo Bello	Cesar	Pueblo Bello	4,11	A	0,97	3,91	A	0,90	0,20
Mesitas De Santa Inés	Cundinamarca	Cachipay	2,62	A	0,81	2,69	A	0,77	0,07
Misiones	Cundinamarca	Mesitas Del Colegio	3,29	A	0,70	3,34	A	0,67	0,05
Jorge Villamil	Huila	Gigante	3,75	A	0,53	3,73	A	0,52	0,03
Simón Campos	Huila	La Plata	5,89	A	0,78	5,66	A	0,74	0,23
El Sauce	Nariño	La Unión	5,64	A	0,96	3,24	B	0,67	2,40
Francisco Romero	Norte de Santander	Salazar	3,61	A	1,29	4,32	A	1,16	0,71
Gabriel María Barriga	Norte de Santander	Convención	2,11	A	0,52	2,19	A	0,52	0,08
La Bella	Quindío	Calarcá	5,89	A	0,99	5,92	A	0,98	0,03
La Esperanza	Quindío	Pijao	4,73	A	1,02	5,03	A	1,00	0,30
Paraguacito	Quindío	Buenavista	3,95	A	0,61	3,91	A	0,58	0,04

Continúa...

...continuación

Estación	Departamento	Municipio	Convencional		Automática		DIF X		
			Promedio	Error	Promedio	Error			
El Jazmín	Risaralda	Santa Rosa de Cabal	6,60	A	0,85	6,16	A	0,76	0,43
El Pílamó	Risaralda	Pereira	6,19	A	0,89	6,06	A	0,85	0,13
La Catalina	Risaralda	Pereira	6,08	A	0,95	5,72	A	0,88	0,36
Ospirma	Risaralda	Guática	3,75	A	0,51	3,68	A	0,47	0,08
Alberto Santos	Santander	Socorro	3,98	A	0,65	3,99	A	0,65	0,01
Chapetón	Tolima	Ibagué	3,09	A	0,83	2,72	A	0,76	0,37
El Ruby	Tolima	Planadas	4,99	A	0,68	5,51	A	0,71	0,51
La Trinidad	Tolima	Líbano	5,30	A	0,75	5,16	A	0,72	0,15
Arturo Gómez	Valle Del Cauca	Alcalá	5,05	A	0,81	4,92	A	0,76	0,13
Julio Fernández	Valle Del Cauca	Restrepo	2,90	A	0,54	2,84	A	0,51	0,06
La Sirena	Valle Del Cauca	Sevilla	3,41	A	0,70	3,36	A	0,66	0,05
Manuel M. Mallarino	Valle Del Cauca	Trujillo	3,62	A	0,65	3,73	A	0,62	0,11
Santiago Gutiérrez	Valle Del Cauca	Argelia	4,08	A	0,64	3,83	A	0,56	0,26

Letras no comunes por estación indican diferencia estadística de promedios según prueba de Duncan al 5%.

Se procederá a establecer la corrección de los datos generados por la estación automática, para igualarlos a los datos generados por la estación convencional.

Evaluar variables entre estaciones cercanas

Se realizó el análisis comparativo de las estaciones El Agrado, Paraguaicito, Maracay, La Bella y La Esperanza para las variables temperatura media, máxima y mínima, a nivel mensual, para los eventos climáticos Neutro, La Niña y El Niño, con el fin de determinar diferencias significativas entre ellas, con el fin de emplear la información en áreas con falta de información, sea por cobertura o por fallos en el instrumento de medición.

Se observaron diferencias en el comportamiento de las variables temperatura media, máxima y mínima para las condiciones Neutro, La Niña y El Niño, en cada uno de los meses y para cada estación. Las estaciones que menores diferencias significativas presentaron durante los 12 meses fueron las estaciones El Agrado y Paraguaicito, debido a su ubicación altitudinal de 1.275 m y

1.203 m, respectivamente, y las estaciones La Bella y Maracay con altitudes de 1.449 m y 1.402 m, respectivamente. La estación que más diferencias mostró en el análisis fue La Esperanza, ubicada a 1.667 m de altitud. Se destacan las diferencias significativas para las variables en las estaciones El Agrado y Paraguaicito, con tan solo 72 m de diferencia en altitud. Ningún mes del año presentó un comportamiento igual a otro respecto la temperatura media, máxima y media, y no hubo tendencias respecto a los eventos climáticos. La mayoría de las diferencias entre las estaciones para las variables analizadas se presentaron durante la condición La Niña, las menores diferencias se dieron durante la condición Neutro.

Identificar la amenaza agroclimática de los sistemas de cultivo del café

Al identificar la amenaza de los eventos de variabilidad macroclimática Neutro, La Niña y El Niño sobre el clima de la región cafetera colombiana en las estaciones de Cenicafe (Caldas - Chinchiná), El Rosario (Antioquia - Venecia), Gabriel María Barriga (Norte de Santander - Convención), Jorge

Villamil (Huila - Gigante), La Catalina (Risaralda - Pereira), Manuel Mejía (Cauca - El Tambo), Maracay (Quindío - Quimbaya), Naranjal (Caldas - Chinchiná), Paraguaicito (Quindío - Buenavista), Planalto (Caldas - Manizales), Pueblo Bello (Cesar - Pueblo Bello), San Antonio (Santander - Floridablanca) y Santa Helena (Caldas - Marquetalia) se obtuvieron los siguientes resultados para las variables temperatura media promedio y mensual, precipitación acumulada promedio y mensual y humedad relativa promedio y mensual.

La estación Cenicafé presentó para la temperatura media, la humedad relativa y la precipitación acumulada diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones Neutro, La Niña y El Niño, pero al realizarse el análisis a nivel mensual para las variables no hubo diferencias significativas entre los eventos; es de resaltar que la precipitación acumulada fue la menos sensible a los efectos de los eventos La Niña y El Niño.

Para la estación El Rosario la temperatura media presentó diferencias significativas entre los eventos de variabilidad Neutro, La Niña y El Niño, en todos los meses del año. La precipitación acumulada promedio mostró diferencias significativas en la condición El Niño, pero al realizarse el análisis a nivel mensual los meses del año no mostraron diferencias significativas entre los eventos de variabilidad. En la estación Gabriel María Barriga solamente los meses de enero, febrero y noviembre mostraron diferencias significativas entre los eventos Neutro, La Niña y El Niño para la temperatura media, los demás meses del año no presentaron diferencias significativas entre los eventos, caso contrario a lo sucedido en la estación El Rosario. La precipitación acumulada promedio mostró diferencias significativas bajo la condición El Niño al igual que la estación El Rosario.

Para las estaciones Jorge Villamil, La Catalina y Manuel Mejía la temperatura media promedio, la humedad relativa promedio y la precipitación acumulada promedio mostraron diferencias significativas entre los eventos de variabilidad Neutro, La Niña y El Niño. Al realizar el análisis a nivel mensual más de la mitad de los meses del año no presentaron diferencias significativas entre los eventos de variabilidad para las tres variables

climáticas, y en particular en las estaciones La Catalina y Manuel Mejía la precipitación acumulada no mostró diferencias significativas entre los eventos en los 12 meses del año.

Para la estación Maracay la temperatura media promedio, la humedad relativa promedio y la precipitación acumulada promedio mostraron diferencias significativas entre los eventos de variabilidad Neutro, La Niña y El Niño. La precipitación acumulada no mostró diferencias significativas entre los eventos en los 12 meses del año.

Para las estaciones Naranjal y Paraguaicito la temperatura media promedio, la humedad relativa promedio y la precipitación acumulada promedio mostraron diferencias significativas entre los eventos de variabilidad Neutro, La Niña y El Niño. Al realizar el análisis a nivel mensual de la temperatura media, todos los meses del año, a excepción de septiembre y noviembre, presentaron el mismo comportamiento de la temperatura media promedio. La precipitación acumulada no mostró diferencias significativas entre los eventos en los 12 meses del año.

La estación Planalto para la temperatura media promedio y la precipitación acumulada promedio no presentaron diferencias significativas entre los eventos de variabilidad Neutro, La Niña y El Niño, la humedad relativa promedio en Planalto mostró diferencias significativas bajo la condición El Niño. Al realizar el análisis a nivel mensual de la precipitación acumulada ésta no mostró diferencias significativas entre los eventos en los 12 meses del año.

Para las estaciones Pueblo Bello y San Antonio la precipitación acumulada promedio no difirió estadísticamente en condiciones Neutro, La Niña y El Niño. Al realizar el análisis a nivel mensual todos los meses del año presentaron el mismo comportamiento de la precipitación acumulada promedio.

En la estación Santa Helena la temperatura media promedio y la humedad relativa promedio tuvieron un comportamiento distinto bajo los diferentes eventos de variabilidad climática. La precipitación acumulada difirió estadísticamente en condiciones de La Niña.

CVC 0200. Modelar matemáticamente los factores asociados con el cultivo del café

En esta línea de investigación se definieron seis subsistemas de factores determinantes del cultivo del café, que actúan en forma integral, como son el clima, suelo, manejo (planta y condiciones ambientales), planta (fisiología y ecofisiología), plagas-enfermedades y subsistema socio económico. A continuación se presentan los principales resultados de las investigaciones desarrolladas:

Factores abióticos. En este período se trabajó en la estimación de la evapotranspiración y en la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera colombiana.

El algoritmo seleccionado para estimar la evapotranspiración del cultivo del café, es el propuesto por la FAO (Penman-Monteith), por ser el más aceptado y utilizado tanto para café como otros cultivos. La validación de este algoritmo y la estimación del coeficiente de consumo de agua, se hizo con la información generada con una estación micrometeorológica de covarianza de torbellinos (Eddy Covariance), ubicada en lotes de un cafetal de un año de edad, a plena exposición solar y bajo sombra, en la Estación Experimental Paraguaicito.

En la Tabla 6 se ilustra la estimación del coeficiente, el cual es estadísticamente igual para las dos condiciones de sombra, en la fase vegetativa del cultivo del café, con variación de los mínimos y máximos observados entre 0,269 y 1,090.

Al validar el algoritmo, con los valores observados de evapotranspiración, en cada una de las condiciones evaluadas, éste sobrestima el valor observado, según prueba *t* al 5% (coeficiente de regresión menor de uno), con coeficientes de determinación máximos del 66% (Tabla 6). Es de anotar que el algoritmo fue utilizado con el coeficiente de consumo de agua para fase productiva (0,99).

Estos resultados indican que el coeficiente del consumo de agua por el cultivo, en la fase vegetativa, es menor que el dado por la FAO, en la fase productiva.

En la determinación de la capacidad de almacenamiento de agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera colombiana, se trabajó con tres unidades cartográficas de suelo del departamentos de Risaralda (Doscientos, Catarina y Chinchiná). En cada una se tomaron 16 muestras de suelo, en

Tabla 6. Coeficiente de consumo de agua fase vegetativa.

Tema	Condición del cultivo		
	Sol	Sombra	General
Número de observaciones	104	107	211
Mínimo observado	0,269	0,348	0,2691
Máximo observado	1	1,09	1,088
Promedio	0,546	0,599	0,573
L. inferior	0,527	0,57	0,5556
L. superior	0,565	0,627	0,5904

lotes cafeteros en etapa productiva y se realizaron análisis de retención de humedad por ollas de presión, textura y contenido de materia orgánica (Tabla 7).

Para una misma unidad de suelo el contenido de humedad volumétrica no cambió con la profundidad (de 0 a 30 cm), pero sí hubo diferencias entre unidades. De éstas, la Unidad Catarina presentó el mayor valor de agua disponible para las plantas (20,98 %), seguida de la Unidad Doscientos (17,08 %) y la Unidad Chinchiná (12,35 %) (Figura 1).

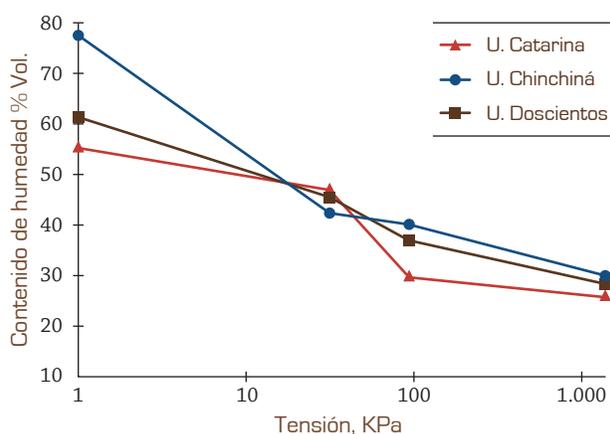


Figura 1. Curvas de retención de humedad para las unidades cartográficas.

Factores bióticos. Se trabajaron los siguientes temas: Ajuste del modelo de producción potencial para la Variedad Castillo®, ajuste del modelo de broca, modelo de floración y documentación del modelo para captura de carbono.

Para el **ajuste del modelo de producción potencial para la Variedad Castillo®**, se identificaron lotes en las estaciones sembradas con Variedad Castillo®, con el registro de producción en todos los años del ciclo productivo. De cuatro estaciones, en todos los años de producción hasta ahora revisados, la producción potencial supera en más del 40% las producciones observadas. Por lo tanto, el modelo de producción potencial hasta el momento no requiere de ajuste para estas variedades.

Para el **ajuste del modelo de broca** se estableció la relación entre el número de frutos perforados dejados en el suelo con el número de frutos perforados en el árbol, con la información en cada altitud y fase (ciclo de producción), para la primera evaluación, después de colocados los frutos brocados en el suelo (tratamientos); además, se verificó si el testigo absoluto (cero frutos perforados en el suelo), generaba en el árbol un promedio de frutos perforados igual a cero, resultado que no se dio en todos los casos. Esto indica que además de los frutos perforados del suelo, las brocas llegan de otros árboles del lote.

Tabla 7. Valores promedio [prom.] y coeficientes de variación [CV] de las características del suelo evaluadas, en tres las unidades cartográficas de Risaralda.

Característica	Unidad cartográfica					
	Catarina		Chinchiná		Doscientos	
	Prom.	CV %	Prom.	CV %	Prom.	CV %
Materia orgánica, %	4,86	32,01	9,36	25,07	4,49	40,69
Arena, %	38,25	5,89	39,44	11,16	44,13	30,09
Limo, %	24,50	7,45	34,69	6,80	23,25	16,88
Arcilla, %	37,13	5,36	25,19	4,34	31,88	16,84
Densidad aparente, g.cm ⁻³	1,19	4,08	0,72	4,48	0,95	20,44
Densidad real, g.cm ⁻³	2,63	7,85	2,65	8,23	2,59	7,89
Ret. humedad a 33 kPa, % vol	46,22	31,10	41,79	6,10	44,83	22,56
Ret. humedad a 100 kPa, % vol	29,34	7,27	39,43	6,24	36,23	5,93
Ret. humedad a 1.500 kPa, % vol	25,24	11,90	29,45	7,05	27,74	14,43

Ante esta situación, se procedió a corregir la variable de interés, número de frutos perforados por broca en el árbol, en cada una de las unidades de muestreo, de cada uno de los tratamientos, con el promedio del número de frutos perforados del testigo absoluto (cero frutos perforados en el suelo), con lo cual se asegura el resultado del número de frutos brocados en el árbol (Y), como consecuencia del número de frutos brocados en el suelo (X). Con la variable corregida, se procedió a estimar el promedio para la primera evaluación, de cada fase, la cual a su vez está relacionada con cada uno de los eventos ENSO, ocurridos durante el experimento.

El comportamiento de la variable Y con relación a la variable X, en cada uno de los eventos ENSO, indicó una relación lineal positiva, de tal manera que mientras en un evento La Niña, por cada fruto perforado por broca dejado en el suelo después de la cosecha principal, habrán 1,5 frutos perforados por broca en el árbol (tasa), al inicio de la cosecha siguiente; en el evento El Niño habrán 4,2 frutos y el evento Neutro 2,2 (Tabla 8).

En la Tabla 9 se presenta el promedio de las variables de clima, ocurridas durante 30 días, a partir de

la ubicación de frutos perforados por broca en el suelo. Se registró que la variable que diferencia los tres eventos del ENSO es la temperatura media diaria. En la Tabla 10, se ilustra el intervalo para el promedio de estas variables, con un coeficiente de confianza del 95%, los cuales deben tenerse en cuenta en el uso de las expresiones para estimar el número de frutos brocados en el árbol, a partir del número de frutos brocados en el suelo (Tabla 8).

Con esta información se ajustará el modelo de broca en el inóculo inicial, treinta días después de la floración.

Tabla 8. Número de frutos perforados por broca en el árbol por cada fruto perforado por broca dejado en el suelo [Tasa].

ENSO	Tasa	Error estándar	R ²
El Niño	4,2 *	0,42	0,62
La Niña	1,5 *	0,06	0,97
Neutro	2,2 *	0,40	0,64

*Coeficientes diferentes de cero estadísticamente, según prueba t al 1%.

Tabla 9. Promedio de las variables de clima por evento ENSO.

ENSO	Temperatura		Humedad relativa		Precipitación acumulada		Número de horas de brillo solar acumuladas	
El Niño	21,7	A	79,3	B	196,6	A	153,9	A
La Niña	20,9	B	84,5	A	129	B	120,2	B
Neutro	20,3	C	80,5	B	257	A	114,9	B

Tabla 10. Intervalo para el promedio de las variables de clima, para cada condición ENSO.

Variable	El Niño		La Niña		Neutro	
	LI	LS	LI	LS	LI	LS
Temperatura	21,5	21,9	20,4	21,3	20,0	20,6
Humedad Relativa	78,3	80,3	84,2	84,8	78,7	82,3
Precipitación	164,2	229,1	104,4	153,6	241,5	272,5
Número de horas de brillo solar (NHBS)	139,1	168,6	115,2	125,1	109,9	119,8

LI: Límite Inferior; LS: Límite Superior

Evaluación del método de muestreo

Con los registros de la floración, en las Estaciones Experimentales, además de estimar la proporción de la producción a partir de ella, se evaluó el método de muestreo no probabilístico de los surcos, frente al método de muestreo probabilístico sistemático de 1 en k. Bajo cada uno de los muestreos se seleccionaron 60 árboles (primera unidad de muestreo), y en cada árbol se seleccionaron al azar dos ramas de la zona productiva, de las cuales se registró el número de frutos en cada fecha de muestreo (variable de interés). El número de fechas de muestreo depende del período de floración que corresponda a la cosecha de mitaca y principal. En total, se hicieron 318 evaluaciones, contando con fechas de muestreo (Tabla 11).

Para la evaluación del método en surcos, con la variable de interés se estiman por lote, los parámetros proporción de árboles con flores y número de flores, en ambos métodos y con el método sistemático, se estima además, el intervalo de confianza, para un coeficiente de confianza mínimo del 75%. Con la información del intervalo, se identificó la proporción de las evaluaciones, en las cuales la estimación del número de flores con el método en surcos, cae en el intervalo estimado con el método sistemático de 1 en k. Además, se determinó el error de estimación por rama del número de flores, con el método en surcos.

La información descrita fue registrada durante los años 2014 y 2015, en las Estaciones Experimentales El Rosario, El Tambo, La Catalina, El Líbano, Naranjal, Paraguaicito y San Antonio.

La estimación de la proporción de árboles con flores obtenida con el método en surcos fue estadísticamente igual, según prueba t al 5%, en al menos el 55,6% de las evaluaciones en la Estación Naranjal y un 86,1% de las evaluaciones en El Tambo (Tabla 11). En general, independientemente, del año de evaluación y de los sitios, la probabilidad de obtener una estimación de la proporción de árboles con flores por lote con el método en surcos, igual a la obtenida con el método de muestreo sistemático de 1 en k, es del 74,2%.

En cuanto a la estimación del número de flores por lote con el método en surcos, la proporción de las evaluaciones en las cuales es igual a la obtenida con el método de muestreo sistemático de 1 en k, fluctuó entre 58,3% y 83,0% (Tabla 11). Con excepción de las Estaciones de Naranjal y El Rosario, la estimación fue mayor del 73% (Tabla 11).

En la evaluación de métodos de muestreo no probabilísticos, como el método en surcos, además de evaluar la probabilidad de que la estimación obtenida sea igual estadísticamente a la obtenida con el método de muestreo probabilístico de referencia, debe tenerse presente la diferencia

Tabla 11. Proporción de casos, en los cuales la estimación de los parámetros proporción de árboles con flores y número de flores por lote, estimada con el método en surcos es igual estadísticamente a la estimada con el muestreo sistemático de 1 en k.

Sitio	Número de evaluaciones	Proporción árboles	Número flores
El Rosario	52	61,5	59,6
El Tambo	36	86,1	77,8
La Catalina	36	75,0	75,0
El Líbano	53	84,9	83,0
Naranjal	36	55,6	58,3
Paraguaicito	52	80,8	80,7
San Antonio	53	73,6	75,4
General	318	74,2	73,3

absoluta de la estimación entre los dos métodos. Para ello, se tomó como parámetro el promedio del número de flores por unidad de muestreo (dos ramas). Dicha diferencia promedio, fluctuó entre 2,4 y 0,5 flores, e independientemente del sitio es de 1,3 flores, con un error estándar de 0,2 flores (Tabla 12).

La estimación del parámetro número de flores del lote, es exigente en tamaño de muestra dada su variabilidad implícita, como se ilustra en la Tabla 13. Esto implica, que si desde la fase de floración se fuese a proyectar la producción, con un error de estimación dado, se requeriría de un tamaño de muestra mayor. Por lo tanto, el método de muestreo en surcos o el método de muestreo sistemático

de 1 en k, con 60 árboles por lote y de cada árbol dos ramas, se recomienda sólo para la estimación de la proporción de la producción de acuerdo con la proporción de las floraciones parciales que responden por ellas, es decir, describir patrones de distribución de producción.

En general, no se observa una relación entre el número de flores y el número de frutos, hay casos en los cuales descriptivamente, se tienen más frutos que flores, y quizás se deba al hecho de no definir el período en el cual se evalúa la producción, es decir, no se delimitó el período de producción correspondiente al período de floración, el cual sí fue delimitado.

Tabla 12. Promedio de las diferencias absolutas entre el número de flores por planta (dos ramas) estimada con el muestreo sistemático y método de muestreo en surcos.

Sitio	Diferencia promedio	Error estándar
El Rosario	2,4	0,8
El Tambo	0,5	0,2
La Catalina	1,5	0,3
El Líbano	0,9	0,2
Naranjal	1,8	0,5
Paraguaicito	1,4	0,5
San Antonio	0,6	0,2
General	1,3	0,2

Tabla 13. Estimación para el parámetro total de flores en el lote, de acuerdo con la estructura para el muestreo sistemático de 1 en k, con 60 árboles y 2 ramas por árbol.

Sitio	Estimación mínima			Estimación máxima		
	Promedio	Límite inferior	Límite superior	Promedio	Límite inferior	Límite superior
El Rosario	541	161	922	299.796	254.949	344.642
El Tambo	42	0	124	277.458	248.920	305.997
La Catalina	134	0	402	177.042	145.844	208.242
El Líbano	40	0	119	98.073	71.006	125.141
Naranjal	42	0	125	169.688	141.574	197.801
Paraguaicito	250	0	596	195.333	149.296	241.370
San Antonio	123	0	365	469.134	412.199	526.070

CVC 0300. Generar estrategias para gestionar el riesgo agroclimático en torno al sistema productivo cafetero colombiano

Evaluar la vulnerabilidad del componente biofísico [suelo - agua - planta]

Caracterización al riesgo ambiental por movimientos en masa en la zona cafetera Colombiana. En el año 2015, se continuó con el estudio de riesgo a dicho fenómeno, con actividades de clasificación y álgebra de los mapas logrados en el 2014, además de la generación del mapa de influencia tectónica (fallas y lineamientos) a partir de información secundaria, generada por el Instituto Geológico Colombiano e interpretación de imágenes RapidEye.

Los resultados parciales del análisis del mosaico RapidEye indican que un corredor de seguridad de 1 Km a lado y lado de la falla de Romeral, no es suficiente para delimitar el área de influencia tectónica (Figura 2).

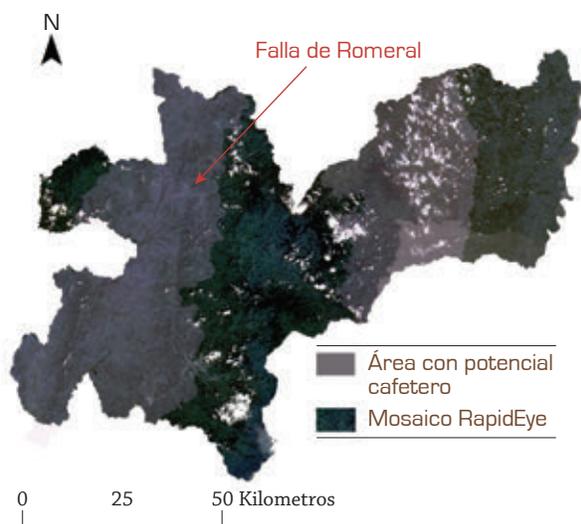


Figura 2. Influencia tectónica en la región cafetera del departamento de Caldas.

Riesgo por erosión hídrica de los suelos de la zona cafetera Colombiana. Cofinanciado por la ONG Solidaridad.

Se continuó con el análisis de las propiedades físicas y químicas de suelos para la zona cafetera de los departamentos de Quindío y Risaralda. La metodología para estimar el riesgo a la erosión se resume en cuatro fases: i) medir la erosividad, ii) determinar la erodabilidad, iii) cálculo del índice de erosión y iv) zonificación del riesgo y recomendación de prácticas preventivas con localización específica. En el año 2015 se culminó la fase ii para el departamento de Risaralda y se inició con las fases iii y iv para Quindío.

Para la fase iii se tuvo en cuenta la ecuación universal de pérdida de suelo “ $A = R \times K \times LS \times C \times P$ ”. Con base en los factores R (erosividad) y K (erodabilidad), calculados durante los años 2013 y 2015, se realizaron espacializaciones y se calculó el factor LS (longitud e inclinación de la pendiente).

Según los promedios por unidad, para los dos departamentos, las Unidades La Concha y Belén presentan los menores valores de erodabilidad y los mayores valores las Unidades Montenegro y Quindío. Con respecto a la materia orgánica, los suelos provenientes de depósitos aluviales presentan los menores contenidos y las unidades Belén y Balboa los más altos. En cuanto al tamaño de partículas, la Unidad Guamal presenta el menor contenido de arenas y depósitos aluviales y la Unidad Belén los mayores; mientras que la Unidad Quindío es la que presenta menor porcentaje arcillas y la Unidad Doscientos la de mayor porcentaje (Tabla 14).

Los datos arrojados por el semivariograma para el factor erodabilidad del departamento del Quindío, indican que la distancia óptima de muestreo es

de 6,5 Km. El mapa obtenido a través del Kriging ordinario se presenta en la Figura 3, al igual que el mapa del factor LS.

Tabla 14. Propiedades físicas de los suelos analizados.

Unidad de suelo	n	MO	EAA	Dr	Da	A	Ar	L	k
		%	mm	g.cm ⁻³		%		t.ha-año ⁻¹	
Quindío									
Aluvial	1	3,80	1,48	2,30	1,42	52,80	22,80	24,40	10,55
Buenavista	3	5,54	1,61	2,34	1,29	46,13	24,80	29,07	12,44
Chinchiná	3	9,49	3,18	2,14	0,94	47,20	19,47	33,33	10,48
Filandia	2	14,33	3,94	2,09	0,72	46,80	16,80	36,40	7,92
Génova	5	6,66	2,85	2,28	1,15	46,08	27,68	26,24	7,30
La Concha	1	13,57	3,75	2,14	0,85	46,00	26,80	27,20	1,51
Malabar	2	3,54	1,55	2,32	1,27	48,80	22,80	28,40	8,47
Mn-Qd	1	8,38	2,94	2,22	0,96	42,80	18,80	38,40	13,46
Montenegro	11	5,36	3,10	2,30	1,12	45,60	21,29	33,11	7,38
Patiobonito	1	5,22	2,83	2,35	1,08	46,80	26,80	26,40	10,40
Quindío	5	10,74	3,37	2,18	0,89	42,92	16,64	40,44	5,94
Sedimentario	1	2,89	3,78	2,35	1,28	38,00	25,76	36,24	6,55
Risaralda									
Aluvial	1	8,30	3,15	2,17	0,93	39,00	21,00	40,00	12,79
Balboa	2	10,85	3,14	2,22	1,03	49,00	25,50	26,00	7,05
Belén	1	6,60	3,96	2,35	1,12	45,00	30,00	25,00	11,05
Catarina	4	8,80	3,34	2,29	1,00	39,50	30,25	29,75	6,12
Chinchiná	18	11,81	3,56	2,14	0,87	44,89	26,00	29,17	8,87
Chinchiná-Malabar	1	12,80	3,96	2,14	0,79	45,00	30,00	24,00	5,08
Doscientos	6	12,72	3,52	2,11	0,85	44,33	23,83	31,83	7,09
Guamal	1	14,40	4,11	1,92	0,70	45,00	24,00	31,00	9,08
Malabar	1	16,80	4,04	2,10	0,70	50,00	21,00	29,00	11,99
Pueblorico	1	7,10	3,75	2,33	1,25	17,00	51,00	32,00	2,92

MO: Materia orgánica; EAA: estabilidad de los agregados al agua (diámetro medio ponderado); Dr: densidad real; Da: densidad aparente; A: arena; Ar: arcilla; L: limo; k: índice de erosividad

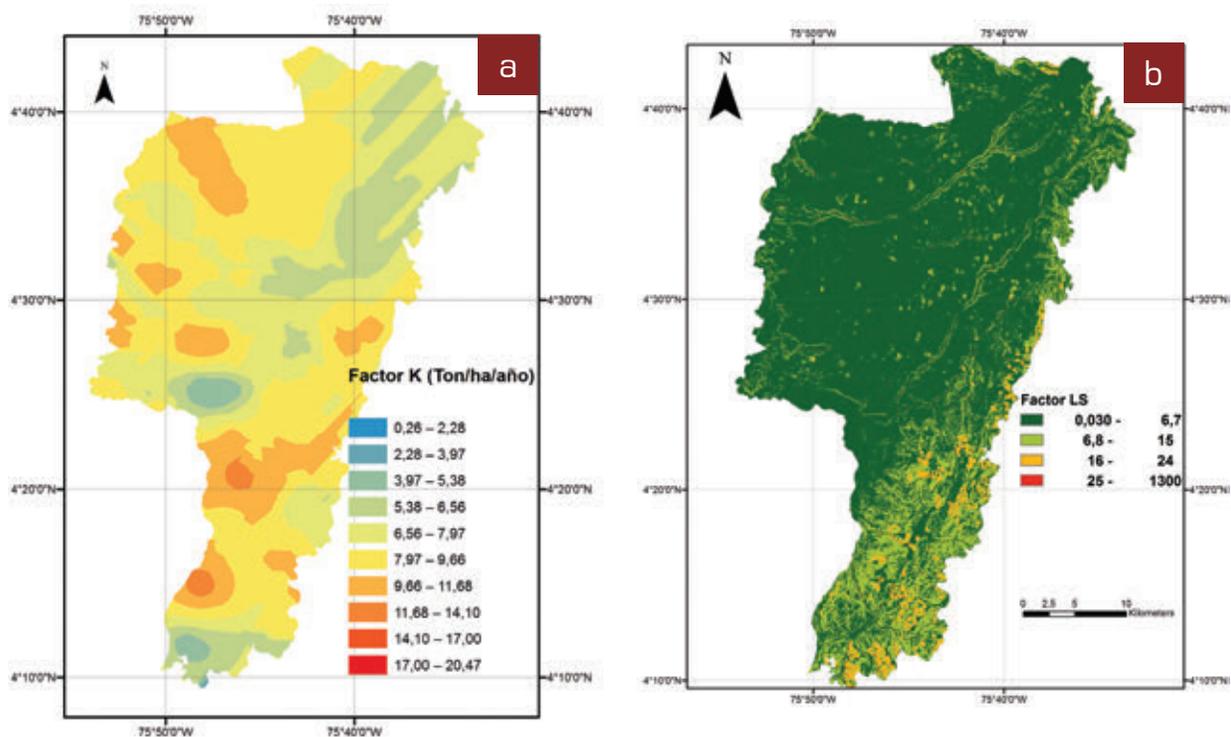


Figura 3. Mapas de factor de erodabilidad (a) y factor LS (b) para el departamento del Quindío.

Restauración de predios afectados por procesos erosivos en las cuencas del Proyecto Gestión Inteligente del Agua - GIA

Diseño de las obras de restauración ecológica en predios afectados por movimientos en masa y lotes para conservación. En cuatro microcuencas de Caldas (Aguadas, Pácora, Salamina y Marquetalia) se analizaron los agentes detonantes de los deslizamientos seleccionados por la comunidad. El análisis consistió en determinar los tipos de movimientos, presencia de grietas, tipo de suelo, afloramiento de agua, canales preferenciales y material vegetal de la zona; además de levantar con GPS la geometría de los sitios y adelantar los planos de diseños finales como se muestra en la Figura 4.

Estudios de calidad del agua en las 25 microcuencas del programa GIA

Se seleccionaron los puntos definitivos de medición, se tomaron muestras en cada uno de las 25 microcuencas, y se evaluó la calidad del agua.

Selección de los puntos definitivos de medición. De acuerdo a la información que se tomó en la fase de diagnóstico en los entregables de Reforestación, Bioingeniería y Calidad del agua, de manera interdisciplinaria, se ajustaron los puntos de muestreo seleccionados inicialmente y se delimitó el área de intervención en cada una de las microcuencas tal como se muestra en la Figura 5.

Toma de muestras en cada una de las 25 microcuencas. Se realizaron los muestreos de calidad del agua en los dos puntos seleccionados en las 25 microcuencas. El punto de muestreo ubicado en el cuerpo de agua antes de iniciar el área cafetera fue denominado Punto 1 y el punto de muestreo ubicado en el cuerpo de agua después de ingresar por el área cafetera se denominó Punto 2. En cada muestreo se determinó el caudal, parámetros *in situ* (oxígeno disuelto, temperatura, pH y conductividad eléctrica), se recolectaron las muestras para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, también se recolectaron macroinvertebrados y se hizo la valoración de la calidad del hábitat.

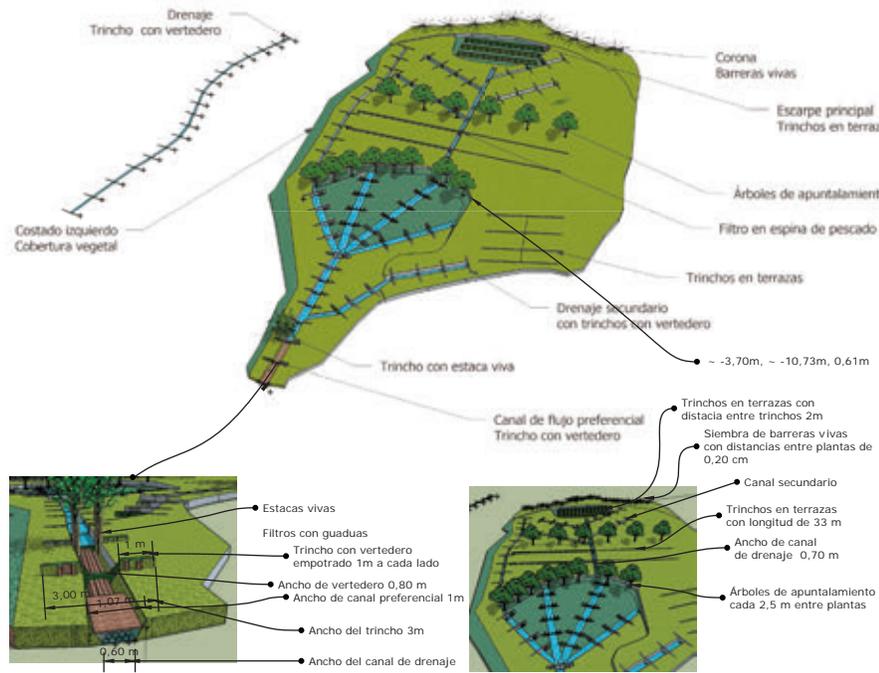


Figura 4. Plano de diseño para la restauración ecológica del sitio seleccionado por la comunidad en el municipio de Aguadas (Caldas).

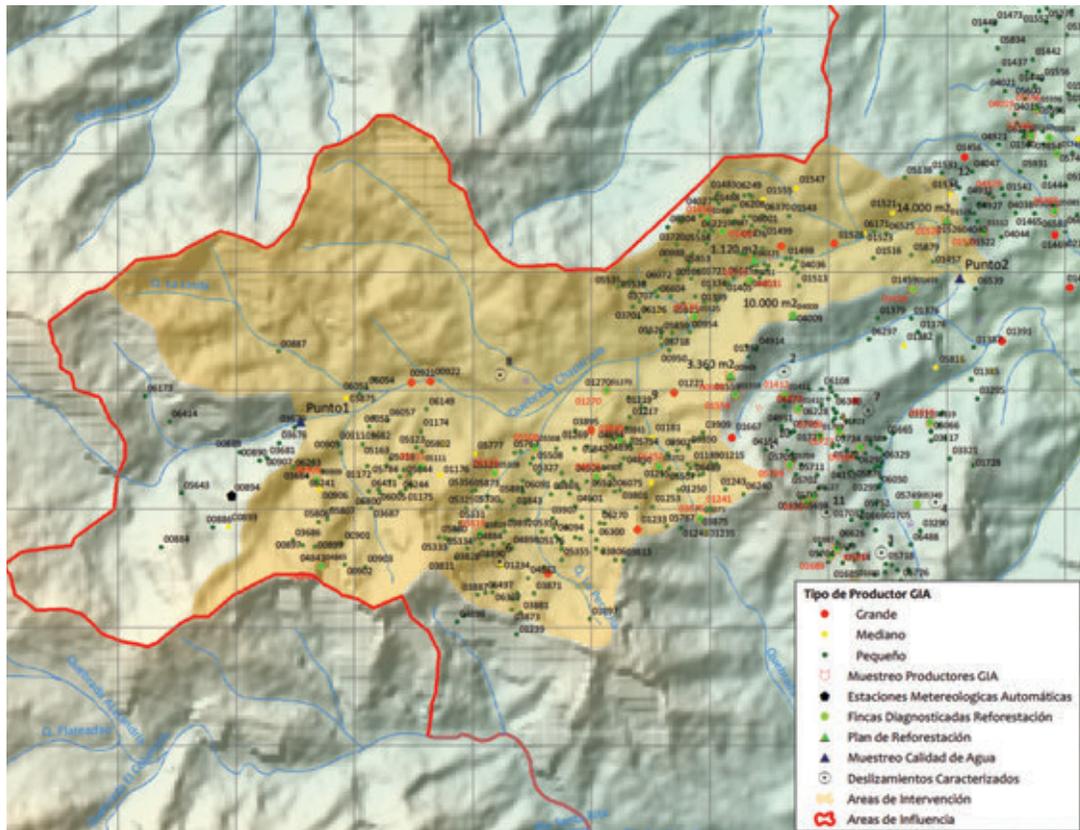


Figura 5. Ejemplo selección área de intervención, Andes - Antioquia.

Evaluación de la calidad del agua. Para la calidad físicoquímica del agua se empleó el indicador ICA-NSF, con el cual se obtuvieron los siguientes valores: Para los puntos “1” los valores estuvieron entre 92,95 nivel de calidad excelente (microcuenca de Salamina) y 54,1 nivel de calidad medio (microcuenca de Caicedonia), en promedio el ICA-NSF en las microcuencas evaluadas en los puntos 1 fue de 80,16 con nivel de calidad bueno. Para los puntos “2” los valores estuvieron entre 84,26 nivel de calidad bueno (microcuenca de Balboa) y 52,69 nivel de calidad medio (microcuenca de Tuluá), en promedio el ICA-NSF en los puntos “2” en las microcuencas evaluadas fue de 70,54 nivel de calidad medio (Figura 6).

El indicador de calidad biológico (BMWP) contó con la separación de todos los macroinvertebrados y la identificación hasta el mayor nivel taxonómico posible. Este indicador tuvo valores: Para los puntos “1” entre 134 con nivel de calidad excelente (microcuenca de Salgar) y 24 nivel de calidad malo (microcuenca de Consacá), en promedio el BMWP en las microcuencas evaluadas en los puntos “1” fue de 83,76 nivel de calidad bueno. Para los puntos “2” los valores de calidad biológica estuvieron entre 123 con un nivel de calidad excelente (microcuenca

de Rosas) y 14 nivel de calidad malo (microcuenca de La Unión), en promedio el BMWP en los puntos “2” en las microcuencas evaluadas fue de 66,08 con nivel de calidad medio.

El indicador de valoración de hábitat (BMWP) se aplicó en el campo, en las 25 microcuencas, en los dos puntos de muestreo; se tuvieron valores para los puntos “1” entre 8,4 con nivel de calidad buena (microcuenca de Sevilla) y 6,6 con nivel de calidad medio (microcuenca de Pácora), en promedio el SVAP en los puntos “1” fue de 7,3 con un nivel de calidad bueno. Para los puntos “2” el SVP tuvo valores entre 6,6 nivel de calidad medio (microcuenca de Sandoná) y 4,9 con nivel de calidad malo (microcuenca de Bolívar), en promedio el SVAP en los puntos “2” fue de 5,8 con nivel de calidad medio (Figura 7).

Así mismo, se identificaron las familias de macroinvertebrados acuáticos en las 25 microcuencas, divididas en dos puntos, con y sin intervención cafetera. En total, se recolectaron 8.742 ejemplares, en los cinco departamentos, pertenecientes a cinco Phylum (Annelida, Molusca, Nematomorpha, Platyhelminthes y Artropoda), distribuidos en 7 clases, 17 órdenes y 52 familias,

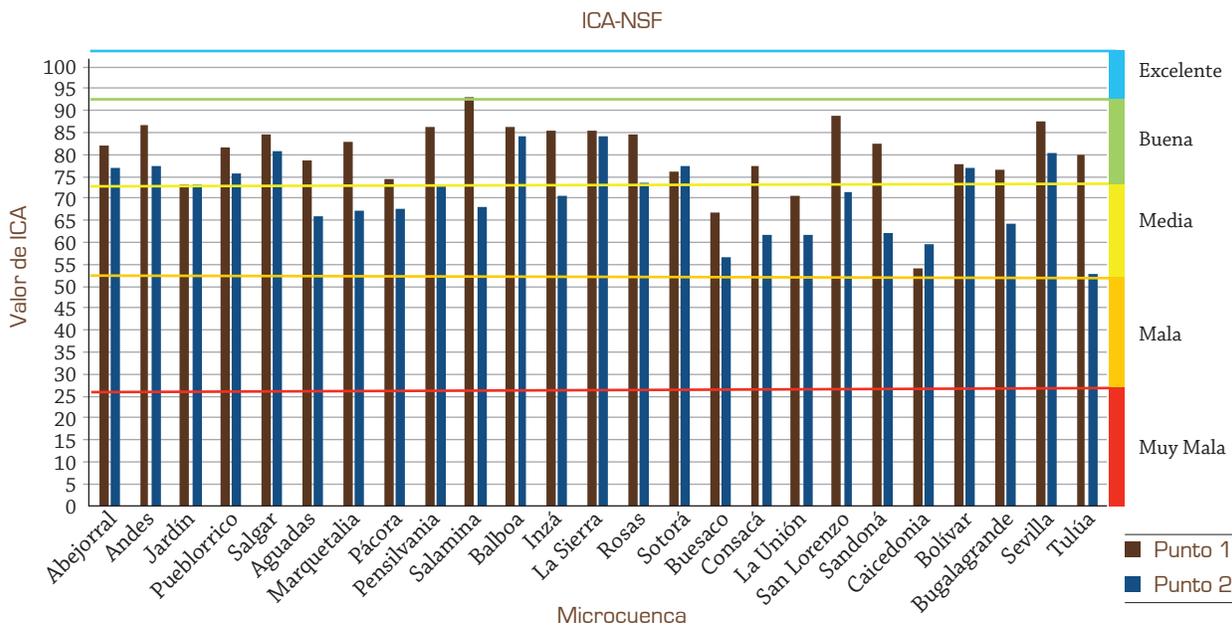


Figura 6. Resultados ICA-NSF en las 25 microcuencas.

de ellos el Phylum Artropoda fue el que más individuos representó. Los puntos “1” tuvieron menor número de individuos que los puntos “2”, a pesar de que la mayoría están en zona con menor impacto antrópico, esto probablemente porque en la mayoría de los puntos “1” se registraron bajos caudales, lo cual influye directamente en la presencia de organismos acuáticos, debido a que se reduce la disponibilidad de biotopos para el establecimiento de los macroinvertebrados y de la biota acuática, en general.

El indicador global de calidad del agua se obtuvo a partir de la transformación de los indicadores ICA-NSF, BMWP y BMWP a un indicador global de calidad. Los valores del índice global para los puntos “1” están entre 0,91 nivel de calidad excelente (microcuenca de Salgar) y 0,56 nivel de calidad medio (microcuenca de La Unión), en promedio el indicador global de calidad del agua en los puntos “1” fue de 0,74 con nivel de calidad bueno. Para los puntos “2” el indicador global de calidad del agua tuvo valores entre 0,78 con nivel de calidad medio (microcuenca de Rosas) y 0,41 con nivel de calidad malo (microcuenca de La Unión), en promedio el indicador global de calidad

del agua en los puntos “2” fue de 0,60 con nivel de calidad medio (Figura 8).

Caracterización del riesgo por plagas y enfermedades

Durante los meses de octubre de 2014 hasta agosto de 2015 se evaluó el comportamiento poblacional de dos plagas del cultivo de café: la broca del café (*Hypothenemus hampei*) y el minador de la hoja del café (*Leucoptera coffeellum*), en cinco localidades, en un gradiente altitudinal entre 1.132 y 1.822 m, en la cuenca del río Risaralda, Caldas. Con el objetivo de cuantificar la amenaza y la vulnerabilidad del cultivo de café a las plagas, en cada localidad se montó una estación meteorológica automatizada, tipo cuenca, ubicadas cada 200 metros de altitud. En cada piso térmico, contiguo a la estación meteorológica, se seleccionó una parcela productiva de café Variedad Castillo® de 3 años de edad, con una parcela de monitoreo de 3.000 árboles. En cada parcela, mensualmente se registraron los niveles de infestación de broca y minador, así como la densidad poblacional, en cada rango altitudinal, relacionado con las variables de clima en cada localidad. Se utilizaron 20 trampas cebadas con

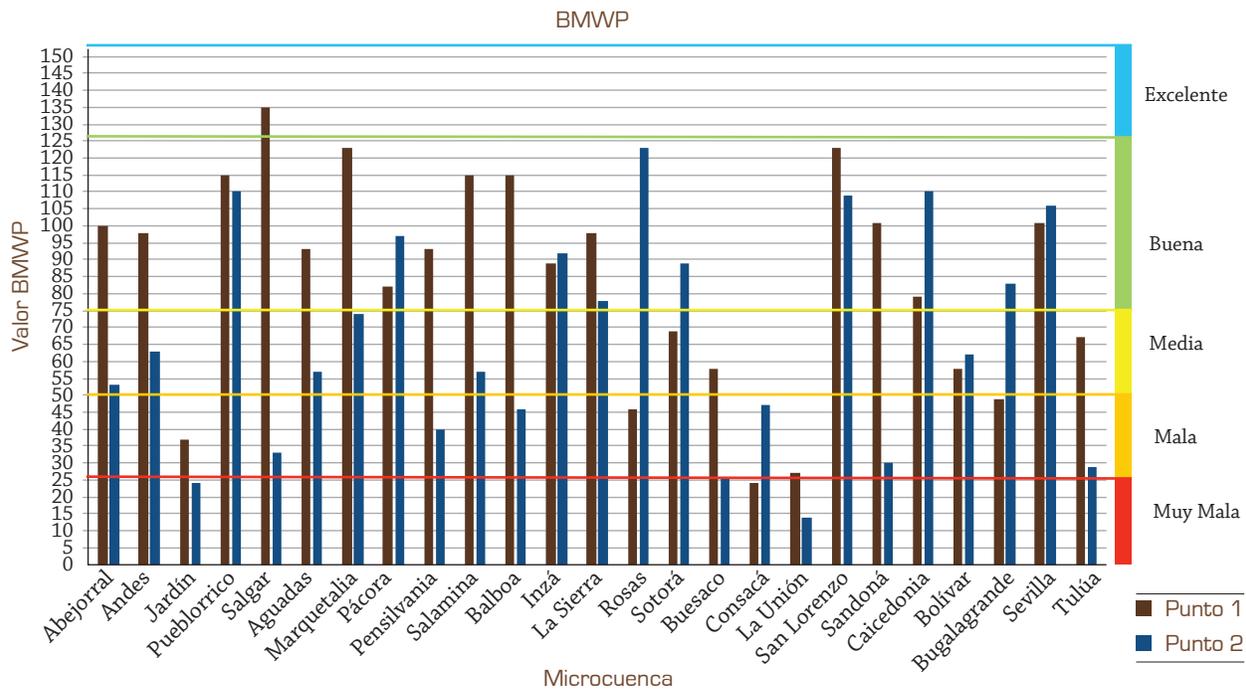


Figura 7. Resultados BMWP en las 25 microcuencas.

alcohol por parcela, para conocer los vuelos de broca en cada localidad. Los resultados muestran que a medida que disminuye la altitud y aumenta la temperatura, se incrementa la densidad de broca y las capturas en las trampas (Figura 9 y 10). Adicionalmente, preliminarmente se estableció el efecto de la temperatura, las lluvias y la radiación solar, con la densidad poblacional de la broca en el campo (Figuras 11 y 12).

En contraste, el porcentaje de infestación del minador de las hojas del café, en las cinco localidades,

no mostró relación con la altitud ni con las variables de clima. Las poblaciones se mantuvieron por debajo del nivel de daño económico con valores entre 0,8% y 19,0% de infestación. Esto podría deberse a los altos niveles de parasitismo natural ocasionados por *Closterocerus coffeellae*, con niveles entre 76% y 85%, en todo el rango altitudinal del minador de la hoja del café, que mantuvieron bajo control esta plaga. Se continuará monitoreando la dinámica poblacional de estas plagas del café a través del tiempo y el efecto de las variables de clima en la abundancia de enemigos naturales de las plagas del café.

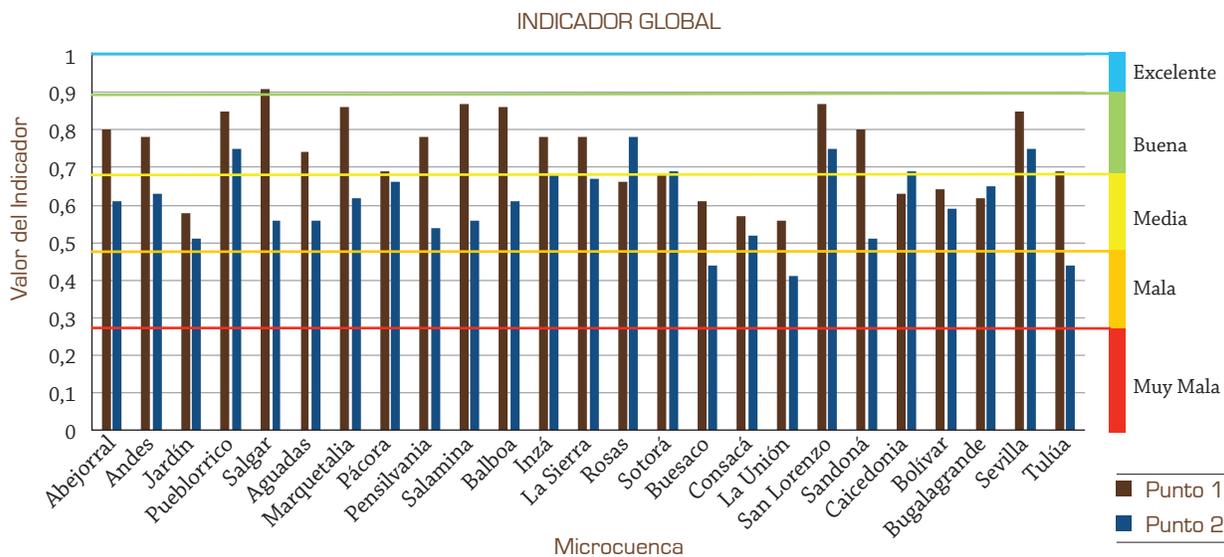


Figura 8. Resultados índice global de calidad del agua para las 25 microcuenas.

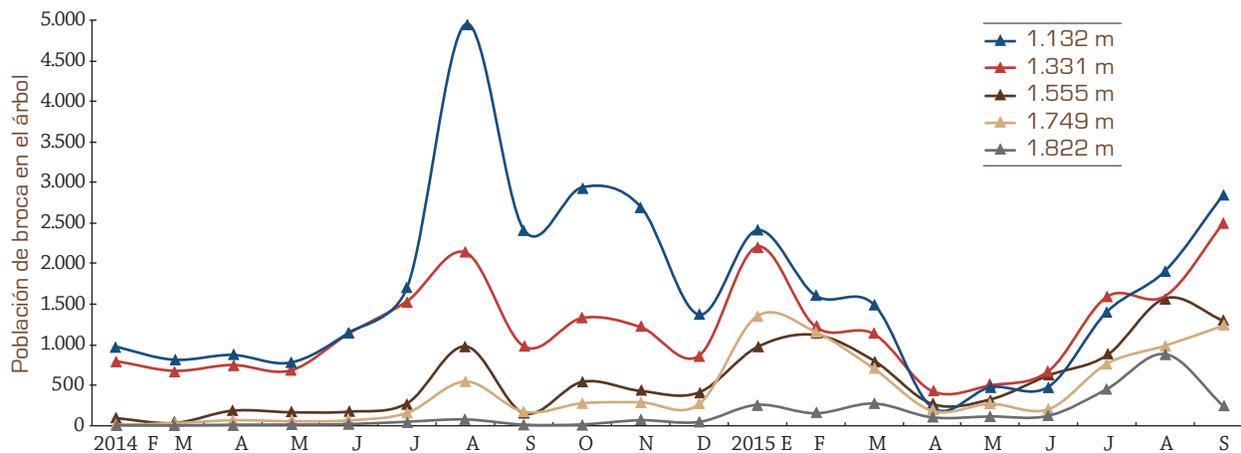


Figura 9. Densidad y crecimiento poblacional de la broca del café en un rango altitudinal entre 1.132 y 1.822 m, en la cuenca del río Risaralda [Caldas], a través del tiempo.

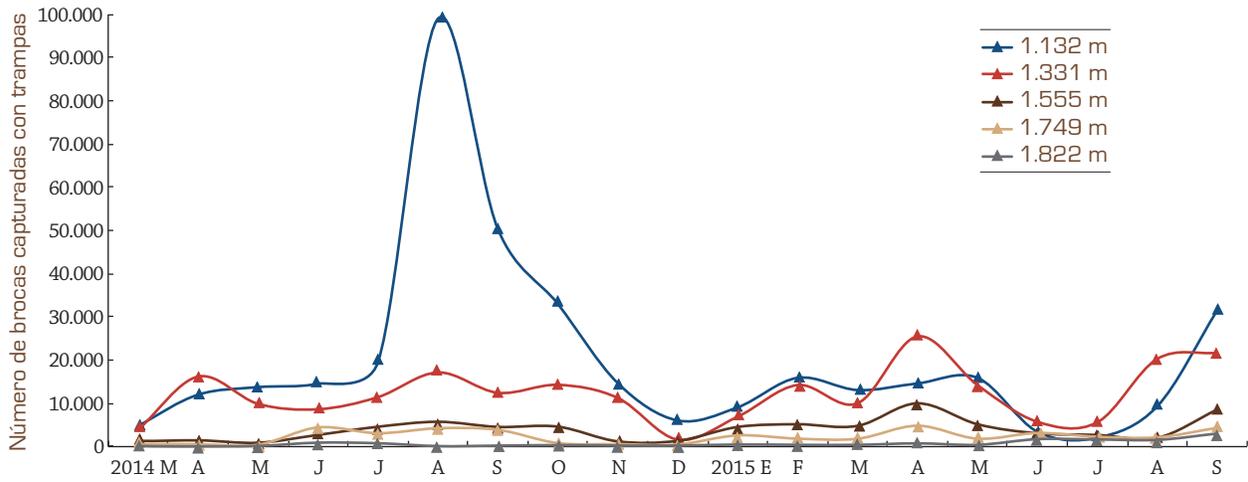


Figura 10. Capturas de broca con trampas de alcohol, por rango altitudinal, en la cuenca del río Risaralda (Caldas), a través del tiempo.

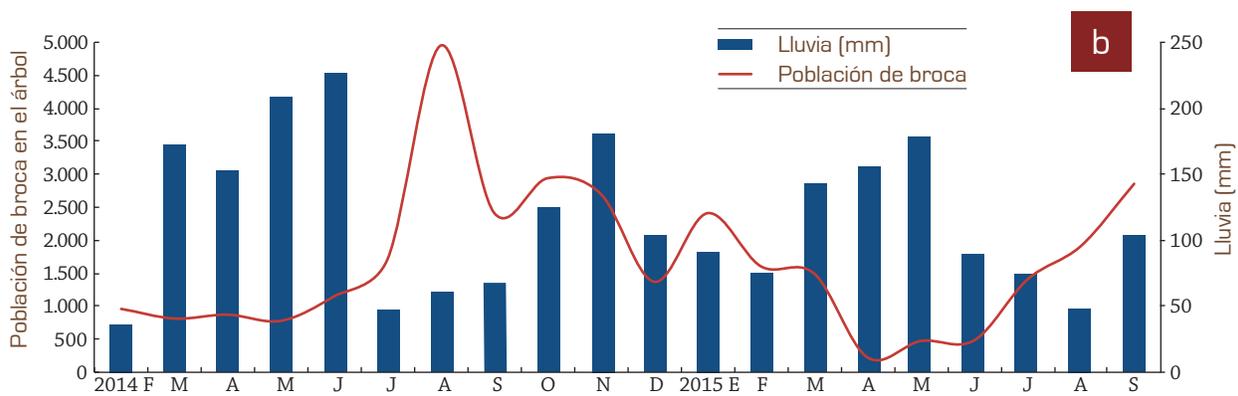
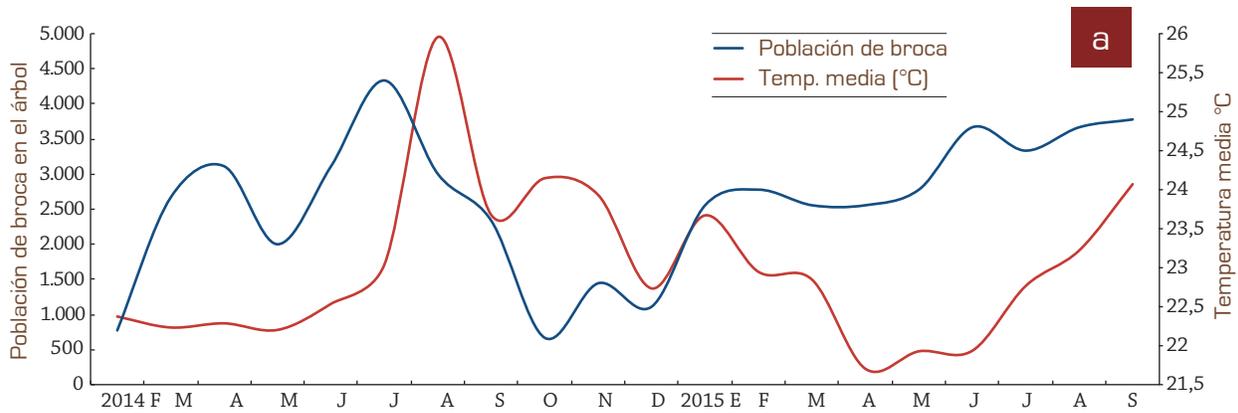


Figura 11. Densidad poblacional de la broca del café a 1.132 m, a través del tiempo, con relación: (a) Temperatura y (b) Lluvia.

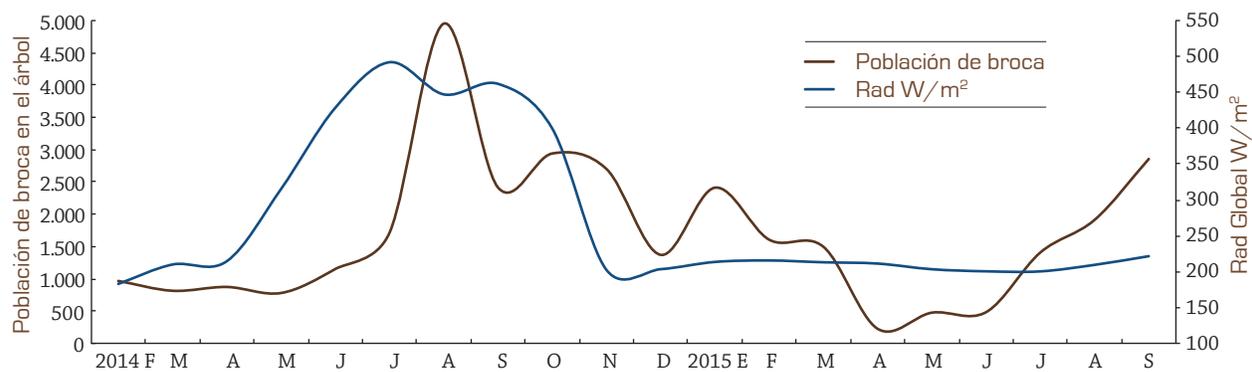


Figura 12. Radiación global con relación a la densidad poblacional de la broca del café a través del tiempo.

Evaluar la vulnerabilidad del componente socio-económico

Valoración de servicios ambientales en las microcuencas del Programa GIA. Las actividades en este componente, se basaron en la revisión de la información recopilada en línea base y en la selección de microcuencas que serán objeto del esquema de pago por servicios ambientales.

Se analizaron los documentos “planes de manejo de la microcuenca” de los cinco departamentos objeto de intervención. En éstos, para las 25 microcuencas, se identificaron las siguientes generalidades, similitudes en los patrones de manejo y problemáticas:

- Ampliación de la frontera agrícola, como la principal causa de deforestación.
- Consumo de leña, empleada como combustible para la cocción de alimentos.
- El servicio de energía eléctrica tiene amplia cobertura, sin embargo, es irregular ya que se presentan constantes cortes y la infraestructura requiere mantenimiento.
- Las infraestructuras del sistema de acueducto son artesanales y obsoletas, no existen plantas de tratamiento, ni potabilización del agua.
- Los sistemas de alcantarillado son escasos, razón por lo cual las aguas residuales son descargadas directamente a las fuentes hídricas.
- Las “aguas grises”, las heces del ganado, los residuos de agroquímicos y las “aguas mieles”, en gran parte de los predios ubicados en áreas de las microcuencas, son vertidas en los cuerpos de agua, lo que aumenta la contaminación de este recurso natural.
- La ganadera, después de la actividad cafetera es la segunda actividad económica más predominante en estas microcuencas; ésta se realiza de forma muy convencional, teniendo efectos negativos, principalmente, en el suelo de zonas de ladera, ocasionando procesos erosivos, terracetos y compactación (pata de vaca)
- En relación con las actividades económicas, en las microcuencas de Balboa y Sotará se presenta siembra de otros cultivos que requieren tala de bosques y uso de agroquímicos que disminuyen la calidad del agua.
- La tenencia de la tierra en la mayoría de las microcuencas se da a través de falsa tradición, es decir, cuando se transmite un derecho o un bien inmueble sin ser el titular de la propiedad de éste. Un caso particular, se presenta en San Bartolo – municipio de Jardín Antioquia, en él existe la llamada “propiedad colectiva” debido a que parte del resguardo indígena Embera-Chamí de Cristianía se encuentra ubicado allí.
- Las viviendas, en general, presentan estructuras en mal estado, lo que disminuye las condiciones de vida digna de los habitantes.

- Las vías de acceso, en su mayoría, son terciarias en condiciones regulares.

Selección de las microcuencas que serán objeto del esquema de servicios ambientales. Se aplicó el primer criterio de selección (de cinco que tiene la propuesta metodológica), el cual, permitió preseleccionar dos microcuencas en buen estado ambiental y dos en mal estado.

El Estado Ambiental –EA– de las cuatro microcuencas en las cuales se implementará el esquema de pagos por servicios ambientales, se determinó mediante la evaluación y preselección de las características que se pretenden corregir mediante dicho esquema, tomando los siguientes insumos que están directamente asociados a la cantidad y calidad del recurso hídrico en las microcuencas:

- Índice de manejo de agua en el proceso de beneficio-IMAPBH,
- Índice de manejo de las aguas residuales domésticas-ICAARD,
- Grado de erosión-GERO.

El índice IMAPBH mide el uso eficiente del agua empleada durante el beneficio del café, mientras el índice ICAARD mide el impacto ambiental adverso

sobre el recurso hídrico de las aguas residuales domésticas. Teniendo así una aproximación a la evaluación por microcuencas del uso eficiente del agua y de la contaminación generada mediante las aguas residuales tanto del proceso de beneficio del café como domésticas. Por su parte, el GERO evalúa la contaminación que se genera en los cuerpos de agua debido al desprendimiento del suelo.

El EA toma valores entre 1 y 3, donde 3 es indicador de buen estado ambiental, es decir, microcuencas en las cuales se presentan niveles mínimos de erosión, que los predios cuentan con beneficio ecológico y sistemas de tratamiento de aguas, tanto para el beneficio del café como aguas domésticas, y 1 es indicador de mal estado ambiental, presentando condiciones contrarias a las descritas. En la Tabla 15 se presentan los EA para las 25 microcuencas.

Los índices de manejo de las aguas residuales domésticas y de beneficio fueron calculados por el plan de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales - STAR; el grado de erosión, se cuantificó empleando como proxy los porcentajes de respuesta satisfactoria a la pregunta ¿Realiza prácticas de conservación de suelos?, tomada de la caracterización de buenas prácticas agrícolas con criterios de sostenibilidad.

Tabla 15. Indicador del Estado Ambiental (IEA) de las 25 microcuencas – Programa Gestión Inteligente del Agua.

Departamento	Municipio	Microcuenca	IEA
Nariño	Sandoná	El Ingenio	2,96
Valle del Cauca	Sevilla	San Marcos	2,95
Cauca	Sotará	Quilcacé	2,90
Caldas	Pácora	Pácora	2,87
Nariño	La Unión	La Fragua	2,85
Antioquia	Abejorral	Buey	2,83
Antioquia	Jardín	San Bartolo	2,79
Valle del Cauca	Caicedonia	Barragán	2,77
Caldas	Salamina	La Frisolera	2,76

Continúa...

...continuación

Departamento	Municipio	Microcuenca	IEA
Valle del Cauca	Tuluá	Bugalagrande	2,74
Caldas	Aguadas	El Edén - Bareño	2,72
Nariño	San Lorenzo	El Molino	2,72
Nariño	Buesaco	Buesaquito	2,71
Valle del Cauca	Bolívar	Platanares	2,64
Cauca	La Sierra	Esmita	2,57
Antioquia	Andes	La Chaparrala	2,56
Nariño	Consacá	Azufra	2,46
Valle del Cauca	Bugalagrande	La Paila	2,41
Cauca	Inzá	Negro	2,37
Cauca	Balboa	Capitanes	2,17
Caldas	Pensilvania	Tenerife	2,07
Caldas	Marquetalia	Los Zaiños	2,07
Antioquia	Pueblo Rico	La Leona	2,03
Cauca	Rosas	San Tomás	2,03
Antioquia	Salgar	Gulunga	1,88

En la determinación del EA se asignó una ponderación a cada indicador - IMAPBH - ICAARD - GERO - de acuerdo a los kilogramos de DQO que se producen por aguas residuales de beneficio, aguas residuales domésticas y pérdida de suelo por hectárea al año, para cada microcuenca. En la Tabla 15 se presentan los resultados de la calificación del indicador del estado ambiental de las 25 microcuencas.

Para la aplicación del criterio 2 “En las cuales exista menos fragmentación de los predios y las personas estén dispuestas a asumir acciones para corregir los posibles daños referentes a los Servicios Ambientales que se van a ofrecer”, se está desarrollando un instrumento que permita medir la actitud de las personas frente al recurso hídrico, el cual se pretende aplicar en los predios que serán intervenidos en las cuatro microcuencas preseleccionadas.



Programa Producción y Productividad

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial statements. This includes not only sales and purchases but also expenses, income, and any other financial activity. The text explains that proper record-keeping is essential for identifying trends, managing cash flow, and complying with tax regulations. It also notes that detailed records can provide valuable insights into the company's performance and help in making informed business decisions.

The second part of the document focuses on the process of reconciling bank statements with the company's internal records. It describes the steps involved in comparing the two sets of records to identify any discrepancies. Common reasons for differences are discussed, such as timing issues, bank errors, or unrecorded transactions. The text provides a clear, step-by-step guide to performing a bank reconciliation, including how to use the bank statement and the company's ledger. It stresses the importance of reconciling accounts regularly to catch errors early and maintain accurate financial data.

The final part of the document addresses the topic of budgeting and financial forecasting. It explains how a well-defined budget can serve as a roadmap for the company's financial future. The text discusses the various components of a budget, such as fixed and variable costs, and provides tips for creating a realistic and achievable budget. It also touches upon the importance of monitoring actual performance against the budget and making adjustments as needed. The document concludes by emphasizing that effective financial management is key to the long-term success and sustainability of any business.

Programa Producción y Productividad

PPR 0200. Aumentar la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos

Definición de los elementos del sistema productivo que responden por la producción y productividad de la caficultura Colombiana

Se parametrizó y actualizó la versión SIC@ a diciembre de 2014 y 2015, incorporando información climática proveniente de *WorldClim* con una resolución espacial por cuadrícula de 1,0 km², específicamente con las variables temperatura mínima, media y máxima mensual, y precipitación acumulada mensual, involucrando los indicadores bioclimáticos. Esta parametrización indica que (Tablas 16, 17, 18 y 19):

1. La caficultura ha tenido un proceso de rejuvenecimiento y han disminuido los cafetales mayores de 9 años, que en el 2008 correspondían al 42% del área y hoy representan la cuarta parte, mientras los menores de 3 años, que para el 2008 representaban el 21%, hoy constituyen la tercera parte de la caficultura. En cuanto a la densidad, se evidencia la reducción de áreas con menos de 3.250 plantas/ha, de tal manera que a diciembre de 2014 disminuyó a 7,4%, mientras que dicha disminución fue del 21,5% para 2008. Algunos departamentos como An-

tioquia, Caldas, Huila, Nariño, Risaralda y Quindío, presentan en más del 40% del área cafetera actual, densidades superiores a 5.250 plantas/ha, mientras que departamentos como La Guajira, Magdalena, Cesar, Bolívar y Putumayo, tienen un área superior al 25% en densidades menores de 3.250 plantas/ha. Los cambios entre 2008 y 2014 corresponden a la disminución de áreas inferiores a 1.200 m de altitud y aumento de áreas por encima de 1.800 m. Las variedades susceptibles, que en el 2008 cubrían un 70% del área cafetera, se redujeron para el 2014 al 34%, por la renovación de cafetales con variedades resistentes.

2. Con los indicadores bioclimáticos se clasificaron los predios cafeteros por potencialidad agroclimática, en tres condiciones: La primera corresponde a los predios con las mejores condiciones de aptitud, en rangos altitudinales entre 1.400 y 1.800 m; la segunda corresponde a aquellos predios con limitaciones de aptitud, ubicados principalmente entre altitudes entre 1.200 a 1.400 m ó 1.800 a 2.000 m; y la tercera corresponde a los predios con aptitud en alturas por debajo de 1.200 m o por encima de 2.000 m. Esta clasificación ha sido utilizada como criterio (Figura 13) en la priorización de las renovaciones, es decir, primero se renova-

rían los predios que están en la primera condición, dado que se espera la mejor respuesta en potencial productivo. La aptitud y la potencialidad agroclimáticas son atributos que se derivan del análisis agroclimático en condiciones de libre exposición, por tal razón los lotes cafeteros en los cuales existe manejo en sistemas

de cultivo, con árboles o agroforestales, dicha clasificación pueda no corresponder a esta situación, y es uno de los aspectos a considerar en próximas versiones de esta opción tecnológica, como recurso de planeación y toma de decisiones.

Tabla 16. Proporción de área cafetera colombiana por rangos de edad, en cada departamento, en los años 2008 y 2014.

Departamento	2008*			2014**		
	<3	>=3 y <9	>=9	<3	>=3 y <9	>=9
Antioquia	23,9	42,0	34,1	29,8	55,8	14,4
Bolívar	0,0	0,0	0,0	38,4	51,5	10,1
Boyacá	10,7	20,5	68,7	27,0	34,5	38,6
Caldas	27,8	40,0	32,2	33,4	51,3	15,2
Caquetá	7,2	52,4	40,4	41,3	40,0	18,7
Casanare	1,8	21,4	76,8	37,2	33,3	29,4
Cauca	19,4	31,5	49,2	27,8	48,1	24,1
Cesar	8,2	13,0	78,8	23,9	25,6	50,5
Chocó	18,5	40,7	40,8	31,5	67,7	0,8
Cundinamarca	17,4	27,1	55,6	20,5	40,3	39,3
Huila	26,9	53,3	19,8	32,3	57,9	9,8
La Guajira	5,6	11,4	83,0	18,9	18,9	62,2
Magdalena	8,8	10,3	80,9	24,0	28,5	47,5
Meta	10,0	40,7	49,3	39,7	38,2	22,2
Nariño	22,3	42,1	35,6	27,5	58,0	14,5
Norte de Santander	9,3	19,5	71,3	23,9	30,8	45,3
Putumayo	0,0	0,0	0,0	50,7	49,1	0,2
Quindío	24,0	39,9	36,1	38,7	42,3	19,0
Risaralda	28,4	44,7	27,0	35,1	51,4	13,4
Santander	14,4	35,1	50,5	32,8	44,8	22,5
Tolima	19,7	33,2	47,1	26,5	50,7	22,9
Valle del Cauca	19,0	34,2	46,8	30,4	41,1	28,5
TOTAL	21,1	36,8	42,1	29,7	48,6	21,7

* Área en café 880.086,81 hectáreas; **Área en café 948.533,08 hectáreas.

Tabla 17. Proporción de área cafetera colombiana por rangos de densidad, en cada departamento, en los años 2008 y 2014.

Departamento	2008*				2014**					
	Distribución Área total	Distribución			Distribución Área total	Distribución				
		<= 3.250	3.251 a 5.250	5.251 a 7.250		> 7.250	<= 3.250	3.251 a 5.250	5.251 a 7.250	> 7.250
Antioquia	14,7	2,1	8,9	2,9	0,8	13,8	0,4	7,1	4,6	1,6
Bolívar						0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
Boyacá	1,2	0,7	0,5	0,1	0,0	1,2	0,3	0,9	0,1	0,0
Caldas	9,5	1,3	4,1	2,6	1,5	7,9	0,3	3,6	2,9	1,0
Caquetá	0,3	0,2	0,2	0,0	0,0	0,4	0,1	0,3	0,0	0,0
Casanare	0,3	0,0	0,2	0,1	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0
Cauca	8,0	1,8	3,3	2,3	0,7	9,4	0,6	5,9	2,5	0,4
Cesar	2,5	1,5	0,7	0,3	0,1	3,2	1,0	1,9	0,3	0,0
Chocó	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cundinamarca	5,6	2,0	2,5	0,8	0,3	4,0	0,6	2,6	0,6	0,2
Huila	11,7	1,1	5,7	4,2	0,7	16,3	0,4	9,1	6,2	0,6
La Guajira	0,6	0,4	0,2	0,0	0,0	0,7	0,3	0,4	0,1	0,0
Magdalena	2,0	1,2	0,7	0,1	0,0	2,2	0,6	1,5	0,1	0,0
Meta	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4	0,1	0,3	0,0	0,0
Nariño	3,3	0,3	1,4	1,4	0,3	4,1	0,1	2,1	1,8	0,1
Norte de Santander	3,7	1,6	1,1	0,8	0,2	2,8	0,5	1,5	0,7	0,1
Putumayo						0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Quindío	4,8	0,7	2,1	1,3	0,7	2,9	0,2	1,3	1,0	0,4
Risaralda	6,2	0,7	3,0	2,1	0,5	5,4	0,2	2,9	2,0	0,3
Santander	4,8	0,8	2,2	1,5	0,3	5,3	0,1	3,2	1,6	0,3
Tolima	11,6	3,0	6,1	2,2	0,3	12,4	0,9	7,4	3,8	0,2
Valle del Cauca	8,7	2,2	4,6	1,5	0,4	7,1	0,8	4,5	1,5	0,2
TOTAL	-	21,6	47,5	24,4	6,6	-	7,4	56,9	30,0	5,6

Área en café 880.086,81 hectáreas; **Área en café 948.533,08 hectáreas.

Tabla 18. Proporción de área cafetera colombiana por rangos de altitud, en cada departamento, en los años 2008 y 2014.

Departamento	2008*			2014**		
	<=1.200	1.201 a 1.800	>=1.801	<=1.200	1.201 a 1.800	>=1.801
Antioquia	6,7	72,2	21,1	5,6	70,5	24,0
Bolívar	0,0	0,0	0,0	57,8	42,2	0,0
Boyacá	11,6	72,0	16,4	11,7	71,3	17,0
Caldas	8,3	81,6	10,1	7,0	81,9	11,1
Caquetá	34,2	64,8	1,0	37,5	60,9	1,5
Casanare	98,2	1,8	0,0	95,4	4,4	0,3
Cauca	2,0	80,5	17,6	1,2	77,8	21,0
Cesar	37,3	60,4	2,3	33,9	59,8	6,4
Chocó	0,0	60,3	39,8	0,0	58,8	41,2
Cundinamarca	15,6	79,0	5,4	10,7	80,5	8,9
Huila	3,3	86,3	10,4	3,0	85,1	12,0
La Guajira	48,1	47,6	4,3	45,8	47,3	7,0
Magdalena	60,1	39,2	0,7	50,4	48,1	1,6
Meta	65,3	34,7	0,0	72,4	27,4	0,2
Nariño	1,4	54,2	44,4	1,5	52,7	45,9
Norte de Santander	27,3	69,6	3,1	16,7	76,6	6,7
Putumayo				92,0	7,4	0,5
Quindío	9,6	86,8	3,6	5,6	88,7	5,7
Risaralda	3,7	88,7	7,6	3,3	88,7	8,0
Santander	16,6	73,9	9,4	9,1	78,5	12,4
Tolima	15,5	71,9	12,6	10,8	74,8	14,5
Valle del Cauca	3,3	92,1	4,6	2,5	90,9	6,6
TOTAL	11,0	77,2	11,9	8,7	76,7	14,6

* Área en café 880.086,81 hectáreas; **Área en café 948.533,08 hectáreas.

Tabla 19. Proporción de área cafetera colombiana, de acuerdo con variedades resistentes y susceptibles a la roya del café, en los años 2008 y 2014, en cada departamento, en los años 2008 y 2014.

Departamento	2008*		2014**	
	Resistente	Susceptible	Resistente	Susceptible
Antioquia	43,8	56,2	81,1	18,9
Bolívar			86,6	13,4
Boyacá	8,1	91,9	51,7	48,3
Caldas	45,2	54,8	74,2	25,8
Caquetá	3,5	96,5	60,1	39,9
Casanare	17,3	82,7	72,2	27,8
Cauca	16,9	83,1	64,8	35,2
Cesar	15,9	84,1	50,3	49,7
Chocó	0,2	99,8	53,8	46,2
Cundinamarca	33,9	66,1	69,9	30,1
Huila	13,9	86,1	54,6	45,4
La Guajira	10,9	89,1	34,3	65,7
Magdalena	10,3	89,7	43,5	56,5
Meta	19,0	81,0	72,7	27,3
Nariño	19,0	81,0	65,9	34,1
Norte de Santander	27,8	72,2	60,9	39,1
Putumayo			88,4	11,6
Quindío	35,1	64,9	57,0	43,0
Risaralda	44,3	55,7	74,6	25,4
Santander	56,7	43,3	89,8	10,2
Tolima	18,9	81,1	64,6	35,4
Valle del Cauca	26,9	73,1	61,7	38,3
TOTAL	29,9	70,1	66,4	33,6

* Área en café 880.086,81 hectáreas; ** Área en café 948.533,08 hectáreas.

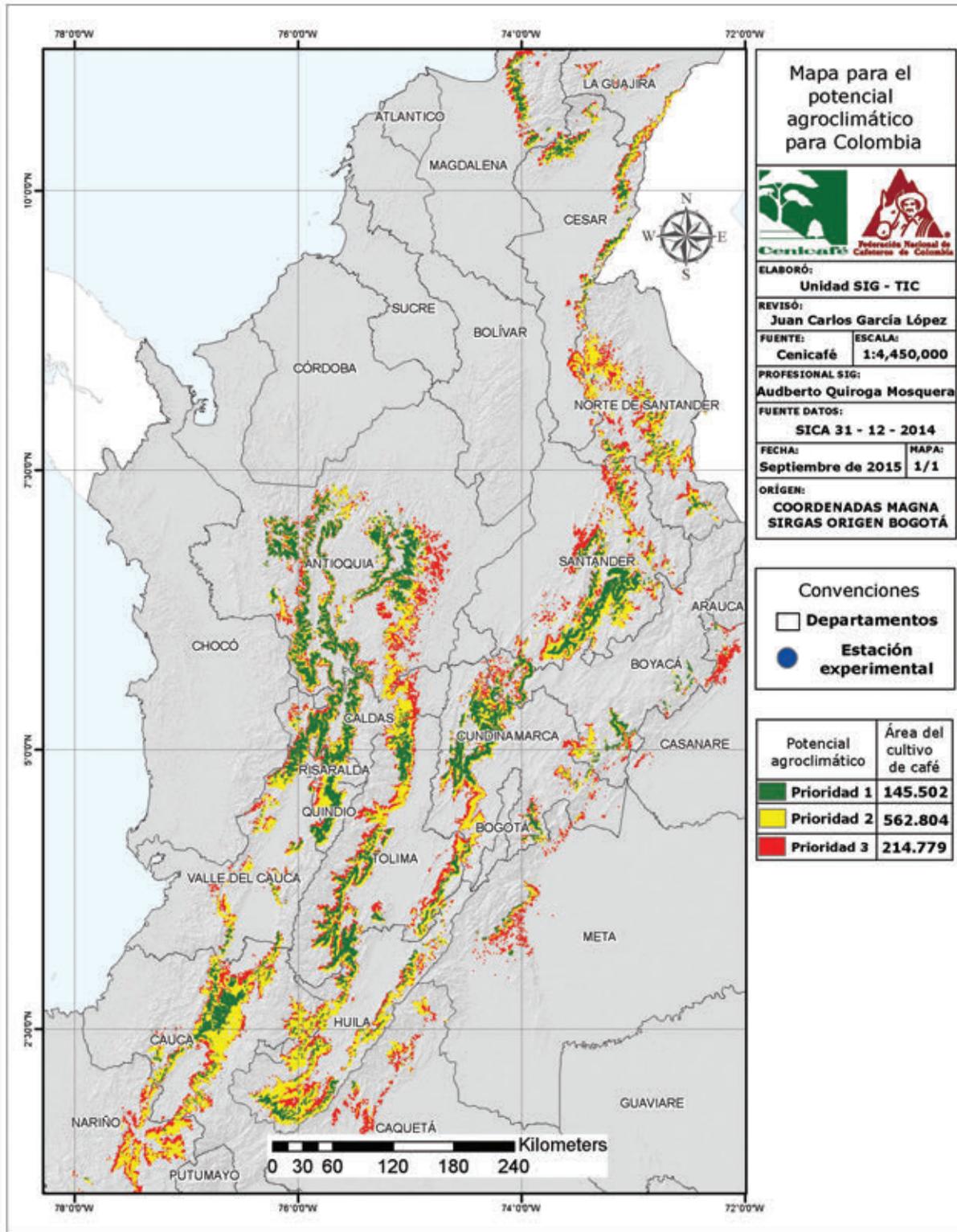


Figura 13. Mapa de potencialidad agroclimática de la Zona Cafetera Colombiana. Primera aproximación.

Producción potencial promedio por hectárea

Para determinar la producción potencial promedio por sitio, se simularon entre los años 2000 y 2010, cinco ciclos de producción, en diez de las estaciones experimentales de Cenicafé (sitio), para lotes sembrados con variedad Colombia, con una densidad de 5.000 plantas/ha y un tallo por sitio. En la Tabla 20 se describen para cada sitio, la latitud, la temperatura media diaria observada durante el 2000 y 2010 y el índice de aptitud climática. Las temperaturas medias oscilaron entre 18,7 y 23°C con índice de aptitud de regular y aceptable, respectivamente.

La prueba de comparación de Dunnett al 5% (Tabla 21), para el primer año de producción, indicó diferencias a favor de la Granja Luker y la de menor producción en la Estación Manuel Mejía. Para el segundo año de producción se mantuvo la diferencia a favor de la Granja Luker (mayor producción), con igual producción en Cenicafé, Naranjal, La Catalina, Paraguaicito, Pueblo Bello y Francisco Romero, quienes a su vez tuvieron mayor producción que El Rosario, Jorge Villamil y Manuel Mejía. En el tercer año de producción, aquellos sitios de menor producción fueron El Rosario, Manuel Mejía y Jorge Villamil, las dos últimas con igual producción.

Para el cuarto año de producción, las estaciones de mayor y menor producción fueron Manuel Mejía y la Granja Luker, respectivamente; este resultado se mantuvo para el quinto año.

Teniendo presente que para la producción potencial las únicas variables exógenas que inciden en la producción son la temperatura y el número de horas de brillo solar, y que las otras se consideran como adecuadas para el cultivo del café, se observó la diferencia de producción entre sitios, en cada año de producción (Tabla 21) y el incremento de la producción en cada año, hasta el tercer año para unas, y al cuarto año, para otras (Figura 14).

Al agrupar los sitios, de acuerdo con el índice de aptitud, descrito en la Tabla 20, el sitio calificado como excelente, no fue el de mayor producción año por año (Tabla 22), pero sí el de menor producción acumulada (Tabla 23). De los sitios con índice de aptitud buena, en la producción acumulada, cuatro de ellos tienen los mayores promedios, lo cual hace que esta clasificación sea la de mayor promedio en el acumulado (Tabla 24). Este resultado indica que debe revisarse la estructura del índice y hacer los ajustes necesarios, o identificar si dicha estructura es la adecuada para la producción afectada por déficit o exceso hídrico.

Tabla 20. Latitud, temperatura media diaria e índice de aptitud, de las estaciones con las cuales se simuló la producción potencial de café.

Sitio	Latitud (grados)	Temperatura media	Índice de aptitud
Cenicafé	5,000	21,4	Bueno
El Rosario	5,960	20,3	Excelente
Francisco Romero	7,750	22,2	Bueno
Granja Luker	5,080	23,0	Aceptable
Jorge Villamil	2,033	20,2	Aceptable
La Catalina	4,750	21,5	Bueno
Manuel Mejía	2,416	18,7	Regular
Naranjal	4,980	21,2	Bueno
Paraguaicito	4,380	21,9	Aceptable
Pueblo Bello	10,416	21,0	Bueno

Tabla 21. Producción potencial en sacos de 60 kg de café de café verde, por año de producción y sitio.

Año 1				Año 2			
Sitio	Promedio	Error estándar		Sitio	Promedio	Error estándar	
Granja Luker	3,6	A	0,2	Granja Luker	54,2	A	0,5
Francisco Romero	2,2	B	0,1	Cenicafé	52,1	B	0,7
Paraguaicito	2,1	B	0,2	Naranjal	52,0	B	1,0
La Catalina	1,7	C	0,1	La Catalina	52,0	B	0,7
Cenicafé	1,6	C	0,1	Paraguaicito	51,9	B	0,7
Naranjal	1,4	D	0,1	Pueblo Bello	51,7	B	0,9
Pueblo Bello	1,3	D	0,1	Francisco Romero	51,6	B	0,7
El Rosario	0,7	E	0,1	El Rosario	47,7	C	1,8
Jorge Villamil	0,5	F	0,2	Jorge Villamil	42,5	D	2,5
Manuel Mejía	0,3	G	0,0	Manuel Mejía	23,7	E	2,1

Año 3				Año 4			
Sitio	Promedio	Error estándar		Sitio	Promedio	Error estándar	
Paraguaicito	77,3	A	0,9	Manuel Mejía	87,2	A	2,4
La Catalina	77,2	A	1,3	Jorge Villamil	71,0	B	3,5
Cenicafé	76,4	AB	1,4	El Rosario	68,8	B	3,9
Granja Luker	75,8	AB	0,5	Pueblo Bello	64,6	C	1,0
Naranjal	75,4	AB	1,2	Naranjal	62,5	CD	1,0
Francisco Romero	75,4	AB	1,0	Cenicafé	60,8	DE	1,3
Pueblo Bello	74,5	B	2,1	La Catalina	59,2	E	1,5
El Rosario	62,8	C	4,6	Paraguaicito	55,3	F	1,0
Manuel Mejía	59,8	D	1,1	Francisco Romero	53,1	F	0,7
Jorge Villamil	57,5	D	2,9	Granja Luker	50,1	G	0,8

Año 5			
Sitio	Promedio	Error estándar	
Manuel Mejía	61,7	A	2,8
Naranjal	53,1	B	0,7
Cenicafé	52,9	B	0,6
La Catalina	52,3	B	0,8
Pueblo Bello	52,1	BC	2,0
Paraguaicito	50,9	BC	0,9
Francisco Romero	49,9	CD	0,7
Jorge Villamil	49,1	D	1,8
El Rosario	46,0	E	3,5
Granja Luker	41,4	F	2,5

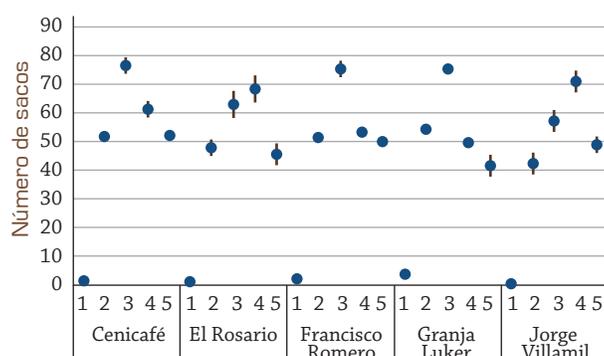


Figura 14. Promedio del número de sacos de 60 kg de café verde, para cada estación, en cinco años de producción.

Tabla 22. Producción potencial en sacos de 60 kg de café de café verde, por año de producción y aptitud.

Aptitud	Año 1			Año 2			
	Promedio		Error estándar	Aptitud	Promedio	Error estándar	
Excelente	0,7	B	0,05	Excelente	47,7	B	0,7
Buena	1,7	A	0,06	Buena	51,9	A	0,1
Aceptable	2,1	A	0,31	Aceptable	49,5	AB	1,3
Regular	0,3	B	0,006	Regular	23,7	C	0,8

Aptitud	Año 3			Año 4			
	Promedio		Error estándar	Aptitud	Promedio	Error estándar	
Excelente	62,8	C	1,8	Excelente	68,8	B	1,5
Buena	75,8	A	0,3	Buena	60,1	C	0,7
Aceptable	70,2	B	2,2	Aceptable	58,8	C	2,2
Regular	59,7	C	0,4	Regular	87,2	A	0,9

Aptitud	Año 5		
	Promedio		Error estándar
Excelente	45,9	C	1,4
Buena	52,1	B	0,3
Aceptable	47,1	C	1,1
Regular	61,7	A	1,1

Tabla 23. Producción acumulada en sacos de 60 kg de café verde, por sitio.

Sitio	Promedio		Error estándar
Naranjal	244,4	A	1,0
Pueblo Bello	244,3	A	3,0
Cenicafé	243,9	A	0,6
La Catalina	242,5	A	0,8
Paraguaicito	237,5	B	0,9
Manuel Mejía	232,7	C	5,4
Francisco Romero	232,2	C	0,9
El Rosario	226,0	D	1,9
Granja Luker	225,0	D	2,5
Jorge Villamil	220,7	E	1,5

Tabla 24. Producción acumulada en sacos de 60 kg de café verde, de acuerdo con la clasificación de aptitud.

Año 5			
Aptitud	Promedio		Error estándar
Excelente	226,0	C	0,8
Buena	241,5	A	0,9
Aceptable	227,7	BC	1,7
Regular	232,7	B	2,09

Avance en las estrategias para alcanzar la producción potencial de café en Colombia

Durante este período, se planeó la siembra en las Estaciones Experimentales El Tambo, Paraguaicito y Pueblo Bello. En las dos últimas, se establecerán 7.000 plantas/ha, un tallo por sitio y con sombrío, y en la primera se establecerán los cafetales a 2 m x 1 m y con dos tallos por sitio (10.000 tallos/ha). Se está en la etapa de almácigo.

Con respecto a la producción del lote sembrado en La Catalina, la producción registrada desde junio del 2013 a junio del 2015, es de 85 sacos de 60 kg de café verde y la producción potencial acumulada para la Estación Experimental La Catalina el promedio es de 130,9 sacos, con un límite inferior y superior de 129,3 y 132,5, respectivamente, para un coeficiente de confianza del 95%. Lo cual indica que para dicho período, se está en el 64,9 de la producción potencial acumulada.

PPR 0300. Aumento de la eficiencia de los factores de producción

Aumentar la eficiencia en los factores de manejo y de producción de los sistemas de producción del café en Colombia

Variabilidad espacial de la materia orgánica.

Esta investigación, cofinanciada por la ONG Solidaridad, tiene como propósito determinar la variabilidad espacial horizontal y a través del perfil de la materia orgánica (MO), y adicionalmente, pretende construir, calibrar y validar las curvas para la determinación de MO por tipo de suelo con la técnica NIRS. Se encontró que la densidad aparente del suelo, propiedad relacionada con la materia orgánica, exhibe un comportamiento inverso a la humedad en las Unidades Chinchiná y Doscientos, y presenta una mayor variabilidad espacial en la dimensión horizontal que la vertical en la Unidad Chinchiná.

Se realizaron muestreos sistemáticos en dos unidades cartográficas de suelos del departamento

de Risaralda, durante los meses de julio y septiembre del presente año, y se leyeron los espectros NIRS para uno de los suelos. En la actualidad se cuenta con la información correspondiente a la densidad aparente (DA) y la humedad gravimétrica (HG).

Los valores promedio de DA y HG presentaron pocas variaciones a través del perfil en los primeros 30 cm y estuvieron altamente correlacionadas (Figura 15). La DA fue más alta en la Unidad Doscientos debido al material parental, y se encontró una mayor humedad en las profundidades inferiores de los dos suelos.

Una primera aproximación al estudio espacial en la Unidad Chinchiná mostró que la DA presenta menor variabilidad horizontal de 0 a 5 cm, y que hay mayor variabilidad al profundizar el perfil para la profundidad de 20 a 30 cm. Se encontró que las distancias óptimas de muestreo para las profundidades 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm son de 289, 149, 127 y 114 m, respectivamente.

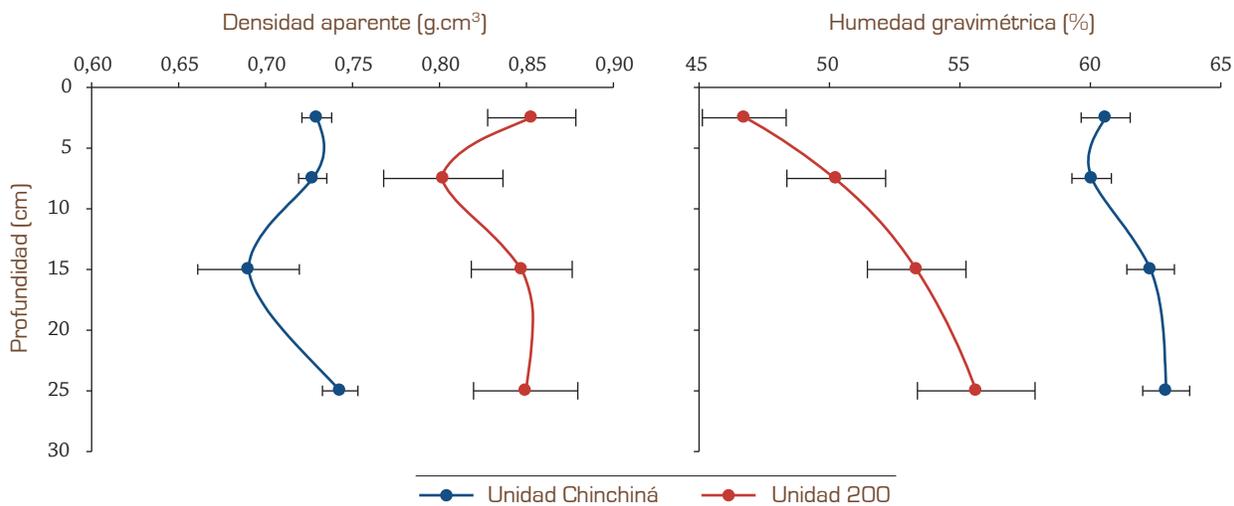


Figura 15. Variaciones de la densidad aparente y la humedad gravimétrica a través de la profundidad en dos unidades de suelo del departamento de Risaralda.

Determinación de los requerimientos de cal en suelos de la zona cafetera Colombiana mediante una metodología rápida de laboratorio.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar una metodología de laboratorio que permita definir de una manera rápida las necesidades de cal en los suelos de la zona cafetera del país. Para ello, se evaluó el método de titulación directa con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en diez muestras de suelos, procedentes de Nariño, Caquetá, La Guajira, Meta, Tolima, Antioquia, Santander, Casanare, Cauca y Magdalena, con diferentes grados de acidez (valores de pH entre 4,0 y 5,4). Se realizaron pruebas preliminares para seleccionar un procedimiento analítico, capaz de determinar de manera rápida los requerimientos de cal para la corrección de la acidez de suelo.

Los resultados preliminares indican que algunas de las muestras requieren una menor dosis de cal para la corrección de su acidez (Figura 16); diferencias que fueron explicadas por los contenidos de la materia orgánica y el Al intercambiable. Una vez comprobada la posible efectividad del método, se inició la segunda fase del trabajo con ocho suelos, para comparar la metodología empleada frente a la de incubación con cal (método de referencia-patrón).

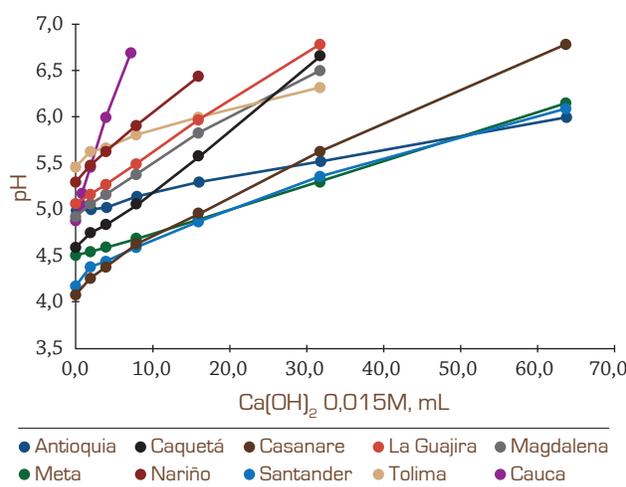


Figura 16. Variación del pH de las muestras de suelo en función de la dosis de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Disponibilidad de cationes en la solución del suelo y su relación con las propiedades edáficas.

Con el objetivo de determinar la disponibilidad de cationes en la solución del suelo y su relación con las propiedades edáficas, se inició una investigación para cinco unidades cartográficas de la región cafetera de los departamentos de Risaralda y Quindío (Tabla 25). Se realizó el muestreo de suelo, el respectivo análisis físico, químico y mineralógico, el procesamiento de datos y el análisis parcial de la información. Se determinaron las relaciones entre los contenidos de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ en la solución del suelo y la fase de cambio, en cinco unidades cartográficas de los departamentos de Risaralda y Quindío.

Los resultados analizados a la fecha, indican que en la mayoría de casos los contenidos de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ de una misma unidad cartográfica son estadísticamente iguales en los primeros 30 cm de profundidad, tanto en fase de cambio como en solución; en contraste, se presentan diferencias entre estas unidades.

En la fase de cambio, los mayores contenidos de Ca^{2+} y Mg^{2+} se registraron en la Unidad Guamal y los menores en las Unidades Chinchiná y Quindío; en cuanto al K^+ , las Unidades Doscientos y Catarina presentan los valores más altos y las tres unidades restantes los más bajos, siendo éstas estadísticamente iguales (Figura 17).

Para la solución del suelo, la mayor concentración de Ca^{2+} se presentó en la Unidad Guamal, seguida por las Unidades Doscientos, Quindío, Catarina y Chinchiná. Para el Mg^{2+} la concentración más alta se detectó en la Unidad Guamal, seguida por la Unidad Doscientos y, las tres restantes, con las menores concentraciones. Para K^+ , las mayores concentraciones se presentaron en las Unidades Catarina, Doscientos y Quindío, y las menores concentraciones en las Unidades Guamal y Chinchiná (Figura 18).

Respuesta del café al suministro de fertilizantes y enmiendas durante la etapa de almácigo.

Investigación en convenio con el Comité de Huila y Supracafé.

Tabla 25. Clasificación y localización de los suelos analizados.

Característica	Unidad cartográfica				
	Catarina	Chinchiná	Doscientos	Guamal	Quindío
Ubicación del muestreo					
Departamento	Risaralda	Risaralda	Risaralda	Risaralda	Quindío
Municipio	Santuario	Pereira	Marsella	Quinchía	Buenavista
Vereda	La María	El Retiro	La Linda	Los Medios	Paraguay
Material parental	Esquisto talcoso biotítico	Ceniza volcánica	Basalto hornbléndico biotítico	Areniscas olivínicas	Ceniza volcánica
Taxonomía	Typic Eutrudepts	Typic Hapludands	Typic Eutrudepts	Typic Eutrudepts	Typic Melanudands

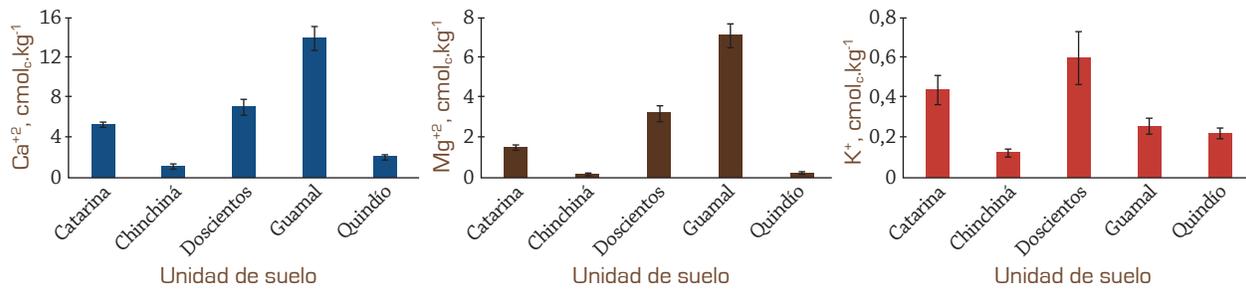


Figura 17. Promedio de la concentración de Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺ en la fase de cambio para las unidades cartográficas (n=16). La desviación corresponde al error estándar.

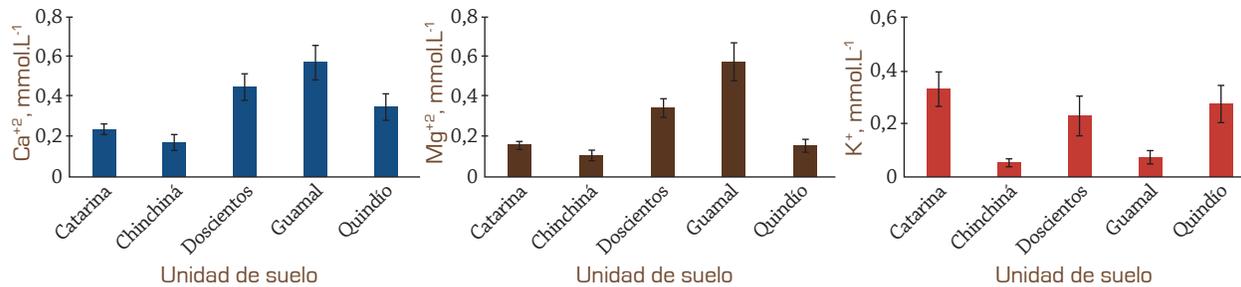


Figura 18. Promedio de la concentración de Ca²⁺, Mg²⁺ y K⁺ en la solución del suelo para las unidades cartográficas (n=16). La desviación corresponde al error estándar.

Con este trabajo se busca determinar la respuesta de café durante la etapa de almácigo al suministro de nutrientes y enmiendas, en las diferentes regiones cafeteras del país. Se demostró que para suelos ácidos de la zona cafetera, como la Unidad Timbío en el departamento del Cauca, algunas alternativas de fertilización y encalamiento, diferentes a las recomendaciones actuales, pueden contribuir a la obtención de almácigos más vigorosos.

Durante esta vigencia, bajo condiciones de Cajibío (Cauca) y Gigante (Huila) se evaluaron más de 80 tratamientos, resultantes de la combinación de diferentes proporciones de mezcla suelo y pulpa de café, dosis y forma de aplicación de fósforo, dosis y materiales encalantes, micronutrientes y micorrizas. De los tratamientos evaluados en Cajibío, en la Figura 19 se presentan aquellos con los promedios más altos de la materia seca de las plantas y diferentes al testigo.

De los tratamientos evaluados en Gigante, en la Figura 20 se presentan aquellos con los promedios más altos de la materia seca de las plantas y diferentes al testigo.

En las Figuras 19 y 20 se presentan los valores promedio de la materia seca total de las plantas en respuesta a tratamientos descritos para Cajibío y Gigante, respectivamente.

Respuesta del café a la fertilización con Agrimins. Investigación en convenio con el Comité de Huila y Colinagro. Esta investigación tiene como propósito determinar el efecto de algunos micronutrientes en la producción de café. Se observó que la fertilización con micronutrientes, realizada durante un año, no afectó a corto plazo la producción de café.

Bajo el diseño de bloques completos al azar se evalúan siete tratamientos de fertilización a base de Agrimins® (como fuente comercial), boro y cinc:

1. Sin micronutrientes
2. 150 kg.ha-año⁻¹ de Agrimins®
3. 200 kg.ha-año⁻¹ de Agrimins®
4. 250 kg.ha-año⁻¹ de Agrimins®

5. 300 kg.ha-año⁻¹ de Agrimins®
6. 3 kg.ha-año⁻¹ de boro, aplicado como bórax
7. 3 kg.ha-año⁻¹ de cinc, aplicado como sulfato de cinc

Adicionalmente, todos los tratamientos reciben en el año 300 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, 260 kg.ha⁻¹ de potasio y 50 kg.ha⁻¹ de fósforo, de magnesio y de azufre, mediante la aplicación de urea, DAP, KCl y Kieserita. En la Estación Experimental El Tambo (El Tambo, Cauca) y la Granja Jorge Villamil (Gigante, Huila), la aplicación de los tratamientos se inició en septiembre de 2014 y en la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia) en mayo del presente año. Durante esta vigencia no se detectó efecto de los tratamientos sobre la producción obtenida en las primeras dos localidades (Figura 21); tampoco hubo diferencias en la relación café cereza:café pergamino seco o el factor de rendimiento en trilla en La Estación El Tambo (Figuras 22 y 23, respectivamente).

Corrección de la acidez del suelo en el establecimiento del cafeto. Investigación en convenio con el Comité de Antioquia. Esta investigación tiene como propósito generar información acerca del efecto del encalamiento al momento de la siembra en el manejo de la acidez del suelo y el crecimiento del café.

Como tratamientos se evalúan cuatro dosis de caliza dolomítica (0, 30, 60, 120 y 240 g/hoyo de 30 x 30 x 30 cm), incorporada al suelo antes de la siembra. Para la presente vigencia se cuenta con la información obtenida en la finca La Margarita, ubicada en el municipio de Andes y con suelos de carácter ácido (pH cercano a 4,5).

Entre las variables evaluadas, el diámetro del tallo de las plantas y la longitud de la rama se vieron afectadas por los tratamientos, registrando los mayores promedios al aplicar 60 g de caliza dolomítica por hoyo (Figuras 24 y 25 respectivamente).

Se encontró que la aplicación de cal al momento de la siembra puede afectar de manera positiva el crecimiento de las plantas en términos del diámetro del tallo de las plantas y la longitud de las ramas.

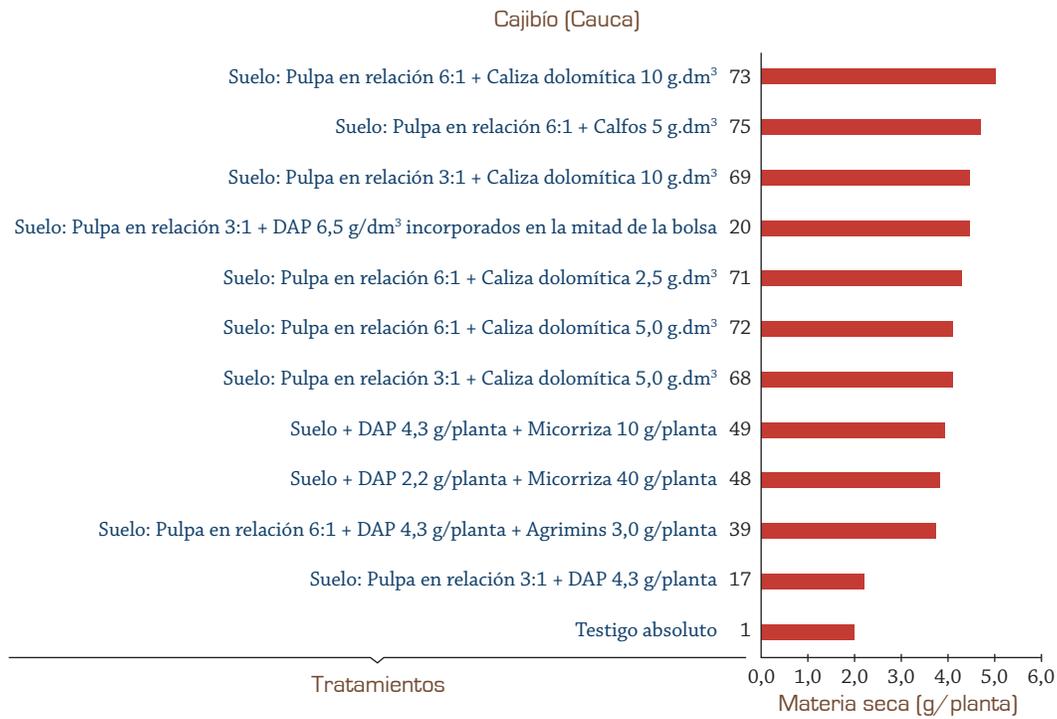


Figura 19. Materia seca total de las plantas de café en la etapa de almácigo en respuesta a tratamientos de fertilización y encalamiento, bajo condiciones de Cajibío, Cauca.

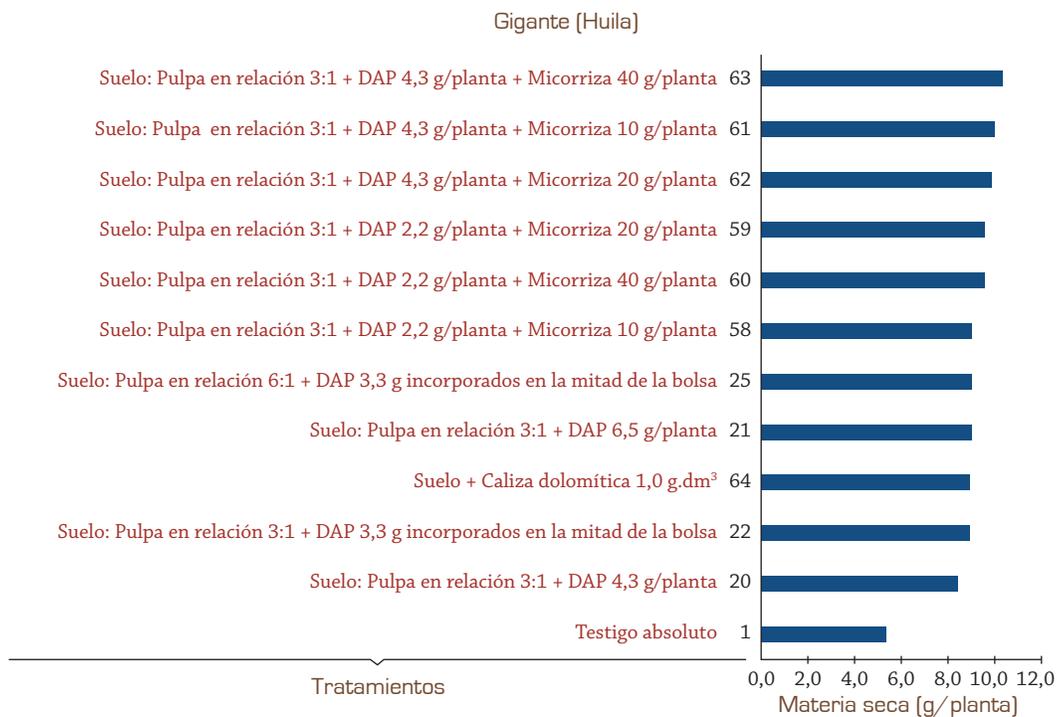


Figura 20. Materia seca total de las plantas de café en la etapa de almácigo en respuesta a tratamientos de fertilización y encalamiento, bajo condiciones de Gigante, Huila.

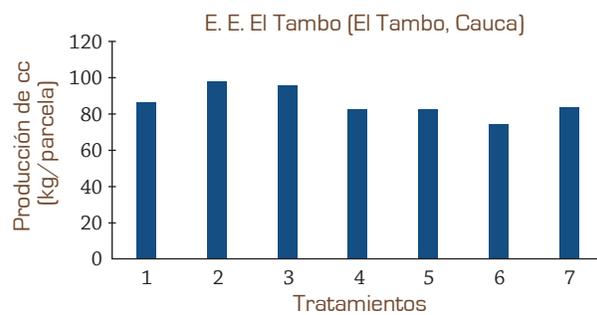
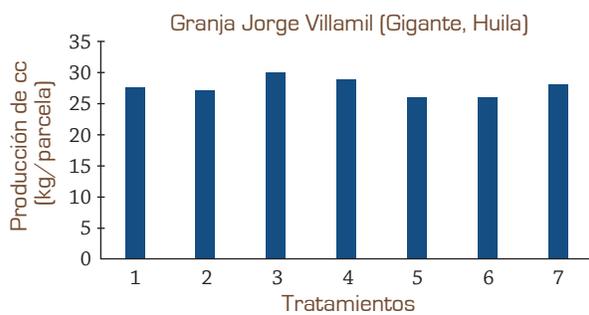


Figura 21. Producción de café en cereza en respuesta a dosis de Agrimins®, boro y cinc.

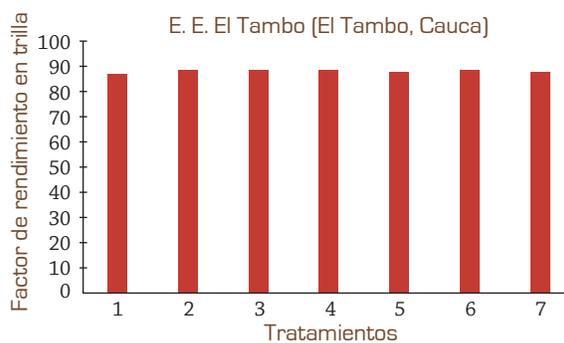
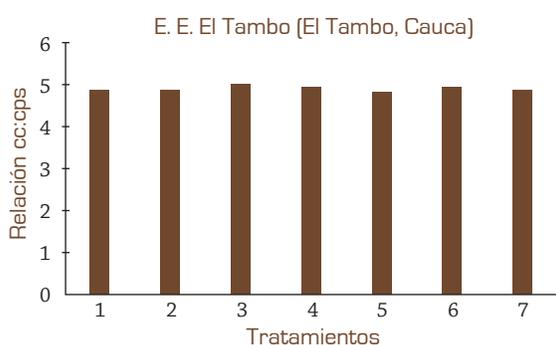


Figura 22. Relación de café cereza café: pergamino seco (cc:cps) en respuesta a dosis de Agrimins®, boro y cinc en la Estación Experimental El Tambo.

Figura 23. Factor de rendimiento en trilla de café en respuesta a dosis de Agrimins®, boro y cinc en la Estación Experimental El Tambo.

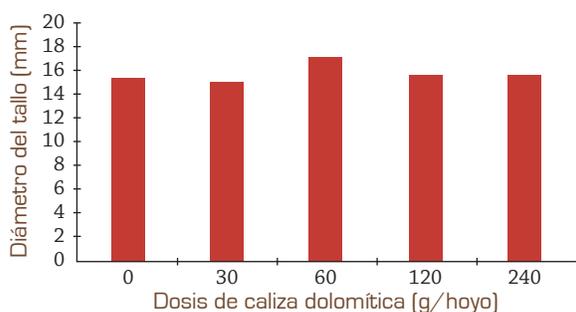


Figura 24. Diámetro del tallo de café en respuesta a dosis de cal en la siembra.

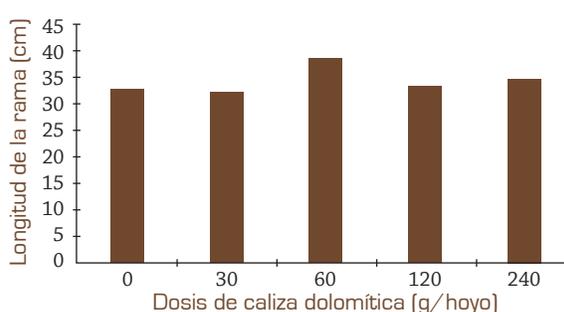


Figura 25. Longitud del tallo de café en respuesta a dosis de cal en la siembra.

Efecto de la humedad del suelo y del aire en el crecimiento de café en la etapa de almácigo. Bajo condiciones de cámaras de crecimiento, en la Universidad de California, Davis, se evaluó el efecto de la humedad relativa del aire y la humedad en la capa superior del sustrato, sobre el crecimiento del café y la absorción de vapor de

agua. Cada 6 semanas se disminuyó la humedad del aire desde 90% hasta 45% en una cámara, mientras que en otra se incrementó la humedad desde 45% hasta 90%. El crecimiento de las plantas, en términos de biomasa de raíces y parte aérea, disminuyó en mayor proporción cuando las plantas crecieron con una menor humedad en

la capa superior y fueron expuestas al inicio a una humedad relativa del aire más baja (Figura 26), lo cual fue asociado con una mayor limitación en la demanda evaporativa que también pudo disminuir la absorción de nutrientes de las plantas y, por ende, su crecimiento.

En contraste, cuando las plantas fueron expuestas inicialmente a una mayor humedad del aire y se aumentó la tasa de transpiración, aumentó la acumulación de biomasa de raíces y parte aérea; cambios que a su vez mejoraron la respuesta de las plantas conforme disminuyó la humedad relativa.

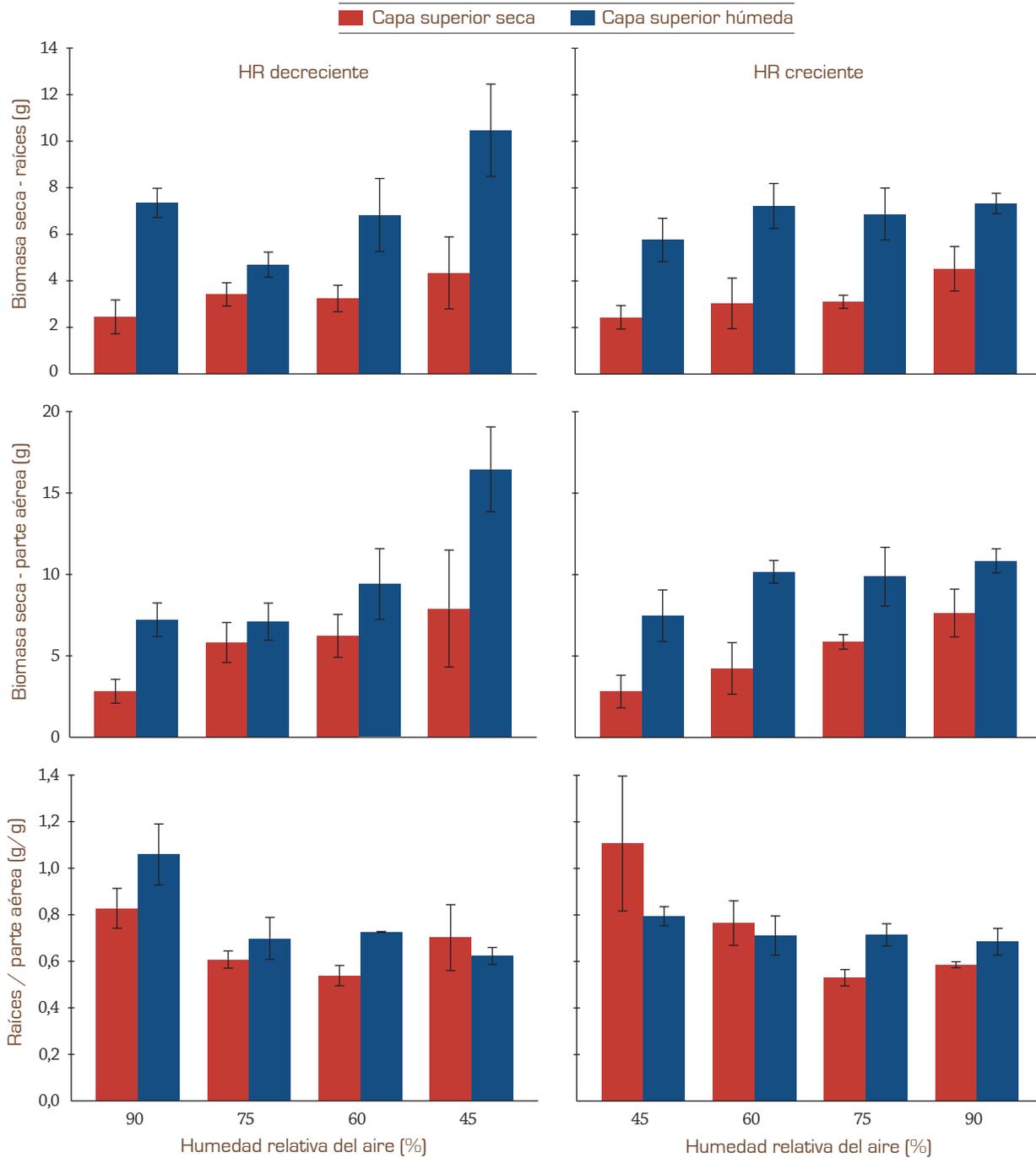


Figura 26. Crecimiento del café en respuesta a cambios en la humedad del sustrato y la humedad relativa del aire (HR).

En cambio, la relación raíz / parte aérea se afectó en menor proporción por la humedad del suelo, y se redujo similarmente para los dos escenarios de humedad relativa a medida que las plantas crecieron, como un posible mecanismo de adaptación de éstas a las condiciones impuestas.

Alternativa biotecnológica para mejorar el suministro de fósforo en el cultivo del café. Esta investigación busca identificar microorganismos solubilizadores de P presentes en los ecosistemas cafeteros que exhiban potencial para mejorar la efectividad de fuentes fosfóricas, tanto solubles como de bajo costo (Rocas fosfóricas -RF-). También se propone, estudiar la dependencia micorrizal para líneas de café, en almácigos sembrados en suelos contrastantes por su nivel de P aprovechable, como estrategia para determinar las condiciones específicas en las que este tipo de microorganismos pueden ser efectivas en la toma de P por la raíz.

Se han caracterizado 11 unidades de suelos de la zona cafetera colombiana, en su capacidad para fijar P. Dicho procedimiento permitirá definir a escala regional, la cantidad de fertilizante fosfórico necesario para alcanzar el nivel óptimo de P en solución para café. Considerando PO_2 teórico, el cual se corroborará experimentalmente en las siguientes fases de la investigación, puede observarse cómo para los diferentes suelos evaluados, las necesidades de P pueden variar en más de un 80%. A partir del análisis de las tendencias del procedimiento anterior, se efectuó una relación del nivel PO_2 versus el valor que registra la metodología Bray II, que es de uso en la mayoría de laboratorios del país, y partir de la cual, se efectúan las actuales recomendaciones de fertilizantes fosfóricos para café.

Estos resultados muestran que las recomendaciones pueden variar de una unidad de suelos a otra, es decir, que el nivel crítico de 30 mg.kg^{-1} puede continuar vigente para suelos de las Unidades Chinchiná, Quindío, Ropero y Llano Palmas. Pero puede reducirse alrededor de 20 mg.kg^{-1} para las Unidades Doscientos, Timbío y Doña Juana; en tanto que para las Unidades San Simón, Líbano y Suroeste, los valores pueden bajar entre 2 y 7 mg.kg^{-1} .

Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del café. En esta investigación se busca 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:

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 resultados para 2014 y del ciclo productivo, permiten concluir para localidades que presenten condiciones agroecológicas similares a las de Manzanares (Caldas), que fraccionar el fertilizante requerido según análisis de suelos seis veces por año (T4- cada dos meses), conlleva a la reducción de la producción hasta en un 20% respecto al fraccionamiento de la fertilización dos veces (recomendación actual), tres o cuatro veces al año. Si bien el T3 (fertilización cada 4 meses) descriptivamente presentó la mayor producción, no se detectaron diferencias estadísticas respecto al T1 y T3.

Bionutrición de plantas de café. En bionutrición, de acuerdo a los resultados obtenidos durante 12 años de investigación en la Estación Central Naranjal, donde se redujo la fertilización mineral al alternarla con el insumo biotecnológico Bacthon®, logrando obtener plantas de buen crecimiento y desarrollo, sanas y productivas, se está realizando la validación de los mejores tratamientos obtenidos en ese primer experimento, en el primer y segundo ciclo

productivo. De esta forma, se están llevando a cabo dos validaciones en las Estaciones Experimentales Paraguaicito (Quindío) y La Catalina (Risaralda). En ambas Estaciones se están evaluando tres bloques de tratamientos: Bloque 1 (Fertilización mineral), Bloque 2 (Reducción del 33% del fertilizante mineral + el insumo biotecnológico Bacthon®) y Bloque 3 (Reducción del 56% del fertilizante mineral + el insumo biotecnológico Bacthon®). Durante el año 2015, en la Estación Experimental La Catalina, las plantas de café con la fertilización mineral tienen un crecimiento similar al de las plantas con reducción del 33% del fertilizante mineral + la aplicación del insumo biotecnológico, pero en estas últimas los niveles de mancha de hierro en los frutos fueron más bajos. En este mismo año y en lo transcurrido de la cosecha de café (enero a agosto), las plantas con la aplicación del fertilizante mineral están mostrando la mayor producción, con diferencias estadísticas en comparación con las plantas con reducción del fertilizante mineral entre el 33% y el 56% más la aplicación del insumo biotecnológico; sin embargo, en la producción acumulada de los años 2014 y 2015, no se observan diferencias estadísticas entre los tres bloques. Para el mismo período, en la Estación Experimental Paraguaicito, las plantas de café a las cuales se les redujo el 33% del fertilizante mineral + la aplicación del insumo biotecnológico, registraron el mayor crecimiento y desarrollo y los niveles de mancha de hierro en los frutos más bajos. En lo recolectado de café en el presente año (enero a julio), las plantas con la reducción del 33% del fertilizante mineral + el insumo biotecnológico y aquellas con fertilización mineral, registran una producción similar.

Sistemas agroforestales con café

Comparación de la producción entre tres densidades de siembra del café y tres de sombrío de *Inga sp.* En la Figura 27 se presentan los resultados de la evaluación de las densidades de siembra del café y del sombrío.

La mayor producción acumulada se registró en los tratamientos con café a 1,0 m x 1,0 m (10.000 plantas/ha), independiente de la densidad del sombrío. Para las densidades de siembra del café de 5.000 plantas/ha, se presentaron diferencias

estadísticas cuando el sombrío es establecido a densidades de 123 árboles/ha, al compararse con la producción obtenida con el sombrío establecido a 12,0 m x 12,0 m. Si el café se establece a bajas densidades de siembra (2.500 plantas/ha), la producción es igual bajo cualquier nivel de sombrío. En la caficultura, estableciendo los cultivares adaptados a las localidades, con ajustes a condiciones particulares, con adecuada nutrición y óptimas densidades de siembra, deben traducirse en altos rendimientos por unidad de área.

Los resultados indican que hay una respuesta favorable en producción, al incremento en la radiación solar disponible para el cultivo. La producción máxima se alcanza con el café establecido con 10.000 plantas/ha y con el sombrío de *Inga edulis* (guamo santafereño) con 123 árboles/ha (Figura 27).

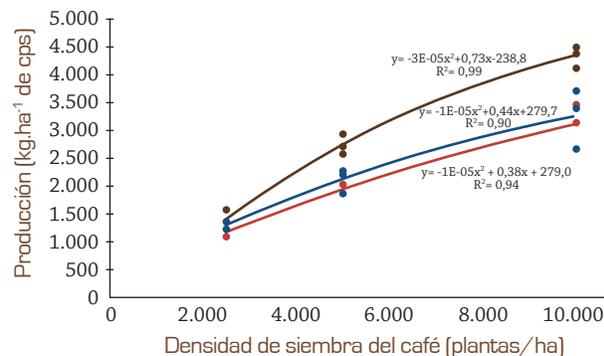


Figura 27. Producción media del café a tres densidades de siembra bajo sombrío de *Inga edulis*. Finca Las Tapias, El Socorro-Santander.

Para alcanzar altos niveles de producción mediante una caficultura intensiva en sistemas agroforestales (SAF), es factible sí y solo sí, el caficultor dispone de los recursos humanos y económicos para el manejo de las plantaciones; una práctica fundamental en el manejo de altas densidades de siembra del café en SAF, es el mantenimiento del nivel de sombrío dentro de los rangos óptimos. El café tolera disminuciones hasta del 45% de la radiación solar sin sufrir reducciones en el crecimiento y en el Índice de Área Foliar (IAF), reducciones superiores a este valor ocasionan una menor cobertura del suelo por los cafetos, y como consecuencia una

disminución en el crecimiento y en la producción. Adicionalmente, bajo estos sistemas de producción es fundamental: la implementación de ciclos cortos de renovación, planes de fertilización basados en los resultados de análisis de suelos, manejo oportuno de broca del café y arvenses, entre otros.

Fertilización mineral potásica como alternativa complementaria a la fertilización con materia orgánica, en sistemas de producción de café. En la Figura 28 se presentan los resultados finales del promedio de la producción obtenida de las cosechas 2010 a 2014, en kilogramos de café pergamino seco por hectárea.

A bajas densidades de siembra del café (3.900 plantas/ha) y bajo sombrío regulado, no hay respuesta del café a la aplicación de fertilizante químico, orgánico o en mezclas. Con densidades de siembra del café a 6.000 plantas/ha hubo diferencias estadísticas entre las producciones del café fertilizado según las fuentes y dosis recomendadas en el análisis de suelos y la fertilización realizada con lombricompostado y lombricompostado en mezcla con sulfato de potasio, con la mayor producción con este último tratamiento. Con densidades de siembra del café de 7.800 plantas/ha se presentan diferencias entre los tratamientos que implicaron la fertilización con lombricompostado en mezcla con las dos fuentes de potasio; la mayor producción se registró al emplear sulfato de magnesio.

En sistemas agroforestales con café, altas densidades de siembra, entre 6.000 y 8.000 plantas/ha y un

plan de fertilización con base en análisis de suelos así: 2,25 kg de lombricompostado seco (humedad del 12% al 15%) más K recomendado según análisis en forma de Sulpomag y fraccionamiento de esta dosis en dos aplicaciones, en los dos semestres del año (dosis por planta) determina la mejor respuesta en producción.

Cafetales a libre exposición

Evaluación de diferentes tipos de poda en cafetales Variedad Castillo® con dos tallos, en ambientes contrastantes. Los registros promedio de producción acumulada de café cereza, durante 25 y 21 meses de cosecha, en las Estaciones Naranjal y Paraguaicito, respectivamente (Figuras 29 y 30), muestran los mayores valores para los tratamientos con podas altas y despunte de ramas; esta respuesta obedece a la pronta recuperación de tejido productivo y la formación de numerosas ramas secundarias a partir del despunte de las ramas primarias.

Esta alternativa de poda alta con despunte de ramas, a diferencia de la poda calavera, tiene como característica el control permanente de chupones o brotes en el tallo principal, con el objetivo de promover la formación de ramas secundarias y terciarias, logrando mantener la forma y altura de la planta. La poda alta por su rápida recuperación de área foliar y estructuras reproductivas es una de las alternativas para estabilizar la producción de los predios cafeteros y para obtener producción a corto plazo.

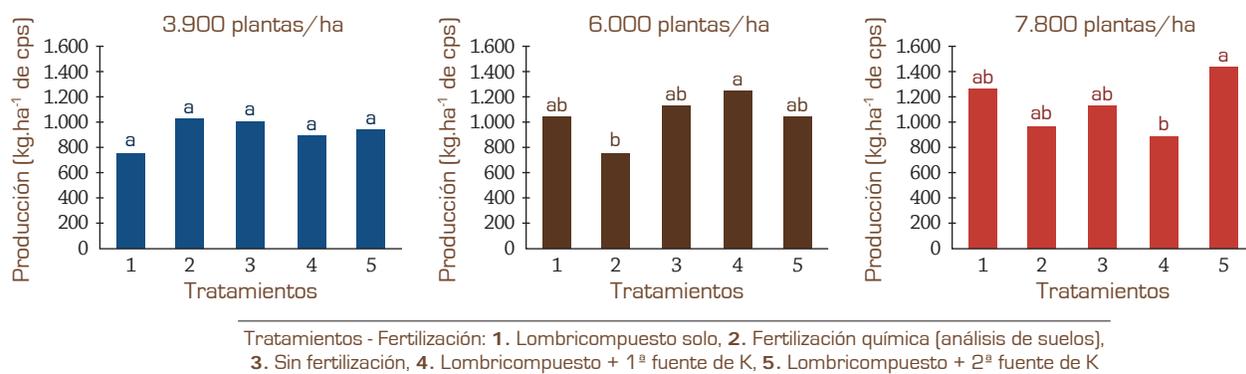


Figura 28. Promedio de la producción de café, bajo tres densidades de siembra con sombrío, en la Estación Experimental Pueblo Bello-Cesar.

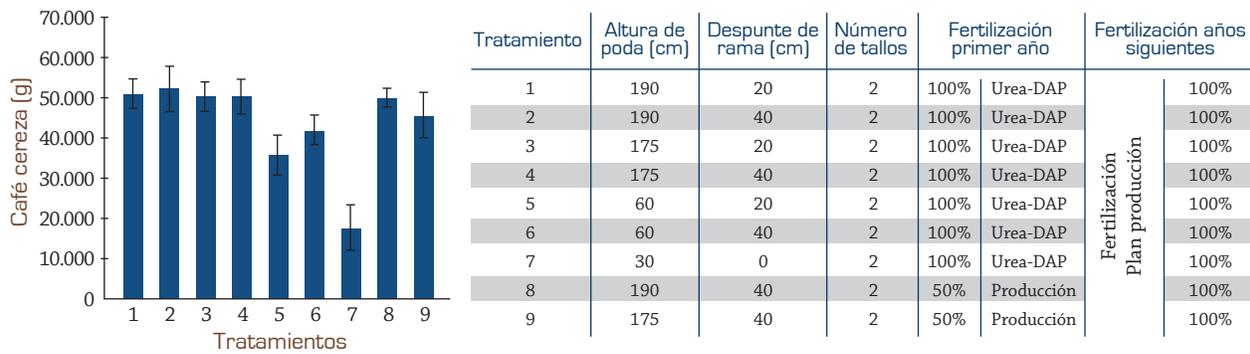


Figura 29. Producción promedio acumulada de café cereza por tratamiento en la Estación Central Naranjal.

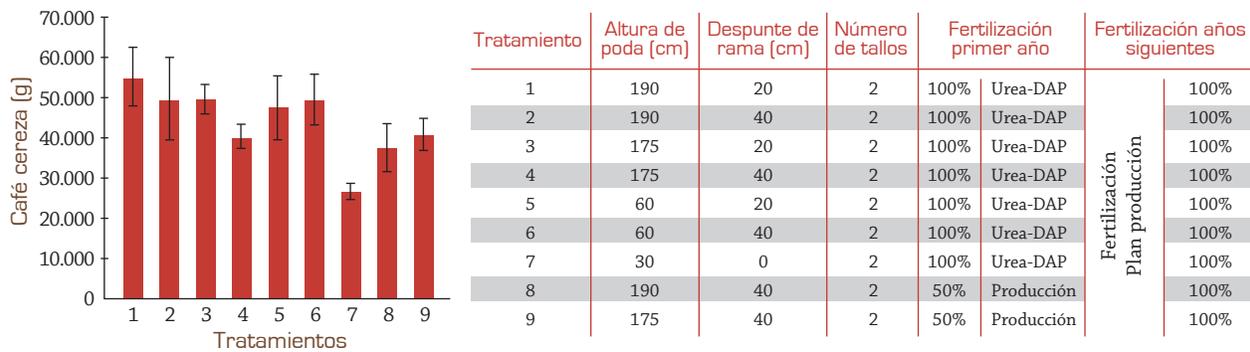


Figura 30. Producción promedio acumulada de café cereza por tratamiento en la Estación Paraguaicito.

A partir de este tipo de estudios se avanza simultáneamente en la definición de la duración de los ciclos de producción, para cada tipo de poda, bajo las diferentes condiciones de oferta ambiental que se evalúan.

Evaluación de arreglos espaciales de café en diferentes ambientes como estrategia de adaptación de la caficultura a la variabilidad climática. Con el propósito de evaluar la respuesta productiva, aspectos económicos y fitosanitarios, utilizando diferentes arreglos espaciales en siembras de café Variedad Castillo®, en diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia, se estructuraron tres arreglos espaciales 1,0 m x 1,0 m (10.000 plantas/ha), 2,0 m x 1,0 m con 2 tallos (10.000 tallos/ha), y 1,4 m x 0,75 m (9.523 plantas/ha). Los registros de producción acumulada en las Estaciones Naranjal (20 meses de cosecha), Paraguaicito (12 meses de cosecha) y La Catalina (9

meses de cosecha), para los arreglos 1,4 m x 0,75 m y 1,0 m x 1,0 m, no muestran diferencias hasta la fecha, siendo el arreglo 1,0 m x 2,0 m con dos tallos por sitio el que menor producción registra, con respecto a los otros dos arreglos espaciales en las Estaciones Paraguaicito y La Catalina (Figura 31).

Las principales observaciones realizadas sobre variables de crecimiento en las localidades de Naranjal y Paraguaicito (condiciones contrastantes) para plantas de 2 años de edad, muestran diferencias significativas entre los promedios de diámetro de copa, con valores de 1,63 m y 1,65 m para los arreglos de 1,4 m x 0,75 m y 2,0 m x 1,0 m, los cuales fueron mayores al promedio obtenido con el arreglo a 1,0 m x 1,0 m. La mayor altura de las plantas se obtuvo con los arreglos de menores distancias entre surco, con valores promedio de 173,0 cm y 169,5 cm en los arreglos de 1,4 m x 0,75 m y 1,0 m x 1,0 m, respectivamente, comparados

con el valor promedio de 165,3 cm obtenido en el arreglo de 2,0 m x 1,0 m (Tabla 26).

Bajo las condiciones de oferta agroecológica de las dos localidades, a medida que se reducen las distancias de siembra entre surcos existe la tendencia a disminuir el diámetro de las ramas, mientras que en la condición de distancias de siembra amplias entre calles se presenta una menor altura de las plantas, como consecuencia de una menor competencia por luz.

Efecto del número de tallos por sitio sobre la producción de zocas de café Variedad Castillo®.

En la Estación Central Naranjal, en un lote de café Variedad Castillo® Naranjal con 2.000 sitios por parcela, sembrado a 1,5 m x 1,5 m, y renovado por zoca en enero de 2013, con uno, dos y tres tallos por sitio, se está evaluando la producción. Los registros de producción por árbol durante el primer año de cosecha muestran los mayores valores promedio con 2.685 y 2.807 g de café cereza para los sistemas con dos y tres tallos por zoca, respectivamente, en

comparación con la producción registrada para un tallo por zoca (Figura 32).

A partir del registro de la producción total de cada parcela y la producción individual en una muestra de 100 árboles (unidades de muestreo), seleccionados aleatoriamente por una única vez, se obtiene la producción por árbol/año, y como parámetro la producción de la parcela por año.

Caracterización del dosel de plantas de café y su relación con la productividad.

En una primera exploración de la relación entre el área foliar y la producción, se seleccionaron 91 árboles en diferentes edades, sembrados en diferentes densidades y se les registró el número de hojas de cada rama y el peso de los frutos (café cereza verde).

Con la información del número de hojas de cada rama se estimó el área foliar de ella, de acuerdo con la siguiente expresión: $AFR = -106.57 + 51.45811 * NH$.

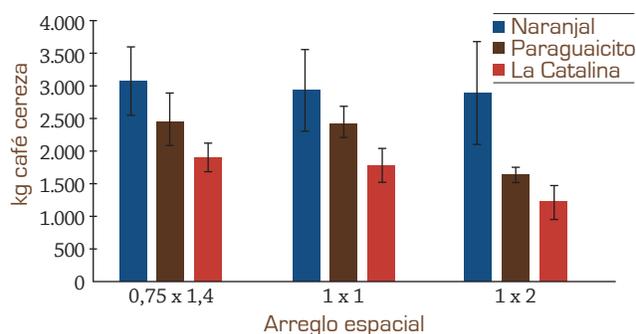


Figura 31. Producción promedio acumulada de café cereza por arreglo espacial en las Estaciones Naranjal, Paraguaicito y La Catalina.

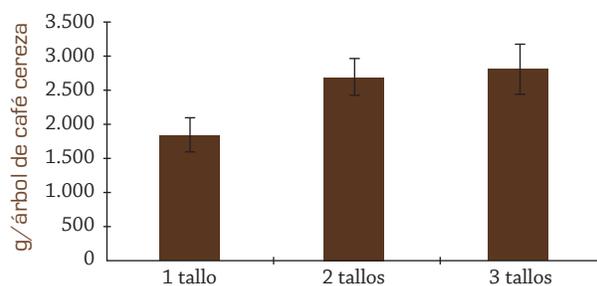


Figura 32. Producción promedio por árbol, para la primera cosecha, en zocas con uno, dos y tres tallos.

Tabla 26. Promedio del diámetro de copa y altura de la planta bajo tres arreglos espaciales de siembra.

Arreglo espacial [m]	Diámetro de copa [m]	Error diámetro	Altura planta [cm]	Error altura
1,4 x 0,75	1,63 a	0,02	173,00 a	0,02
1,0 x 1,0	1,54 b	0,01	169,54 a	0,01
2,0 x 1,0	1,65 a	0,04	165,36 b	0,02

Letras distintas presentan diferencias estadísticas entre promedios, según prueba Duncan al 5%.

Donde: AFR es el área foliar de la rama y NH el número de hojas de la rama. Esta expresión se aplicó para ramas con más de tres hojas.

Luego, para cada árbol se obtuvo el área foliar como el acumulado de las áreas de las ramas y se estableció la relación con su producción en café cereza verde. La expresión que describe dicha relación, con un coeficiente de regresión diferente de cero, según prueba de *t* al 5% y un coeficiente de determinación del 78,3%, es la siguiente:

Producción de café cereza verde del árbol (g) = 0,0237 x área foliar del árbol.

Es de aclarar que esta asociación es sólo válida, al momento de evaluar la proyección de producción del segundo semestre.

Aumentar la eficiencia de los factores asociados con la cosecha y postcosecha del café

Cosecha

Validación de métodos de recolección manual asistida y semi-mecanizada de café. En la Estación Experimental Pueblo Bello (Cesar) se recolectó café con el equipo portátil Twist (Figura 33a), en lotes sembrados con líneas de Caturra x Híbrido de Timor, en el segundo pase de la cosecha principal del 2014. Al momento de la recolección los árboles presentaban carga y concentración

de frutos maduros de 1,15 kg/árbol y 83,4%, respectivamente. El rendimiento promedio fue de 47,74 kg.h⁻¹, con 6,79% de frutos verdes en la masa recolectada. Se recolectó café también en Santander con los equipos Twist y Gulliver (Figura 33b) en las fincas La Esmeralda, San Cristóbal y Puerto Olaya, en los municipios de San Gil y Socorro, en lotes sembrados con variedad Colombia y Variedad Castillo®, en el primero y segundo pases principales de cosecha, con distancias de siembra de 1,1 x 1,5 m; 1,2 x 1,5 m y 1,3 x 1,5 m. En la finca San Cristóbal, la concentración de frutos maduros en los árboles fue de 84,8% y la carga 3,0 kg/árbol.

Con los equipos Twist, sin incluir el tiempo de uso de las mallas, se obtuvo rendimiento promedio de 116,70 kg.h⁻¹ y 61,51 kg.h⁻¹, incluyendo el tiempo de labores con las mallas, sin repase manual para recoger los frutos que no fueron desprendidos con el equipo. Cuando se incluyó el repase de los frutos dejados en el árbol el rendimiento promedio fue de 40,0 kg.h⁻¹. Con el equipo Gulliver el rendimiento promedio fue de 50,7 kg.h⁻¹, sin incluir el repase manual ni el tiempo de uso de las mallas; con inclusión de las mallas, fue de 34,59 kg.h⁻¹; y cuando se incluyó el uso de mallas y el repase de los frutos maduros dejados en el árbol con el equipo, el rendimiento promedio fue de 24,61 kg.h⁻¹. Estos valores fueron los más altos obtenidos en las evaluaciones, con un porcentaje de verdes en la masa cosecha en promedio de 4,1% y 3,4%, respectivamente, muy cercanos a los reportados



Figura 33. Recolección de café con equipos portátiles: Twist (a) y Gulliver (b).

por Cenicafé en la recolección manual de frutos verdes en la masa cosechada.

Los resultados obtenidos en esta evaluaciones indican que los equipos portátiles Twist y Gulliver podrían ser alternativas a considerar en los pases de cosecha principal en el departamento de Santander, en los municipios de San Gil y Socorro, con alta carga y concentración de frutos maduros, por sus especificaciones técnicas, relativo bajo costo y fácil uso en plantaciones localizadas en terrenos con pendiente de hasta 70%, sembradas con distancia entre surcos superior a 1,5 m.

Desarrollo de un sistema automático para la medición de la masa de café en rama a través de visión de máquina. Se obtuvo un modelo para estimar la producción de frutos de café en la rama, a partir del análisis de imágenes obtenidas con dispositivos móviles. Se adquirieron imágenes utilizando un teléfono móvil en diferentes condiciones de campo, a un total de 69 ramas de café Variedad Castillo®, con un porcentaje de maduración entre el 10% y el 70%. Debido a la longitud de las ramas (entre 40 y 60 cm), de cada una se capturaron varias imágenes, para un total de 280 imágenes. Sobre las imágenes adquiridas se detectó el área correspondiente a tres estados de desarrollo de los frutos, inmaduros, pintones y maduros. A su vez se realizó un conteo manual de los frutos presentes en cada una de las ramas analizadas. Se utilizaron 23 ramas para crear un modelo lineal de estimación entre los porcentajes de madurez obtenidos mediante el análisis de las imágenes y el análisis manual. El modelo obtuvo un coeficiente de determinación $R^2=88\%$, con un error promedio absoluto del 3,9% entre el porcentaje de maduración estimado manualmente y mediante análisis de imagen. Posteriormente, este modelo se validó con 46 ramas restantes, obteniendo un $R^2=75\%$ y un error promedio de 5,5%.

El experimento se desarrolló en la Estación Central Naranjal, en 69 ramas seleccionadas, de árboles de café de Variedad Castillo®, de segunda y tercera cosecha. Cada rama contenía frutos en cuatro estados de desarrollo: inmaduro (Etapa II), pintón (inicio - Etapa III), maduro (final - Etapa III) y sobremaduro (Etapa IV).

Se utilizaron diez imágenes (tres ramas) tomadas en diferentes condiciones de iluminación para crear el modelo de segmentación mediante la aplicación Food-ColorInspector. Esta aplicación permite crear un modelo de clasificación de píxeles, basado en análisis discriminante lineal, a partir de las coordenadas de color de una selección manual de píxeles pertenecientes a diferentes regiones de interés (clases). Estas regiones de interés correspondieron a fondo, frutos inmaduros, pintones y maduros (Figura 34).

El modelo se aplicó para segmentar el resto de las imágenes, obteniendo para cada una el número de objetos de cada clase y el área cada objeto encontrado. Las características de interés, en este caso, fueron áreas de los objetos clasificados como frutos maduros, pintones e inmaduros. Para cada objeto encontrado en la imagen se calculó su área y se realizó un filtrado para eliminar los objetos de pequeño tamaño que se consideraron ruido.

La Figura 35 muestra la recta de regresión obtenida para las ramas de entrenamiento, considerando como variable independiente el porcentaje de maduración inicial (PMI) y variable dependiente el porcentaje de maduración real (PMR). El modelo matemático descrito en la siguiente ecuación $PME_r = 0,853.PMI_r - 0,04$ determina como variable a calcular el porcentaje de maduración estimada (PME).

El estadístico R^2 indica que el modelo ajustado explicó el 87,82% de la variabilidad en PMR. El error absoluto medio obtenido como el valor promedio de los residuos fue de 3,9%.

Los resultados obtenidos son prometedores para el desarrollo de herramientas que permitan agilizar la estimación manual de cosecha del café utilizando dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, al alcance del caficultor.

Beneficio

Secado a niveles intermedios de contenido de humedad como alternativa para proteger la calidad, inocuidad y disminuir las pérdidas de materia seca del café durante la comercialización en húmedo. Al secar el café hasta contenidos de humedad del 45% al

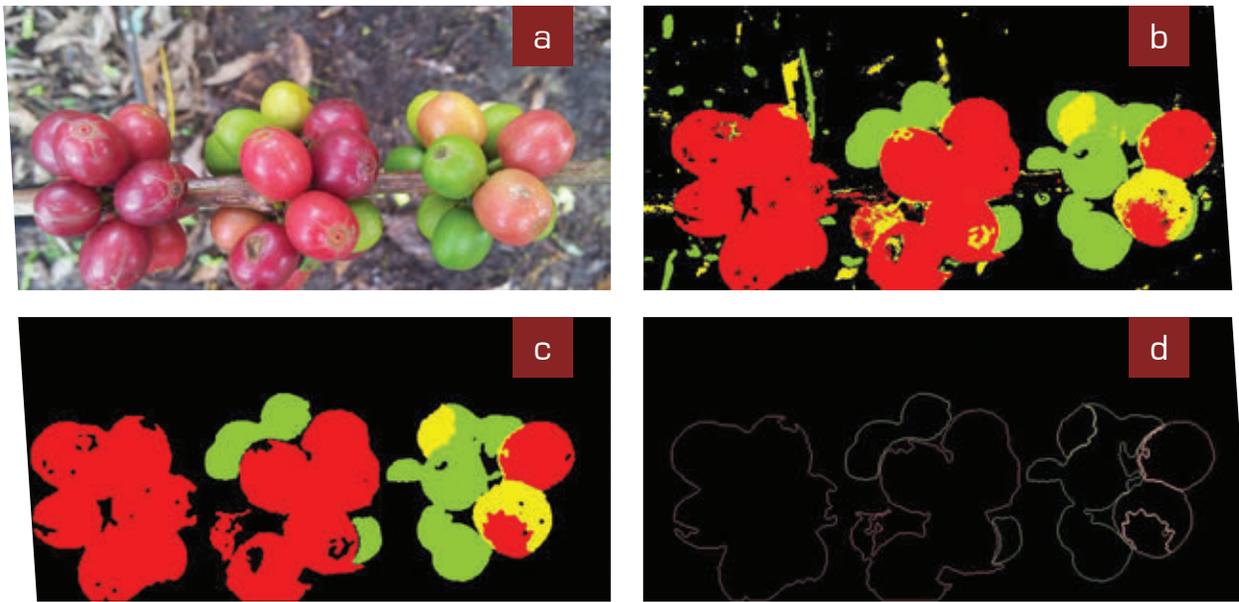


Figura 34. Procesamiento de imágenes, segmentación, filtrado de tamaño, analizador de objetos y contornos.

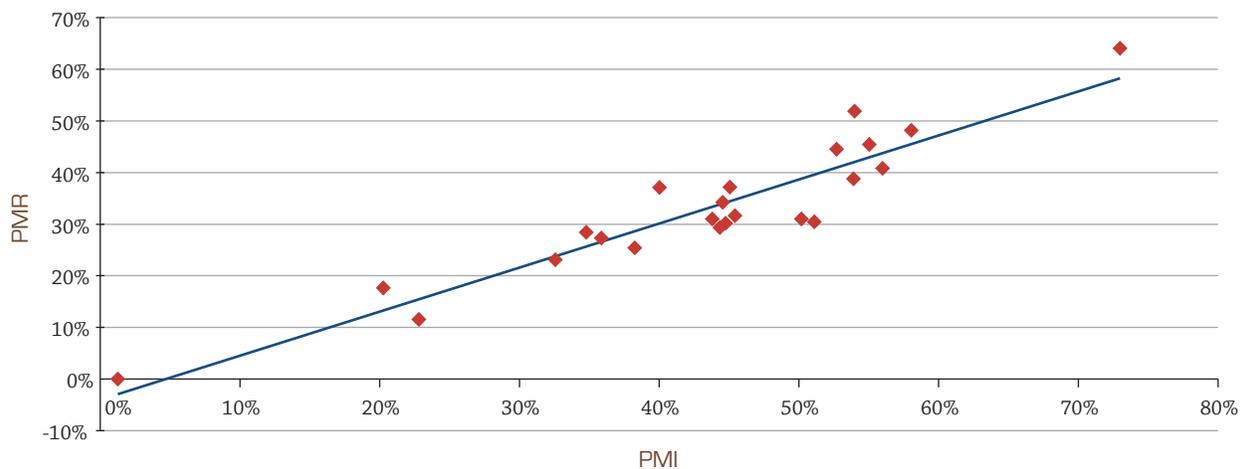


Figura 35. Diagrama de dispersión y línea de tendencia para PMR y PMI.

35% (base húmeda) no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo (con secado inmediato), en las variables calidad física y sensorial y en la carga microbiana (aerobios mesófilos, mohos y levaduras y coliformes totales). Con cafés de buena calidad física, con más de 75% de almendras sanas, los puntajes promedios en la escala de SCAA fluctuaron entre 76,5 y 81,0 puntos. El testigo presentó en promedio 77,0 puntos. Los defectos en taza observados fueron inmaduro y terroso,

en dos muestras cada uno (1,7%). Las pérdidas de materia seca en los tratamientos variaron entre 0,21% y 1,31%, inferiores a las reportadas para café húmedo almacenado sin agua (en seco) y bajo agua durante 96 h, con valores de 3,65% y 3,34%, respectivamente. Los resultados obtenidos indican que con el secado del café a niveles de humedad entre 45% y 35% (b.h.) puede conservarse la calidad física y sensorial del café con demora en el inicio del proceso de secado de hasta 96 h.

Aplicación de agua ozonizada como método de conservación del café pergamino húmedo durante su comercialización.

Se evaluó el efecto de la aplicación de agua ozonizada con concentración de 0,2 mg.L⁻¹ de O₃ en la calidad física y sensorial y en las pérdidas de materia seca en café húmedo comercializado en una Central localizada en el municipio de Chinchiná (Caldas). Del café recibido diariamente, durante 4 días, se tomó una muestra de 25 kg, de los cuales 20 kg se depositaron en un tanque con agua (testigo), en forma similar a la práctica utilizada en la Central, y a los 5 kg restantes, diariamente se aplicó agua ozonizada, durante 15 min. (tratamiento). El café húmedo, obtenido del tratamiento y el testigo, se secó hasta contenido de humedad del 10% al 12% (base húmeda) utilizando aire con temperatura de 50± 2°C. Como variables de respuesta se tuvieron el puntaje total en la escala de SCAA y el porcentaje de almendras sanas. Como variables complementarias se registraron el color de las almendras en el espacio CIEL*a*b* y la demanda química de oxígeno del agua utilizada. No se observó diferencia en la calidad del café obtenido con el tratamiento y el testigo, física y sensorial, y en la coloración de las almendras. En las primeras 24 h de almacenamiento de las muestras hubo reducción del 55% en la demanda química de oxígeno (DQO) utilizando agua ozonizada. De acuerdo con los resultados obtenidos es posible obtener café de alta calidad física y sensorial con la práctica utilizada en la Central cuando en el café recibido se hayan aplicado buenas prácticas en toda la cadena comercial, desde la finca hasta la Central.

Calidad sensorial. El 70% de las muestras de café del tratamiento y el testigo presentaron calificación superior o igual a 80 que corresponde en la escala

de SCAA a café con calidad especial. Se observó la presencia del defecto vinagre en muestras del tratamiento y el testigo, con calificación de 53 puntos en la escala de SCAA. De acuerdo con la prueba de diferencia significativa mínima (LSD) no se observó diferencia en la calidad sensorial del café tratado con agua ozonizada a una concentración de 0,2 mg.L⁻¹ de O₃ y el testigo con cambio diario de agua. El resultado obtenido con el testigo puede atribuirse a la buena calidad del café recibido en la Central en los días de realización de los ensayos, generalmente de fincas cercanas.

Calidad física. El 80% de las muestras evaluadas, tanto en el tratamiento como en el testigos presentaron porcentajes de almendras sanas superiores o iguales a 75%, que corresponden a café bonificado por su calidad física en el proceso de comercialización en Colombia. De acuerdo con la prueba de diferencia significativa mínima (LSD) no hubo diferencia en el porcentaje de almendras sanas en las muestras de café obtenidas con el tratamiento y el testigo.

Análisis colorimétrico. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 28. El análisis colorimétrico entre las muestras tratadas con ozono y las muestras testigo, no mostró diferencias significativas, se observó un aumento en la luminosidad (L) para las muestras testigo y valores de coloración más homogéneos para las mismas muestras. Con este resultado no es posible concluir que la coloración del pergamino cambie entre un tratamiento y otro.

Impacto en la DQO. Se observó una reducción del 55,10% del DQO en las primeras 24 h, atribuible a la reacción del ozono con el carbono de la materia

Tabla 27. Coordenadas de color CIE L*a*b* obtenidas para las muestras de café.

	Agua ozonizada			Testigo		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Media	32,25	0,86	11,43	33,73	1,10	11,62
Li	30,67	0,48	10,67	31,77	0,94	11,27
Ls	33,83	1,23	12,18	35,68	1,26	11,98
D.E.	2,21	0,52	1,05	2,73	0,22	0,50

orgánica contenida en el agua utilizada para producir CO_2 . Las aguas utilizadas en el proceso de transporte del café húmedo a los secadores presentaron altos valores de DQO y SST correspondientes a 5.483 ppm y 2.416 ppm, respectivamente, con un consumo específico de $0,2 \text{ L.kg}^{-1} \text{ cps}$.

Guía técnica para el diseño de beneficiaderos ecológicos de café. Se continúa con el desarrollo de las actividades en la Fase 1, parte 3, la cual consiste en la elaboración de los diseños y los planos de los beneficiaderos propuestos (Figura 36), considerando las necesidades de espacio para realizar cada una de la etapas del beneficio del café y para el manejo de los subproductos, con el fin generar la información de la infraestructura necesaria, para la implementación de acuerdo a los niveles de tecnología limpia existente y su manejo ambiental.

Visión artificial para la clasificación automática de café lavado. En aras de clasificar café defectuoso del café lavado, gracias a que en ese estado el endocarpio (pergamino) es translúcido y permite la identificación de los defectos internos, se hizo un estudio y caracterización de los defectos más comunes y se desarrollaron algoritmos con un alta eficacia de identificación de granos sanos, granos brocados, con defecto fermento avanzado, inmaduros, con daño mecánico y granos negros.

Para tal fin fueron adquiridas y trabajadas imágenes digitales de granos de café pergamino húmedo, con el objetivo de determinar un algoritmo para el procesamiento digital de las mismas, mediante el cual fuese posible segmentar los granos y

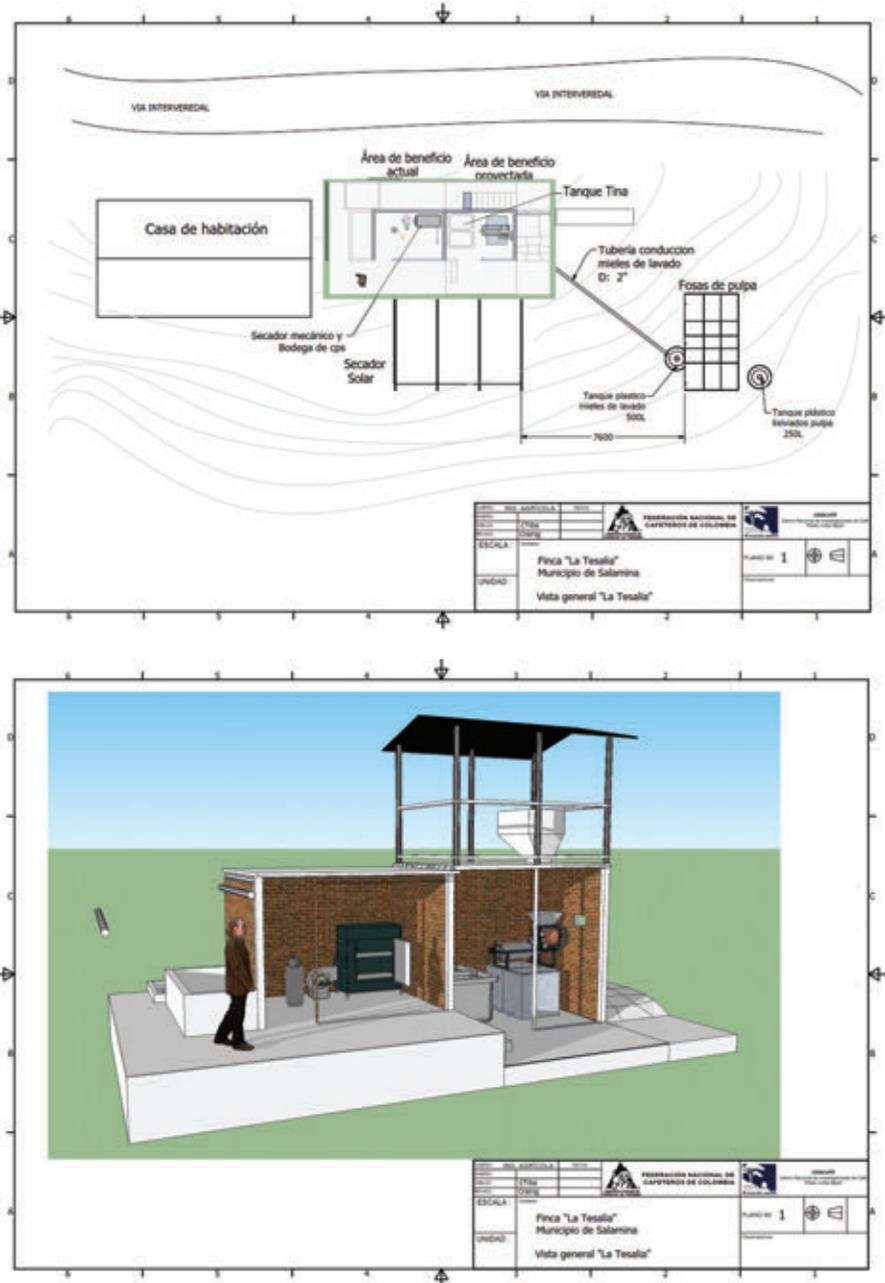


Figura 36. Diseño de un beneficiadero ecológico tipo.

determinar los defectos a clasificar. Se implementó un sistema de visión artificial experimental conformado por una cámara industrial de alta velocidad y un sistema de iluminación controlada. En el montaje experimental se determinó que el color azul ($R=0$, $G=116$ y $B=238$) fue el fondo que presentó mayor contraste con todos los tipos de granos incluyendo los claros y los oscuros.

Los algoritmos desarrollados para granos sanos y para los granos con los defectos mencionados obtuvieron una eficacia superior al 95%, trabajando con más de 500 imágenes para cada tipo de grano, sobre el fondo azul obtenido, lo que los hace convenientes para ser utilizados en el desarrollo de la máquina para clasificación de café lavado, porque cumplen ampliamente con el criterio de aceptación.

Secado

Evaluación de un gasificador utilizando madera del café. En la producción de café en Colombia se producen $1,36 \text{ Gt.año}^{-1}$ de madera seca durante la renovación de cafetales, con potencial para generar más de $23.120 \text{ TJ.año}^{-1}$ de energía. Actualmente, gran parte de la madera producida se emplea en cocinas rurales con bajo aprovechamiento de su energía; otra parte es convertida a carbón vegetal. La gasificación de la madera del café es una alternativa a considerar para la producción de energía (mecánica, térmica y eléctrica) en zonas que no están conectadas a la red nacional de energía o que tengan un suministro irregular del servicio. En este proyecto se evaluó un dispositivo de fabricación comercial (Figura 37a), con potencia máxima de 20 kWe, diseñado para generar electricidad mediante la gasificación de la madera. La evaluación se llevó

a cabo en tres etapas. En la Etapa 1 se obtuvo información técnica y económica del astillado de la madera del café, utilizando dos tecnologías de astillado y dos longitudes de tallo del café (Figura 37b). En la Etapa 2 se analizó el poder calorífico y la composición del gas producido, utilizando chips con la longitud recomendada por el fabricante. Por último, en la Etapa 3 se evaluó el rendimiento del dispositivo utilizando un arreglo factorial 2×3 , biomasa con dos porcentajes de tamaño de chip (100% y 85% los chips del tamaño recomendado del fabricante) y tres cargas externas conectados al dispositivo (3,68, 8,53 y 13,38 kW). Para cada tratamiento se realizaron cinco repeticiones. Las variables de respuesta fueron el consumo de biomasa, producción de energía, la relación de equivalencia y la eficiencia térmica. La caída de presión después de la filtración y el flujo de gas se utilizaron como las variables complementarias. El mejor rendimiento con chips de café (57%) y el menor costo ($\$ 0,094 \text{ USD / kg}$) se obtuvieron con tallos de 80 cm de longitud, obtenidos de árboles con un solo tallo, utilizando una máquina marca Koyote CK4, de fabricación nacional. El gas combustible producido a partir de madera de café, en la Etapa 2, con contenido de humedad de 10% a 15% (base húmeda), tenía la siguiente composición y el poder



Figura 37. Equipo utilizado para generar energía eléctrica [a] y chips de madera del café para el funcionamiento del gasificador [b].

calorífico inferior: CO: 19,0%; H₂: 19,9%; CH₄: 3,0%; CO₂: 10,0%; O₂: 0,2%; PCI: 5.669,3 kJ.m³. Cuando la carga externa conectada al generador aumenta, el flujo de aire, el consumo de biomasa y la producción de gas aumentan, alcanzando valores máximos de 17,2 kg.h⁻¹, 17,4 kg.h⁻¹ y 32,04 kg.h⁻¹, respectivamente. La producción de energía eléctrica y gas combustible varió entre 1,14 y 1,47 kg de biomasa/kWe y 2,11 y 2,48 m³.kg⁻¹ de biomasa, respectivamente. El costo promedio de energía fue de US \$ 0,29/kWe. Se presentaron fallas en el equipo causadas por la alta concentración de alquitranes en el gas combustible que ingresa al motor.

Mecanización

Evaluación de un dispositivo recolector de frutos caídos al suelo para el manejo de la broca del café. Con el objetivo de contribuir al manejo integrado de la broca del café se continuó con la evaluación de un dispositivo de accionamiento manual para recoger frutos del suelo (canastilla) en 18 lotes, en siete localidades, sembrados con *Coffea arabica* Variedad Castillo®, de 4 años de edad y distancias de 1,0 x 1,0 m, 1,3 x 1,0 m, 1,5 x 1,0 m y 2,0 x 1,0 m (Figura 38). Cada lote se dividió en tres partes iguales, con igual número de árboles. Los tratamientos evaluados fueron: T1 recolección con canastilla, T2 recolección manual y T3 testigo. En las parcelas T1 y T2 se recolectaron todos los frutos de café caídos al suelo, después del último pase de cosecha de mitaca del año 2015, mientras que en el testigo no se recolectaron los frutos del suelo. En cada parcela se evaluó el porcentaje de infestación de broca en 30 árboles y la calidad de la almendra medida con el factor de almendra sana, del nuevo esquema de compra de Almacafé, a partir de un volumen de 250 g de cps trillado, obtenido de la cosecha de 60 árboles de café seleccionados aleatoriamente en las parcelas testigo y parcelas tratamiento con canastilla y manual (variables de respuesta).

La eficacia de recolección de frutos del suelo con el equipo osciló entre un 85,5% y 96,4% con la canastilla y entre 71,2% y 95,8% con recolección manual (Figura 39). Con respecto al tiempo destinado por un operario para recoger los frutos del suelo, independientemente del nivel de hojarasca y el número de frutos en el suelo, con

la canastilla se recogen los frutos con promedios de 15,8 s/árbol en comparación con la recolección manual con promedio de 23,2 s/árbol en lotes con pendientes bajas (< 30%); en contraste, para lotes con pendientes mayores de 40% el método manual fue más rápido con promedios de 22,9 s/árbol comparado con la canastilla con promedio de 26,9 s/árbol (Figura 40). El costo de mano de obra en la recolección de frutos del suelo requiere de 2,0 a 2,4 jornales por hectárea. Con la canastilla pudieron retirarse del lote hasta 892.000 brocas de los frutos brocados del suelo contabilizando el número de estados biológicos de broca y el número de frutos brocados caídos. Los resultados mostraron que el repase de los frutos del suelo con la canastilla al final de la cosecha disminuye los niveles de infestación de broca en el árbol en la cosecha siguiente hasta en un 71,2% con respecto al testigo (Figura 41). Los mejores resultados se obtuvieron cuando la eficacia en la recolección de los frutos del suelo fue superior al 65%. Estos valores permiten mantener las poblaciones de broca en el lote por debajo del nivel de daño económico, permite obtener beneficios económicos e incentivos al aumentar el porcentaje de almendra sana (> de 75% en la parcela tratamiento con respecto al testigo) y generan sobreprecios en el pago de una carga de 125 kg de cps. El repase con el equipo es útil y cómodo frente a la recolección manual en plantaciones con diferentes densidades de siembra, en diferentes niveles de pendiente y cobertura de hojarasca.

Manejo de aguas residuales

Extracción de coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales del beneficio del café. Se seleccionaron como posibles plantas a evaluar el astromelio (*Hibiscus rosa-sinensis*), la sábila (*Aloe vera*), el fique (*Furcraea foetida*), el balso (*Heliconia popayanensis*) y la moringa (*Moringa oleifera*).

Se realizó la separación de los diferentes órganos de las plantas (hojas, tallos, flores, cristales), debido a se busca evaluar por separado cada órgano de la planta, con el fin de determinar cuál de éstos genera la mayor cantidad de extracto con capacidad de coagular las aguas mieles. Cada parte de la planta se secó en la estufa a 30°C, durante aproximadamente 72 horas, o hasta peso constante.



Figura 38. Recolección de frutos del suelo con canastilla en lotes con pendiente baja (a) y en lotes con pendiente del 100% (b).

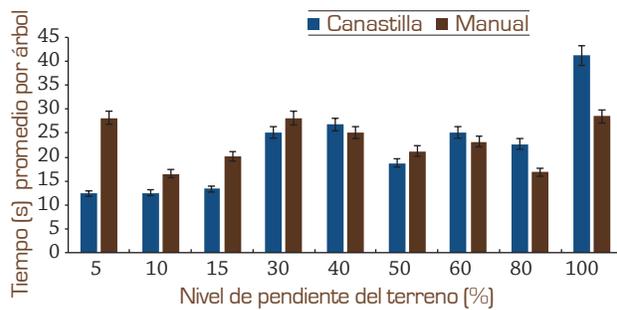


Figura 39. Tiempo promedio (s) por árbol, destinado por un operario, para recoger frutos del suelo con dos métodos: canastilla y manual de acuerdo al nivel de pendiente del terreno.

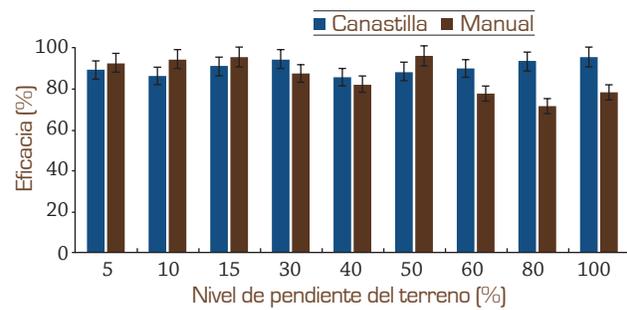


Figura 40. Comparación de la eficacia en la recolección de frutos del suelo con dos métodos: canastilla y manual de acuerdo al nivel de pendiente del terreno, independientemente del número de frutos en el suelo.

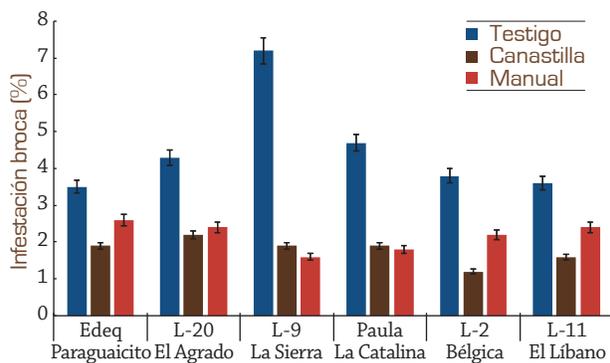


Figura 41. Porcentajes de infestación de broca en los lotes después de aplicado el repase manual y con canastilla comparado con el testigo.

Durante las pruebas preliminares de extracción en cada uno de las muestras se observó la formación de tres capas. Después del proceso de extracción se realizó una separación de la primera capa (aceite y grasa) y se repitió el proceso de extracción hasta que en el líquido extraído no se evidenciara la presencia de grasa. De acuerdo a los resultados obtenidos, los porcentajes de recuperación iniciales para las dos especies evaluadas superaron el 50%, lo cual es indicador favorable en el proceso de extracción.

Utilización de sales de hierro y aluminio para el tratamiento de aguas residuales del beneficio.

En esta investigación se evalúa el efecto de cinco sales químicas en el proceso de coagulación-

floculación de las aguas residuales del beneficio del café. Se realizaron los ensayos de pretratamiento de las aguas residuales, se caracterizó el agua residual del beneficio del café (proveniente del tanque tina y el Ecomill®) y se iniciaron las pruebas preliminares de coagulación con las sales químicas a diferentes concentraciones.

Se realizaron los ensayos de sedimentación de las aguas residuales del beneficio del café, utilizando conos Imhoff con agua proveniente del equipo Ecomill® 3000 y del tanque tina. Después de 48 horas de observación, se identificó la formación de tres capas, tanto en el agua proveniente del tanque tina como en la del Ecomill® (natas, sólidos solubles y sólidos sedimentables); el principal inconveniente encontrado fue en el momento de separar las capas, debido a que se alteraba la muestra. De igual forma, se observó que la proporción de sólidos sedimentables respecto a las natas y sólidos solubles era baja, por esta razón, se realizaron los ensayos en botellas plásticas y realizando la separación por medio de un orificio. En estas pruebas se determinaron los volúmenes de cada una de las capas (Tabla 28).

De acuerdo a los resultados obtenidos en las observaciones realizadas a las 24 horas, con agua residual proveniente del tanque tina, en promedio la distribución porcentual en las botellas fue de 26,80% para las natas, 35,98% para los sólidos sedimentables y 37,22% para los sólidos solubles.

Transcurridas 48 horas, la distribución fue 21,89% para las natas, 40,71% para los sedimentos y 37,40% para los sólidos solubles.

De acuerdo con las observaciones realizadas a las 24 horas, con agua residual proveniente del Ecomill® 3000, la distribución porcentual en las botellas fue de 27,71% para las natas, 37,21% para los sólidos sedimentables y 35,08% para los sólidos solubles. Transcurridas 48 horas, la distribución fue 27,73% para las natas, 24,57% para los sedimentos y 47,70% para los sólidos solubles.

Según el promedio de la distribución de las capas para el agua proveniente del Ecomill® 3000 las natas y los sedimentos representan aproximadamente el 52,3% de la muestra y el resto corresponde a los sólidos solubles (“agua clara”), con la cual se van a realizar las pruebas de coagulación-floculación iniciales, por lo tanto, se realizan pruebas de separación con aguas residuales del Ecomill® 3000 en las cuales se unen las natas y los sedimentos y se cuantifican los volúmenes. Según los resultados obtenidos en las pruebas realizadas uniendo las natas y los sedimentos la distribución promedio fue del 50%.

En la medida que se realizaban las pruebas pretratamiento a las aguas residuales, se caracterizaron las aguas mieles obtenidas en las variables Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Totales (ST).

Tabla 28. Resultados de los ensayos de separación, con agua proveniente del tanque tina y del Ecomill® 3000.

		Botellas Plásticas								
Agua del tanque tina		1	2	3	Agua del Ecomill®		1	2	3	
		Volumen (mL)			Volumen (mL)					
Inicial		2.424	2.744	2.842	Inicial		2.305	2.390	2.364	
24 h	Natas	727	773	647	24 h	Natas	667	595	693	
	Sedimentos	839	980	1.063		Sedimentos	991	690	945	
	Solubles	858	992	1.132		Solubles	647	1.105	725	
48 h	Natas	587	519	647	48 h	Natas	667	743	546	
	Sedimentos	942	1.257	1.063		Sedimentos	521	425	788	
	Solubles	895	969	1.132		Solubles	1.116	1.221	1.029	

Para los ensayos de coagulación se utilizó la mezcla de la capa de sólidos solubles (agua clara) separada en las pruebas de tratamiento, tanto para el tanque tina como para el Ecomill® 3000. Para las pruebas de coagulación-floculación se utilizaron muestras de agua residual de 500 mL, a las cuales se les agregó la sal a diferentes concentraciones.

Hasta la fecha se han realizado ensayos para las aguas provenientes del tanque tina (DQO = 13.280 ppm) con las siguientes sales: sulfato de aluminio, cloruro de aluminio y sulfato de hierro en cinco concentraciones diferentes (4.000, 8.000, 16.000, 20.000 y 24.000 ppm) y del Ecomill® 3000 (DQO = 84.600 ppm) con sulfato de aluminio en seis concentraciones diferentes (4.000, 8.000, 10.000, 20.000, 30.000 y 40.000 ppm).

En la Figura 42 se observa el comportamiento de la variable absorbancia para los coagulantes a las diferentes concentraciones.

Los resultados muestran que las sales de aluminio (cloruro y sulfato) presentaron un mejor comportamiento en el proceso de coagulación para las aguas provenientes del tanque tina, debido a que las muestras evaluadas presentaron valores de absorbancia similares y menores a los del sulfato de hierro. El rango de trabajo para encontrar la concentración óptima del sulfato de aluminio podría estar entre las 8.000 y 16.000 ppm y para el cloruro de aluminio entre 16.000 y 20.000 ppm.

Así mismo, se observó que cuando se utiliza el sulfato de aluminio como coagulante en aguas residuales provenientes del Ecomill® 3000, no es viable trabajar a concentraciones superiores a 30.000 ppm. El rango de trabajo para encontrar la concentración óptima del sulfato de aluminio podría estar entre las 10.000 y 20.000 ppm.

Validar el conocimiento y las tecnologías generadas por Cenicafé

Evaluación de la implementación de corredores biológicos y un Sistema de Gestión Integrado, en las áreas de influencia del Programa Forestal KfW - KFW0101

Dimensión ambiental. Durante este período se reporta el establecimiento de 844,6 ha de herramientas de manejo del paisaje (HMP) con la siembra de especies forestales nativas, que sumadas a las áreas implementadas en períodos anteriores, representan cerca del 60% de 3.740 ha propuestas hasta el fin del proyecto. Adicionalmente se realizó la definición y compra de la infraestructura de beneficio ecológico que permitirá mejorar el desempeño ambiental de las fincas de los beneficiarios de las microcuencas. Se entregaron: 228 tolvas secas, 218 tanques tinas, 126 sistemas modulares de tratamiento anaerobio -SMTA, 342 sistemas de saneamiento básico y se construirán 274 fosas para el manejo de la pulpa del café. Finalmente, la metodología que se ha venido desarrollando en el proyecto para el manejo de

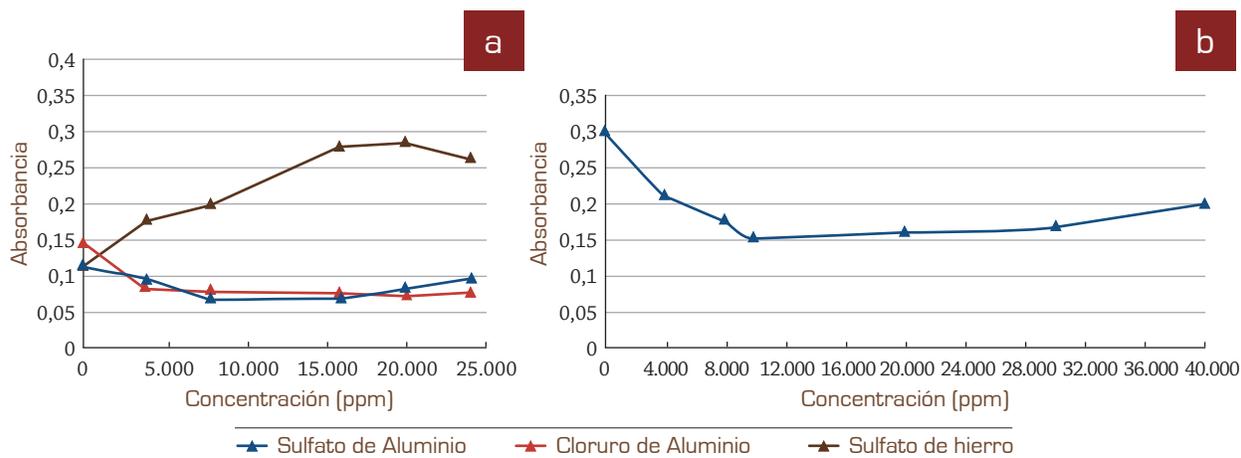


Figura 42. Curvas absorbancia vs concentración. Aguas tanque tina (a) y aguas Ecomill® 3000 (b).

residuos sólidos con las comunidades, fue adaptada e implementada en el marco del proyecto FNC-ILLI en Támara (Casanare), mostrando resultados que permitieron evidenciar el potencial que tienen las metodologías generadas en este proyecto en otras comunidades.

Dimensión social. Se ha seguido consolidando el trabajo comunitario a través de comités participativos; a través de éstos se busca fortalecer el trabajo en equipo, la solidaridad, la confianza, reciprocidad, valores que fortalecen el capital social e inducir a las personas a concretar su intención de realizar acciones de conservación. De igual forma, se ha trabajado con las instituciones educativas que se encuentran ubicadas en la microcuenca y se han conformado un total de once grupos de observadores de aves.

Dimensión económica. Con el fin de mejorar la calidad del café y la productividad de las fincas, se realizaron análisis de calidad de café a los beneficiarios de la microcuencas, para iniciar planes de mejoramiento de acuerdo a los resultados obtenidos. Con el apoyo del Servicio de Extensión se han realizado campañas intensivas con los caficultores de la microcuencas, dirigidas a mejorar la calidad final del café. Estas acciones están ligadas igualmente a la infraestructura productiva que ha sido entregada a los beneficiarios.

Plan de formación. Se destaca la implementación de los módulos de “Conservando la biodiversidad de nuestro corredor”, “Produciendo Café con calidad en

nuestro corredor” y Conservando el agua y el suelo de nuestro corredor” a 521 personas con el apoyo del SENA en las diferentes microcuencas. Se cuenta con la guía de implementación “Mi finca soñada. Plan de corredor, plan de mejoramiento”, para iniciar su implementación en el año 2016. Hasta ahora se han elaborado las Guías de observadores de aves para las microcuencas de Cauca, Caldas, Antioquia, Tolima y Huila.

Es importante resaltar la vinculación al proyecto de instituciones como las Corporaciones Autónomas Regionales, Alcaldías, Cooperativas de Caficultores, Fondo de Ganaderos, Isagen, Smurfith Cartón Colombia, Fundación Calidris. Instituciones que a través de su apoyo permiten fortalecer las actividades del proyecto, facilitando la unificación de criterios y trabajando mancomunadamente por la protección de las microcuencas y las comunidades.

Planes de Mejoramiento de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) y dispositivos ahorradores de agua en fincas cafeteras. Se seleccionaron los beneficiarios considerando la afectación del recurso hídrico en cada una de las 25 microcuencas (aquellos presentes en un radio menor a 200 ms del cuerpo de agua). Se elaboró un protocolo para el diseño, construcción y funcionamiento de fosas de pulpa tipo invernadero, se diseñaron 250 fosas tipo invernadero para el reúso de las aguas residuales del café y se diseñaron 250 sistemas modulares de tratamiento anaerobio para las aguas del café.

PPR 0500. Estrategias de protección del cultivo

Evaluar estrategias de control de artrópodos plagas del café dentro de un programa de manejo integrado

Identificación de plantas atrayentes y repelentes de la broca del café para desarrollar

una estrategia de manejo agroecológico en los cafetales colombianos. La broca del café continúa siendo el insecto que causa mayor daño económico en el cultivo de café alrededor del mundo. Su control se basa principalmente en el manejo integrado. La demanda en mano de obra y el aumento en

temperatura hacen necesario la búsqueda de estrategias sostenibles de control. En la búsqueda de alternativas agroecológicas, se seleccionaron plantas que repelen y que atraen a la broca del café, que puedan ser acompañantes en el cultivo. A través de bioensayos en el laboratorio usando pruebas de olfatometría, se evaluó la preferencia de 50 brocas adultas, en cuatro repeticiones, a frutos de café acompañados de siete plantas, reportadas como posibles atrayentes o repelentes. Como control atrayente se utilizó una mezcla de metanol:etanol, en proporción 1:1, y como control repelente se utilizó un extracto vegetal evaluado en Cenicafé. Se identificaron a *Nicotiana tabacum* y *Lantana camara* como plantas repelentes y *Emilia sonchifolia* como plantas atrayentes para la broca del café (Figura 43).

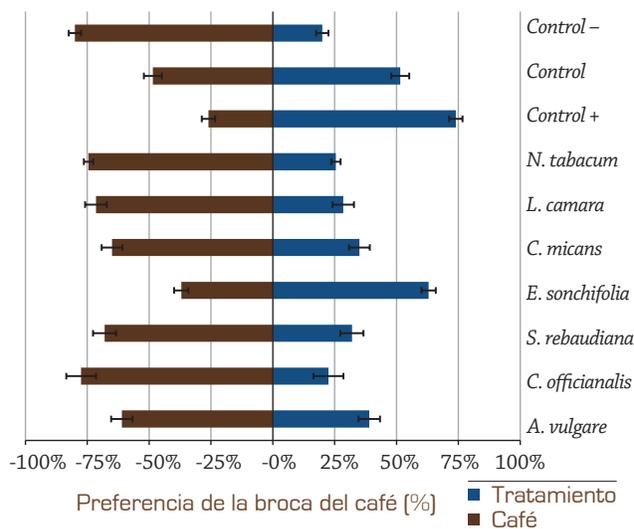


Figura 43. Evaluación por olfatometría (laboratorio) de la preferencia de la broca por frutos de café vs. frutos de café con plantas atrayentes o repelentes. Se evaluaron cuatro poblaciones de 50 individuos cada uno, por cada planta y control.

El efecto de estas plantas fue evaluado en condiciones controladas en el campo. Para esto, en un lote en la Estación Experimental Naranjal se seleccionaron como unidad experimental grupos de cuatro plantas de café continuas y equidistantes, en medio de dos de las plantas se sembró la planta acompañante a evaluar (*N. tabacum*, *L. camara*, *Crotalaria micans* y *E. sonchifolia*), las otras dos plantas de café del arreglo sirvieron como testigo. Los arreglos se cercaron con mallas de tul. Adicionalmente, se seleccionaron

como controles absoluto, arreglos con cuatro plantas de café, sin plantas acompañantes y como control atrayente el alcohol metanol:etanol, ubicado entre dos de las cuatro plantas de café del arreglo. Se realizaron 20 réplicas por cada tratamiento. Se contaron todos los frutos de las plantas de café con más de 120 días después de floración y se liberaron, a una distancia equidistante en cada arreglo, entre los cuatro árboles de café, granos infestados con brocas, esperando una dispersión promedio de 14 brocas por grano, y una relación de infestación del 15%. La infestación por broca en cada árbol de cada tratamiento, se evaluó pasados 30 días de las liberaciones. Se compararon los porcentajes de infestación de los frutos de las dos plantas de café intercaladas con las plantas acompañantes vs. porcentajes de infestación de los frutos de las plantas de café testigo, por medio de una prueba t ($p=0,05$). Adicionalmente, se calculó un Delta de diferencia con los promedios de infestación de las dos plantas con los tratamientos (plantas acompañantes) vs. dos plantas testigo. Un análisis estadístico Duncan indicó que el tratamiento con *N. tabacum* fue el que mostró significativamente alta repelencia frente a la broca en condiciones de campo. Los Delta de diferencia permitieron separar el tratamiento control absoluto del tratamiento con el tabaco, el cual mostró nuevamente ser altamente repelente y del tratamiento con los alcoholes. Adicionalmente, se evidenció repelencia de la broca a *L. camara* y atracción a *C. micans* (Figura 44).

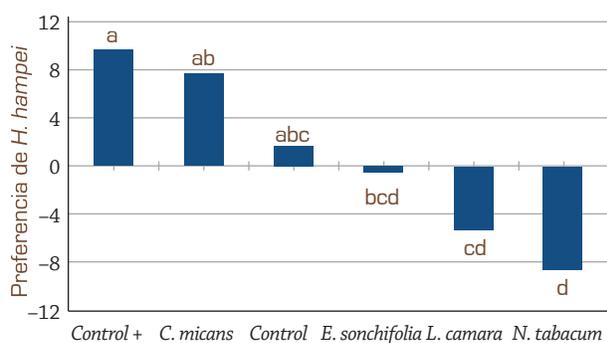


Figura 44. Prueba de campo. Preferencia de la broca a los frutos de café en presencia de plantas acompañantes *Crotalaria micans*, *Emilia sonchifolia*, *Lantana camara* y *Nicotiana tabacum*, control + (mezcla de etanol:metanol). Control absoluto (plantas de café sin plantas acompañante). Prueba de Duncan ($p=0,05$).

Finalmente, se identificaron compuestos volátiles por medio de cromatografías de gases ensamblada a espectrofotometría de masas (GC-MS), tanto en las plantas atrayentes como repelentes, los cuales pueden ser responsables de los comportamientos observados en la broca.

Desarrollo de un producto natural para el control de la broca del café. Con el propósito de desarrollar un producto natural eficaz y ambientalmente seguro, para el control de la broca del café, a partir de la combinación de hongos entomopatógenos y extractos botánicos, se realizaron dos experimentos. En el primero, se evaluó la mortalidad de la broca con la combinación de extractos y el hongo *B. bassiana* en el laboratorio. Para esto, se evaluaron nueve tratamientos, usando *B. bassiana* a dos concentraciones: 1×10^6 y 1×10^7 esporas/mL, Botánico 1 (Bot1) al 1,5%, Botánico 2 (Bot2) al 0,5%, y la combinación de cada concentración de hongo con cada Botánico, como control se usó agua. Para cada tratamiento se tomaron 100 brocas, las cuales fueron sumergidas por espacio de 3 segundos en cada uno de los tratamientos. A los 5 días se observó la mortalidad de la broca. Con los datos se realizó un análisis de permutaciones, con 30 permutaciones de 20 brocas cada una, de una población total de 100. El análisis de varianza indicó diferencias significativas entre los

tratamientos. En el testigo con agua la mortalidad media fue de 13%. El Bot1 causó una mortalidad del 23% mientras que en el Bot2 ésta fue de 17%. El hongo a una concentración de 1×10^6 causó la muerte al 37% de las brocas y a 1×10^7 al 72%. Los dos extractos mostraron un efecto sinérgico al ser combinados con las dos concentraciones de hongo usado, es así como el Bot1 al 1,5% incrementó la mortalidad del hongo entre 20%- 50% y el Bot2 al 0,5% en un 20%. El efecto combinado de estos extractos botánicos con hongos entomopatógenos incrementó y aceleró el tiempo de mortalidad de la broca del café, de tal manera que un producto conteniendo los dos será más eficaz en el control del insecto (Figura 45). A los 5 días se observaron mortalidades cercanas al 100%.

En el segundo experimento se evaluó el efecto de las combinaciones de *B. bassiana* y los extractos botánicos sobre la mortalidad de la broca en el campo. Los tratamientos fueron *B. bassiana* a 2×10^{10} y 8×10^{10} esporas/L, Bot1 y Bot2 al 3% y la combinación de las dos concentraciones de esporas del hongo con cada botánico al 3%, el control fue agua. Se usó un diseño estadístico de bloques, cada bloque correspondía a diez árboles, en cada árbol se infestó una rama productiva, en la rama se evaluó la mortalidad de las brocas causada por el tratamiento. Cada tratamiento, contenía diez repeticiones, los

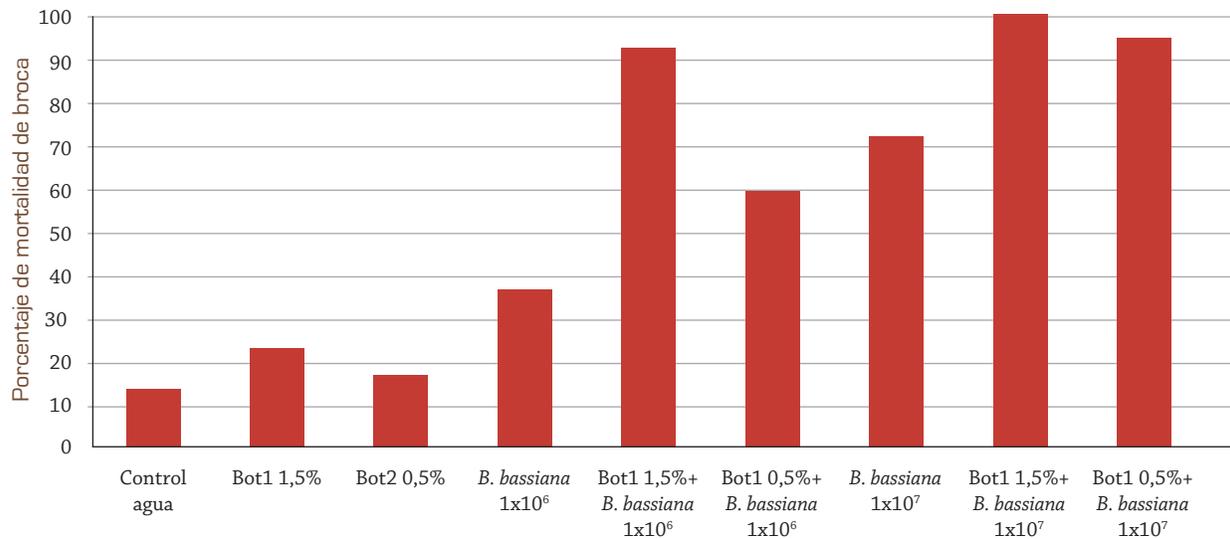


Figura 45. Efecto de *B. bassiana* y la adición de diferentes botánicos sobre la mortalidad de la broca del café en el laboratorio.

tratamientos fueron asperjados sobre la rama que contenía 50 frutos infestados por broca. El volumen de aplicación por rama fue de 3 mL. Después de las aspersiones, a los 30 días se evaluó: el porcentaje de infestación de los frutos en la rama y la mortalidad de las brocas en los frutos infestados. El análisis de varianza permitió observar diferencias entre los tratamientos. En el tratamiento control la mortalidad fue de 17% y en los tratamientos con el Bot1 y Bot2 fue de 22% y 28%, respectivamente. El hongo a la menor concentración evaluada (2×10^{10} esporas/L) causó una mortalidad de 42% y a la mayor de 8×10^{10} de 71%. La combinación del bot1 con el hongo no incrementó significativamente la mortalidad de la broca, mientras que la combinación del Bot 2 con las esporas del hongo incrementó significativamente, hasta en 17%, la mortalidad de la broca, obteniéndose mortalidades de 60% y 86% (Figura 46).

La Superintendencia de Industria y Comercio, a través de la Resolución No. 39025 del 30 de julio de 2015, otorgó la Patente de Invención a la creación titulada: “Formulaciones plaguicidas que comprenden extractos de ajo (*Allium sativum*), de ají (*Capsicum* sp) y de ajeno (*Artemisa* spp), o combinación de los mismos y los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisoplae*, o combinación de los mismos “Titulares: FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE

COLOMBIA, ECOFLORA AGRO S.A.S Inventores: Pablo Benavides y Carmenza Góngora. Número de radicación: 13-010-500-00010-0000.

Efecto de la microencapsulación de compuestos sobre la actividad biológica de la broca del café. Con el propósito de desarrollar productos biorracionales para el control de la broca del café, mediante un convenio de investigación entre Cenicafé, Sumicol y la Universidad de Antioquia, se están evaluando metabolitos secundarios y análogos (C1, C2, C3 y C4), mediante bioensayos en dietas artificiales y frutos verdes, en el laboratorio. Para realizar los experimentos fue necesario estandarizar metodologías para la incorporación de los compuestos en dieta artificial a base de café (Figura 47) y la desinfección de frutos (Figura 48a). Se ha monitoreado el desarrollo de huevos, larvas y adultos de broca sobre dietas con diferentes concentraciones de los compuestos C1, C2 y C3 y se evaluó la mortalidad de adultos con el compuesto C2. Los resultados iniciales indican que los compuestos C1 y C2 tienen potencial en el control de la broca en el campo y pueden ser microencapsulados para ser evaluados en el laboratorio y el campo. Éstos inhibieron la eclosión de huevos y causaron la mortalidad de 100% de larvas y adultos en dietas (Figura 47c y 47d). El compuesto C2 provocó la muerte de más 90% de los adultos en frutos (Figura 48b).

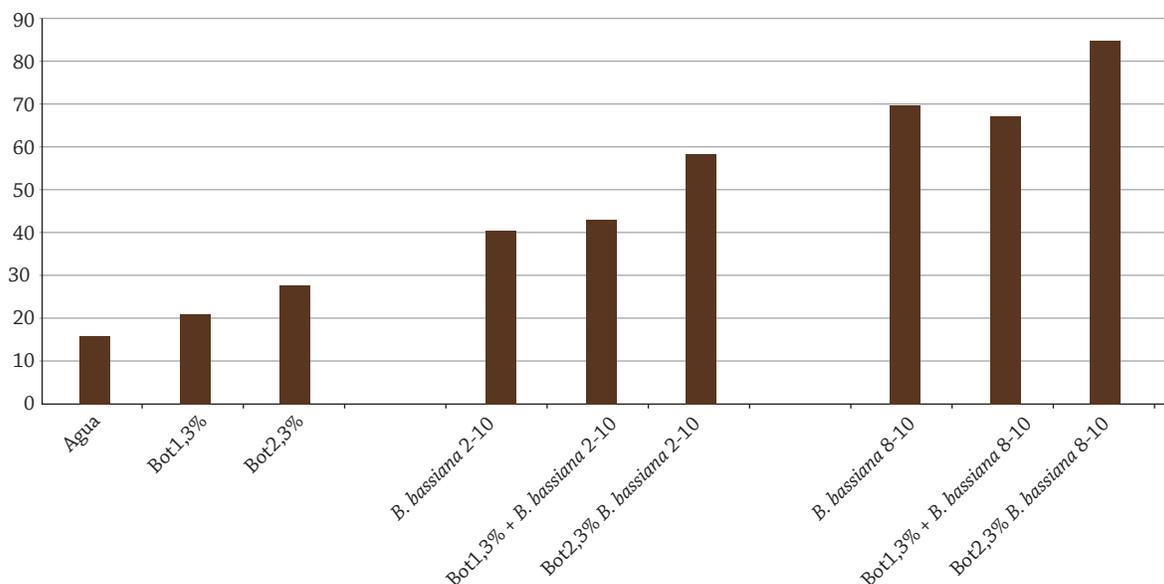
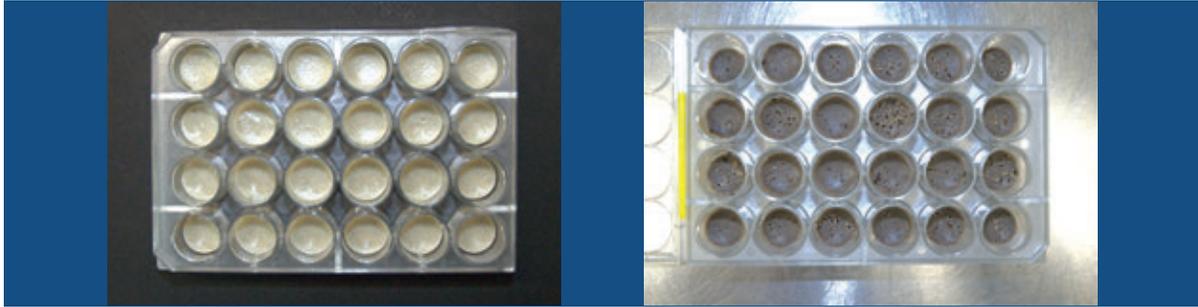
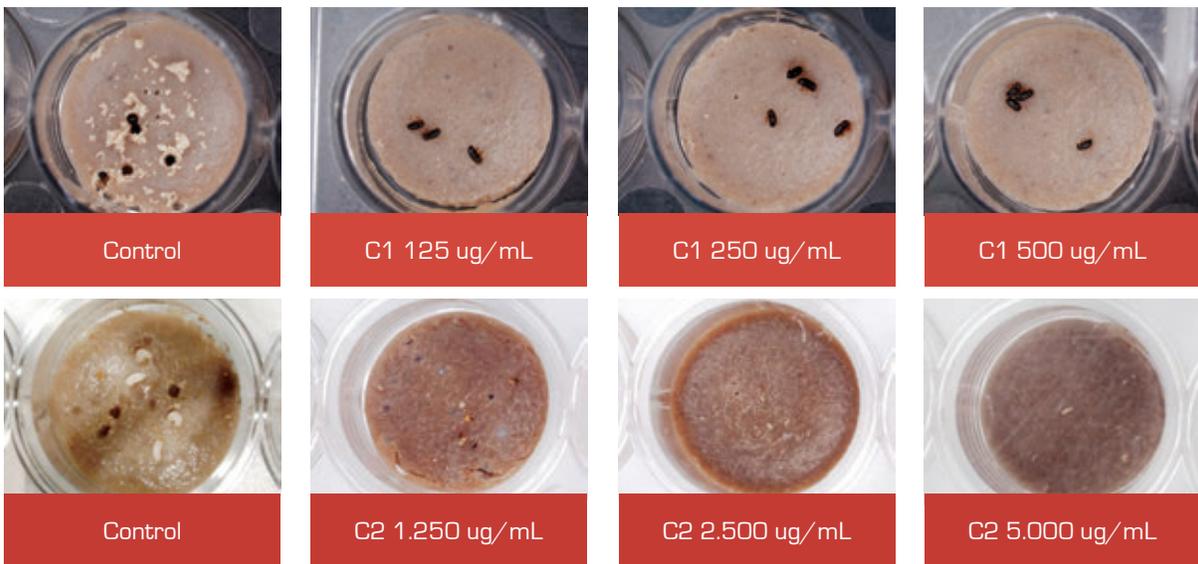


Figura 46. Porcentaje de mortalidad de la broca por efecto de *B. bassiana* y la adición de diferentes botánicos en el campo.

a



b



c

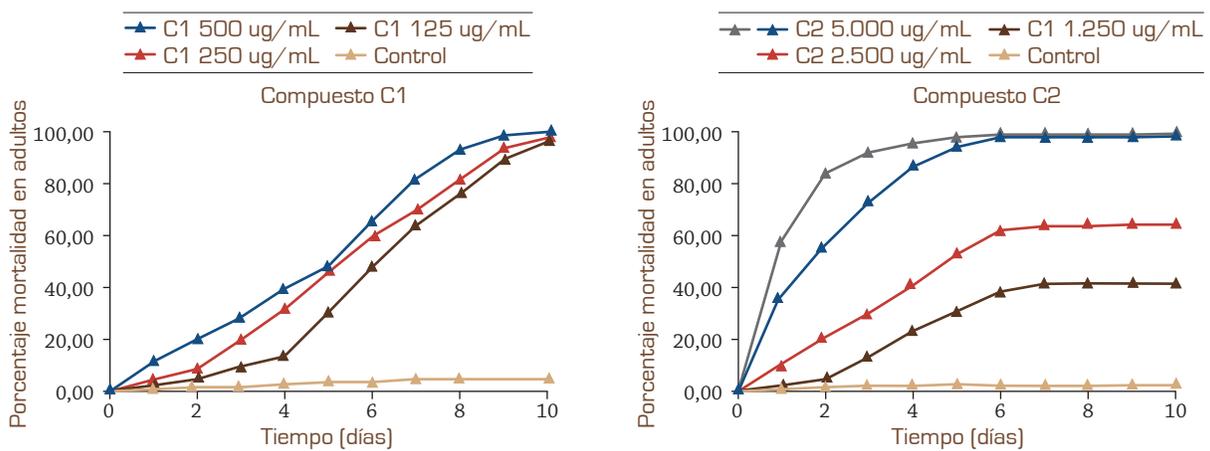


Figura 47. Montaje y resultados de la evaluación del efecto de metabolitos secundarios y análogos sobre adultos de *H. hampei* en dietas. (a) Dietas artificiales en placa de 24 pozos. (b) Estados de broca sobre dietas artificiales con diferentes concentraciones de C1 y C2. (c) Porcentaje de mortalidad acumulativa de adultos sobre dietas a diferentes concentraciones de los compuestos C1 y C2.

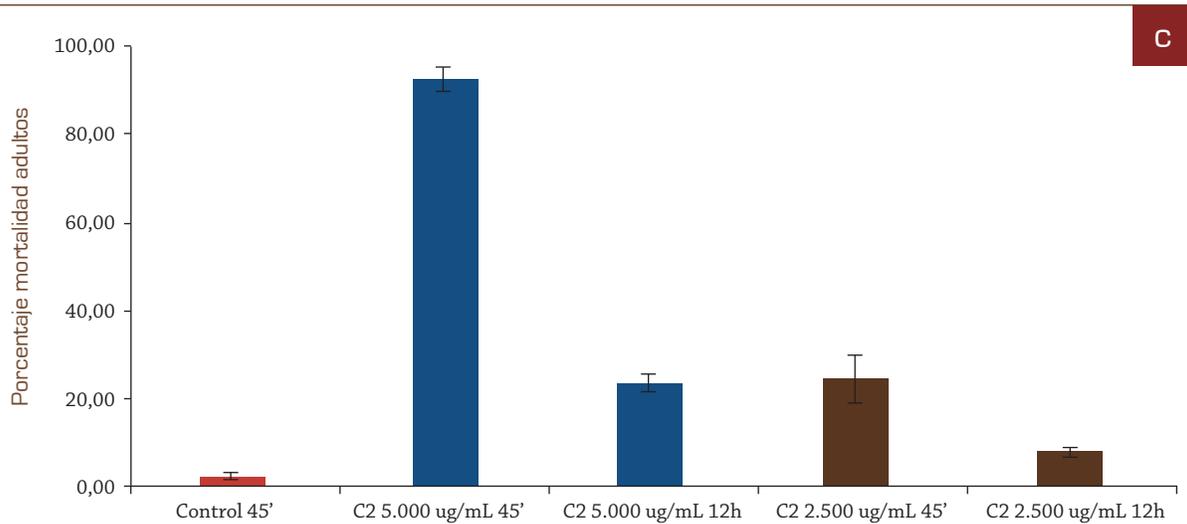


Figura 48. (a) Esquema de desinfección de frutos verdes. (b) Montaje de la evaluación de protección con frutos verdes. (c) Porcentaje de mortalidad de adultos de broca después 45 min. y 12 horas de aspersión de los frutos verdes con los tratamientos.

Evaluación de la capacidad de depredación de broca por hormigas del género *Crematogaster*.

Existe evidencia de que la broca del café es depredada por hormigas en condiciones naturales en las plantaciones de café (Figura 49). Actualmente, se está adelantando un proyecto colaborativo entre la Universidad del Valle y Cenicafé, con el objetivo de evaluar la capacidad depredadora de hormigas de los géneros *Crematogaster* y *Pheidole* para el control de la broca del café, para ser usadas en una estrategia de control biológico por aumentación. Es así como se montaron colonias artificiales de *Crematogaster* y *Pheidole* en el laboratorio para identificar las especies de hormigas con potencial depredador sobre broca, y el uso de métodos moleculares como una herramienta para determinar el grado de depredación. Se están realizando análisis de la relación presa-depredador en varias especies de hormigas, utilizando técnicas moleculares basadas en PCR para detectar la presencia de pequeñas cantidades de ADN de la presa en el tracto digestivo de los depredadores. Se cuenta con cebadores (*primers*) del gen COI para identificar broca del café haciendo un análisis molecular del contenido intestinal de hormigas alimentadas con broca. Grupos de hormigas adultas son alimentadas con estados inmaduros de broca (tratamiento) y otras son alimentadas con presas distintas a broca (testigo). Se está estandarizando un protocolo de extracción de ADN de los especímenes de hormigas en cada uno de los ensayos.



Figura 49. Especie de hormiga del género *Crematogaster* depredando larvas de broca en el interior de almendras de café.

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.

Se determinó el efecto de la aplicación de los productos VZ, Tv, Degradador de compostaje (MM) y PO, sobre la descomposición de frutos de café y el desarrollo de la broca del café, bajo condiciones de laboratorio y campo. En el laboratorio, se observó que el producto VZ aceleró la emergencia de la broca de los frutos del suelo, con una tasa de emergencia de 2,4 brocas/día, estadísticamente mayor que en el testigo y los demás tratamientos, que mostraron tasas de 1,31 brocas/día. No se observaron diferencias estadísticas en el número promedio de estados de broca en el fruto. Se recomienda evaluar este efecto de “emergencia temprana”, con la mezcla de biocontroladores para el control de poblaciones de broca en el suelo.

Desarrollo de inóculos microbianos con acción nematocida, bactericida y descomponedora de residuos de cultivo de café y plátano *in situ*.

Se encontró que los hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sajor-caju* tenían efectos nematostáticos y nematocidas en el control de los nematodos fitopatógenos *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* sp. En los trabajos bajo invernadero, el mejor control de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de tomate lo presentó *P. ostreatus* a una concentración de 150 g/200 mL, mientras que en el cultivo de plátano el mejor control de *Radopholus* sp. lo presentó el hongo *P. sajor-caju* a la misma concentración. Se recomienda evaluar la utilización de concentraciones superiores de los hongos para el manejo integrado de nematodos fitoparásitos.

Validación del manejo integrado de cochinillas de las raíces del café bajo el esquema de parcelas demostrativas.

Las cochinillas de las raíces del café son la segunda plaga más limitante en la caficultura colombiana, especialmente en siembras nuevas. El objetivo de este trabajo fue implementar un manejo integrado de cochinillas a través de parcelas IPA, en los departamentos del Valle del Cauca y Norte de Santander. La validación en el Valle del Cauca se realizó en: (1) un lote de café de 0-12 meses, infestado y con buen manejo agronómico, (2) una siembra nueva en un lote afectado por cochinillas, y en (3) un

cafetal productivo con malformaciones de raíces y afectación severa por cochinillas de varios géneros. Se procedió con muestreos no destructivos, uso de plantas indicadoras y resiembras escalonadas, respectivamente para cada caso. Mensualmente, en cada parcela, se estimó el porcentaje de árboles infestados y se identificaron las especies de cochinillas sobre 30 árboles. Una vez confirmada la presencia de cochinillas, se aplicaron los productos Silex® 0,3 g/planta o Verdadero® 0,031 g/planta en drench y rotándolos, con volumen de descarga de 100 mL por planta, con el suelo a capacidad de campo. Las aplicaciones se hicieron generalizadas cuando se identificó *Puto barberi*, o localizadas en caso contrario. Respectivamente, el porcentaje de infestación antes de la implementación del plan de manejo fue de 100%, 40% y 100%; las especies encontradas fueron *Puto barberi* (Cockerell), *Dysmicoccus* sp., *Neochavesia caldasiae*, y otras especies de la familia Rhizoecidae. Posterior a dos aplicaciones de insecticidas, el porcentaje de infestación en las tres parcelas de validación fue inferior al 20% y las resiembras por problemas con cochinillas no superaron el 1%. En las últimas evaluaciones por problemas de sequía no fue posible realizar las aplicaciones de insecticidas y las poblaciones de la plaga se incrementaron; para el departamento de Norte de Santander se están implementando las mismas parcelas, y se incluyó además, la parcela de validación en almárgos de café.

Evaluación de equipos y tecnologías de aspersión en el control de plagas, enfermedades y arvenses de interferencia. Dado que las cochinillas de la raíz del café se han convertido en la segunda plaga del cultivo, se hace necesario contar con una tecnología de aplicación que pueda asegurar una correcta dosificación y aplicación de los productos recomendados. En el mercado se encuentran opciones de equipos dosificadores que valen alrededor de \$90.000, los cuales no mantienen de manera constante la descarga correcta. En esta investigación se han realizado modificaciones o adaptaciones a un equipo convencional. Tomando un equipo modificado por caficultores, se ha estudiado y mejorado, de tal forma que se entrega un equipo fácil de adaptar, con materiales durables,

dosificación exacta y que se mantiene en el tiempo, no produce pérdidas de producto, fácil de operar, con buen rendimiento en el campo, y finalmente, la modificación tiene un valor inferior a \$15.000 pesos.

Cría de *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae) depredador de la chinche de la chamusquina del café.

Con el objetivo de generar alternativas de control biológico para las principales plagas del cultivo del café, se presenta información sobre la cría, aspectos de la biología y comportamiento de *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae) en el laboratorio a 25±1°C y 75±5% de HR. En el campo esta chinche es un depredador natural de *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae), la chinche de la chamusquina del café. Para la cría de *Zelus* sp., en el laboratorio se evaluaron cuatro tipos de dieta: (1) dieta semi-líquida a base de hígado molido, (2) larvas de *Tenebrio molitor*, (3) larvas y adultos de *Drosophila melanogaster* y (4) larvas de *Galleria mellonella*, para cada caso se tomaron 30 ninfas de primer instar del depredador y se colocaron sobre cada dieta (Figura 50). Se obtuvieron los parámetros porcentaje de mortalidad y cambio de instar. Basándose en el porcentaje de mortalidad se seleccionó la dieta para la cría de *Zelus* sp. El porcentaje de mortalidad varió según la dieta suministrada 46,6%, 36,6%, 50% y 13,3%, respectivamente. De acuerdo a estos resultados se seleccionó la dieta a base de larvas de *G. mellonella* para la cría de *Zelus* sp., la cual permitió obtener mayor número de adultos del depredador y mejor desarrollo. *G. mellonella* es criada sobre dieta a base de salvado de maíz, para obtener un kilogramo de esta dieta se mezclaron 464 g de salvado de maíz y 69 g de levadura torula seca. Aparte, se derritieron 67 g de cera de abejas y se adicionaron a la primera mezcla. Posteriormente, se adicionaron 207 g de glicerina y 193 de miel de abejas. Esta mezcla se colocó en bandejas multi usos de 21 x 18 x 5 cm. Cada caja con la dieta fue infestada con 500 huevos aproximadamente de *G. mellonella* y fueron colocadas bajo condiciones controladas de temperatura 25±1°C y 75±5% de HR. Con el fin de mantener una cría escalonada de *G. mellonella*, cada 15 días se realiza infestación de dieta y ésta puede ser reutilizada.

1 Dieta semi-líquida a base de hígado molido. Con esta dieta las ninfas de *Zelus* se alimentan pero no cambian de estado en el tiempo estimado, retrasando su desarrollo.



2 Dieta larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), las larvas de este coleóptero predan las ninfas de *Zelus* sp., convirtiéndose en una alternativa inviable para la cría de este depredador.



Zelus predando larvas de *T. molitor*



Restos de adultos de *Zelus* predados por *T. molitor*

3 Dieta larvas y adultos de *Drosophila melanogaster*. Por el tamaño pequeño de los estados de *D. melanogaster*, no cumple con los requerimientos nutricionales del predador, causando retraso en el desarrollo y por último la muerte.



4 Dieta para *Galleria mellonella*. Esta alternativa de cría permitió obtener desarrollo óptimo de los estados de *Zelus* sp. y mayor número de adultos, además de ser una alternativa viable económicamente. En el laboratorio cada postura del predador contiene en promedio 57 ± 2 huevos y el tiempo de duración es de 22 días, en condiciones de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y $75 \pm 5\%$ de HR, obteniendo una tasa de sobrevivencia superior al 80%. Con esta dieta se inició la cría de *Zelus* sp., la cual ya está estandarizada para la cría masiva en el laboratorio.




Figura 50. Dietas para la cría en el laboratorio de *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae), depredador natural de *Monalonion velezungeli* (Hemiptera: Miridae).

Cría del depredador *Zelus sp.* El pie de cría de *Zelus sp.* se recolectó en fincas de cítricos cercanas a Cenicafé. La cría se inició a partir de dos posturas que contenían en promedio 75 huevos cada una. Posterior a la eclosión de los huevos, en cajas galleteras se colocaron diez ninfas de *Zelus sp.* y se alimentaron diariamente con larvas de los instares II, III, IV y V de *Galeria mellonella*, en una relación 1:3 (predador-presa). Estos estados son los más aceptados por el predador. Para evitar el canibalismo por parte de *Zelus sp.*, se colocaron hojas de café en el interior de cada caja, que le sirvieron como refugio. También se realizaron ensayos cambiando las densidades de adultos y las proporciones de hembra por macho en cada caja, para medir la oviposición y determinar los recipientes para la cría masiva de *Zelus sp.* La proporción que permite mejor desarrollo y con la cual no se presenta caso de canibalismo es 2:4 a favor de las hembras.

Evaluar estrategias de control de enfermedades del café dentro de un programa de manejo integrado

Evaluación de fungicidas en el control de enfermedades de café en Colombia. Las alteraciones climáticas registradas en Colombia en los últimos años han llevado a incorporar nuevos criterios en la selección del momento oportuno para la aplicación de los diferentes fungicidas para el control de la roya del cafeto, debido a los cambios fenológicos que se presentan en las plantas de café por estas alteraciones, obligando a flexibilizar las fechas de aplicación de estos productos. En estos ajustes en la oportunidad de aplicación, se evalúan los sistemas de floración principal y de calendario fijo para cosecha principal, en el segundo semestre del año, en un experimento ubicado en la finca El Sedán, ubicada a 1.250 m de altitud, en un cultivo de café variedad Caturra, que en la actualidad tiene 44 meses. Comparando la dosis del producto Authority 250 SC con diferente número de aplicaciones, con el fungicida Amistar ZTRA 28 SC como testigo referencia, y con un testigo absoluto sin algún producto. No se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos después de 27 meses de experimentación, aún en las variables de crecimiento. Para la variable

número de hojas, en las evaluaciones realizadas en el año 2015, las plantas tratadas con Authority 60 días después de la floración principal (DDFP), con una segunda aplicación 120 DDFP y dosis de 0,75 L.ha⁻¹ del producto comercial presentan diferencias estadísticas con el testigo absoluto. En este año la variable porcentaje de incidencia de roya ha presentado en el mes de junio el valor más bajo de enfermedad (3,6%) con el fungicida Authority aplicado 60 DDFP y 120 DDFP a la dosis de 0,75 L.ha⁻¹ del producto comercial, valor que es estadísticamente diferente al testigo absoluto, el cual presentó el máximo nivel de la enfermedad en todo el año, llegando a 33% de incidencia. La variable severidad de roya exhibió exactamente el mismo comportamiento con el testigo absoluto, en la última evaluación, presentando los valores promedios más altos en los grados 2, 3 y 4. Se hace evidente el control de la enfermedad con la aplicación del fungicida Authority 250 SC, siguiendo las aplicaciones basadas en el sistema de floración principal. Este resultado confirma que es posible ajustar las aplicaciones de cada localidad de acuerdo con los cambios en la distribución de la cosecha determinados por los momentos de floración de cada año, sin depender de un sistema de aplicación de calendario fijo que no considera la variabilidad del clima.

El manejo agronómico del cultivo y las condiciones ambientales presentes en esta localidad en el año 2015 no han favorecido el desarrollo de la mancha de hierro en frutos ni del mal rosado. No se observan diferencias estadísticas entre tratamientos para alguna enfermedad, por lo que no es posible evaluar los efectos biológicos de los tratamientos. Los valores de producción en café cereza para el año 2015 indican que la aplicación de Authority 60 DDFP + 120 DDFP a una dosis de 0,75 L.ha⁻¹ del producto comercial, ha tenido los más altos registros de producción, con un promedio de 18 kg de café cereza por seis árboles, mostrando diferencias estadísticas significativas con el testigo absoluto que lleva una producción promedio de 11 kg de café cereza por seis árboles. En este estudio se corrobora que aún en un año de influencia de El Niño, existe un impacto negativo de la roya sobre la producción de café.

Por su parte, tratamientos de ImpactMix SC aplicados con base en la floración principal indican un buen control de la roya en un experimento que se está desarrollando en la Estación Central Naranjal, ubicada a 1.310 m de altitud, en zocas de café variedad Caturra, de 24 meses bajo sombrío. Las plantas tratadas con dos aplicaciones del producto ImpactMix SC, la primera 30 días después de la floración principal (DDFP) y la segunda 60 DDFP, están presentando el valor más bajo de incidencia de la enfermedad en la evaluación realizada en el mes de agosto (3,8%) con diferencias estadísticas significativas con el testigo absoluto (43,4%). La misma tendencia se registra en la variable severidad de roya al registrar el testigo el valor más bajo de follaje sano (56,5%) comparado con el tratamiento de ImpactMix SC (96,1%).

Igualmente, contra la roya del cafeto se está evaluado el fungicida Bayfidan, con dosis de 0,6 L.ha⁻¹ sobre el follaje de las plantas, siguiendo un calendario fijo con aplicaciones en los dos semestres del año, en la finca El Diamante, municipio Quimbaya (Quindío), en una plantación de café de la variedad Caturra a libre exposición. El testigo de referencia ha sido el fungicida Alto 100, aplicado a la dosis de 250 mL.ha⁻¹. Hasta el momento, las variables altura de las plantas, diámetro del tallo y número de ramas y nudos, no registran diferencias entre las plantas tratadas y no tratadas. La cantidad de follaje retenido por las plantas ha sido más alto en las ramas primarias y secundarias de las plantas tratadas. La incidencia de la roya del cafeto ha presentado niveles más altos en las plantas que no han sido tratadas con los fungicidas, con el máximo valor de la enfermedad de 43%, mientras que los tratamientos presentaron valores entre 24% y 28%. Diferencias similares se presentan en la variable severidad. La presencia de la enfermedad mancha de hierro ha sido baja y hasta el momento no se han detectado diferencias estadísticas entre tratamientos en la variable producción de café.

En la búsqueda de alternativas de control de mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y mal rosado (*Erythricium salmonicolor*), se evaluó el efecto de las aplicaciones del fungicida ImpactMix SC, en la Estación Experimental Paraguaicito, ubicada a

1.200 m de altitud en un cultivo de café Variedad Castillo® Pueblo Bello, de 38 meses. En el presente año las variables de crecimiento, tanto en las ramas principales como en las secundarias, no muestran diferencias estadísticas entre tratamientos. La incidencia y la severidad de la mancha de hierro y del mal rosado han sido muy bajas (menos del 5%) para todos los tratamientos. Para el porcentaje de defoliación, los tratamientos que recibieron una aplicación adicional del producto ImpactMix SC, en el año 2014, están presentando un mayor vigor. Los mayores valores de defoliación con diferencias estadísticas los registró el testigo absoluto con 24,6%; seguido de los tratamientos 2 (10,6%), 4 (11%) y 6 (10,4%), que presentan los menores valores de defoliación, garantizando una mayor presencia de follaje en las plantas. Para la variable producción aún no se aprecian diferencias estadísticas entre tratamientos. Los tratamientos con tres aplicaciones del producto ImpactMix SC presentaron 20 kg de café cereza por seis árboles, y para determinar el posible efecto del producto en el desarrollo de la planta, la evolución de las enfermedades y en producción, se requerirá de una cosecha adicional de café. Para la variable defoliación los tratamientos basados en la floración principal con dos aplicaciones del producto presentan los menores valores promedio de defoliación (49%), con diferencias estadísticas significativas frente al testigo sin aplicación (62%), corroborando la relación que existe entre un buen control de la roya y la mayor retención del follaje por las plantas. El efecto bioactivador “VCP” del ImpactMix SC sobre las plantas de café aún no se ve reflejado en la medición de las variables de crecimiento. Debido a las condiciones climáticas reinantes, la baja incidencia de mal rosado ha impedido evaluar el producto Abacus (pyraclostrobin+epoxiconazol), en dos lotes (primera zoca), de la Variedad Castillo® (actualmente de 42 meses), ubicados en la Estación Central Naranjal.

Con respecto al control químico de la muerte descendente (*Phoma* spp.) se ha adelantado un experimento de campo, en el municipio de Salento (Quindío), situado a una altitud de 1.800 m. utilizando plantas de la Variedad Castillo®, de aproximadamente 44 meses de siembra en

el campo. Se ha evaluado el producto Vivarus®, cuyos ingredientes activos son el fluxaproxad y el pyraclostrobin, aplicado al follaje, con el producto Cantus como testigo de referencia y un testigo absoluto sin alguna aplicación. El criterio para la aplicación de los tratamientos se realiza en función de las condiciones ambientales predominantes para esta zona, soportado en los registros históricos de precipitación. Para el año 2015 no se han tenido condiciones ambientales favorables para el avance de esta enfermedad.

Finalmente, para el manejo y estudio de la epidemiología de la gotera del café, también conocida como ojo de gallo, se desarrollaron actividades de seguimiento de la enfermedad y de control en las Estaciones Experimentales El Tambo (Cauca) y Pueblo Bello (Cesar). El seguimiento en los siete genotipos que componen la Variedad Castillo® El Tambo ha indicado comportamientos similares de susceptibilidad a la enfermedad. De otro lado, las pruebas de control químico sobre diferentes materiales genéticos que incluyen la variedad Caturra y cuatro genotipos componentes de la Variedad Castillo®, distribuidos en dos condiciones altitudinales, al sol y a la sombra, no han arrojado resultados debido a la ausencia de la enfermedad bajo esas condiciones, que incluyen la influencia fuerte del fenómeno de El Niño en esa región del Cauca y en el Cesar.

Evaluar estrategias de control de arvenses de interferencia en el cultivo del café dentro de un programa de manejo integrado

Especies vegetales utilizadas en la conservación de suelos, aguas y fauna benéfica en la zona cafetera colombiana. Con el fin de identificar especies de conservación de suelos, aguas y fauna benéfica en la caficultura colombiana, se recopiló información sobre especies vegetales. Dichas especies favorecerían la conservación del suelo, serían eficientes en el consumo y la conservación del agua e incentivarían la flora y fauna en los cafetales. En las investigaciones realizadas hasta la fecha se lograron identificar 21 especies vegetales viables para la conservación de suelos, 17 especies para la conservación de suelos y aguas, y 464 especies favorables para enriquecer la biodiversidad. De los 485 ejemplares se han identificado diez especies arbustivas y arbóreas (Tabla 29) que reúnen las características, bondades o beneficios multi-propósito que las hacen apropiadas para la conservación del suelo, el agua y la biodiversidad. Con este inventario se procederá a identificar otros ejemplares que reúnan características similares y que puedan ser incorporadas en los diferentes sistemas cafeteros de Colombia, mediante una propuesta experimental que pueda ser demostrada en el campo.

Tabla 29. Listado de especies vegetales favorables para la conservación de suelos, agua y biodiversidad.

Familia	Nombre científico	Nombre(s) común(es)
Acantacea	<i>Trichanthera gigantea</i>	Quiebrabarrigo-Nacedero
Mimosacea	<i>Inga</i> spp.	Guamo
Borraginacea	<i>Cordia alliodora</i>	Nogal de cafetales-Nogal
Bignoniacea	<i>Tabebuia</i> sp.	Guayacán
Fabacea	<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón
	<i>Arachis pintoii</i>	Maníforrajero
	<i>Desmodium adscendens</i>	Amor seco-Pega-pega
Oxalidacea	<i>Oxalis corniculata</i>	Trébol
Rubiacea	<i>Genipa americana</i> L.	Jagua
Rosacea	<i>Prunus integrifolia</i>	Trapiche

Realizar monitoreo de limitantes bióticos emergentes o ausentes en Colombia

Diagnósticos fitosanitarios de nuevas plagas del café en Colombia.

El cultivo de café en toda su etapa de desarrollo, es susceptible al ataque de plagas potenciales que afectan la productividad y pueden generar pérdidas económicas al productor. Como consecuencia de la apertura de la frontera agrícola en diferentes regiones del país y a la variabilidad climática, se presentaron consultas de parte del Servicio de Extensión y de los caficultores sobre registros de nuevas plagas del café en Colombia. Con el objetivo de realizar el diagnóstico fitosanitario se visitaron las fincas afectadas para identificar las especies y dar las recomendaciones de manejo. En el suroriente del departamento de Antioquia, en los municipios de Concordia, Salgar y Betulia, se presentaron ataques de una nueva especie de saltamontes para la ciencia perteneciente al género *Balachowskyacris* sp. (Orthoptera: Acrididae) (Figura 51), el cual causa daño al follaje y los frutos de café, consumiendo el exocarpo y la pulpa, dejando expuestas las almendras. Se halló un nematodo de la familia Mermithidae que parasita y regula las poblaciones de saltamontes. Igualmente, se están evaluando

diferentes cepas del hongo *Metarrhizium anisopliae* como alternativa al control químico. En el municipio de Palestina (Caldas) se presentaron brotes de gusano biringo *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae), en una resiembra de café de 8 meses de edad, en zona marginal baja, que causaron el anillamiento y muerte a 4.500 plántulas de café. En cultivos de café en inmediaciones del embalse del proyecto Hidroeléctrico El Quimbo, en la vereda Monserrate en el municipio de Garzón (Huila) se presentó el primer registro de daño ocasionado por murciélagos frugívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) en frutos maduros de café (Figura 52).

Éstos arrancan los frutos de café y consumen la pulpa, ocasionando el desgranamiento y caída de las almendras al suelo. De acuerdo a la evaluación de daño, esto representaría pérdidas económicas. En la vereda San Vicente, del municipio de La Plata (Huila) se presentó un nuevo registro de ataque de gusano barrenador de tallos, perteneciente a la familia Cossidae (Lepidoptera), el cual no había sido documentado en Colombia. Esta especie barrena los tallos de café en el tercio medio superior del tallo central, causando el debilitamiento de las plantas. Los tallos se quiebran por el sitio de entrada que realiza la larva.



Figura 51. Nueva especie de saltamontes del suroeste de Antioquia. [a] Adultos de *Balachowskyacris* sp. consumiendo frutos de café y [b] daño en frutos de café.



Figura 52. Primer registro de daño en frutos de café por murciélagos frugívoros. (a) Daño en frutos maduros y (b) frutos de café desgranados caídos en el suelo.

PPR 0600. Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades

Identificar genotipos promisorios más eficientes o tolerantes a factores abióticos

Establecimiento de una muestra representativa de la Colección Colombiana de Café. El análisis de variaciones genotípicas ha mostrado que la Colección Colombiana de Café (CCC), conformada por cerca de 1.100 accesiones del género *Coffea*, presenta subestructura de poblaciones con un número probable de 23 poblaciones ancestrales (K). Diferentes aproximaciones han sido utilizadas para conformar una colección núcleo, que contenga la mayor diversidad posible de la colección general. Variables genotípicas y fenotípicas se analizaron mediante métodos de maximización implementados en los programas MSTRAT y PowerCore. Los resultados obtenidos muestran que para las 472 accesiones

recolectadas en Etiopía, el tamaño óptimo de la colección núcleo está entre 228 y 171 accesiones, cuando se utilizan datos genotípicos. Es necesario terminar la fenotipificación de las accesiones Etíopes para determinar el número mínimo de plantas que contengan la mayor diversidad fenotípica, reflejo de la diversidad genética de la colección.

Con el propósito de seleccionar un subgrupo de accesiones de la Colección Colombiana de Café (CCC), que contenga una alta proporción de la diversidad genética de la colección en general, denominado “mini-core”, se utilizó la información genotípica resultante del análisis del polimorfismo de 49 microsatélites sobre 672 individuos de la colección de café. Treinta y dos microsatélites produjeron amplicones en una sola pseudomolécula, de la secuencia genómica de *C. canephora* mediante

PCR electrónica (e-PCR). Para la selección de los individuos de la “*mini-core*”, además de los datos genotípicos, se utilizó información de calidad de café en taza, química del grano (NIRS), tolerancia de las plantas a factores bióticos y abióticos, resultados de la evaluaciones fenotípicas de las mismas accesiones de la CCC conservadas en el CATIE (Costa Rica), entre otros caracteres de importancia agronómica.

A partir de los microsátélites mencionados se calculó la distancia genética simple pareada entre las muestras, o distancia genética general e implementada en el programa NTSYS. La matriz resultante se utilizó en el análisis de componentes principales utilizando el mismo programa (Figura

53) y en pruebas de agrupamiento Neighbor-Joining mediante el programa Mega 6. La “*core collection*” de 50 individuos, determinada por MSTAT, se utilizó como base para la selección de la “*mini-core*” al igual que los datos producidos por PowerCore. Cada uno de los individuos se ubicó en el dendrograma resultante del agrupamiento por Neighbor-Joining; accesiones promisorias por caracteres de importancia agronómica reemplazaron individuos seleccionados por los métodos de maximización, bajo el supuesto de que cada accesión dentro de un nodo, que muestra una estrecha distancia genética entre las muestras, pueda considerarse como representante de la variación genética de dicho nodo. Además, se seleccionaron accesiones dentro

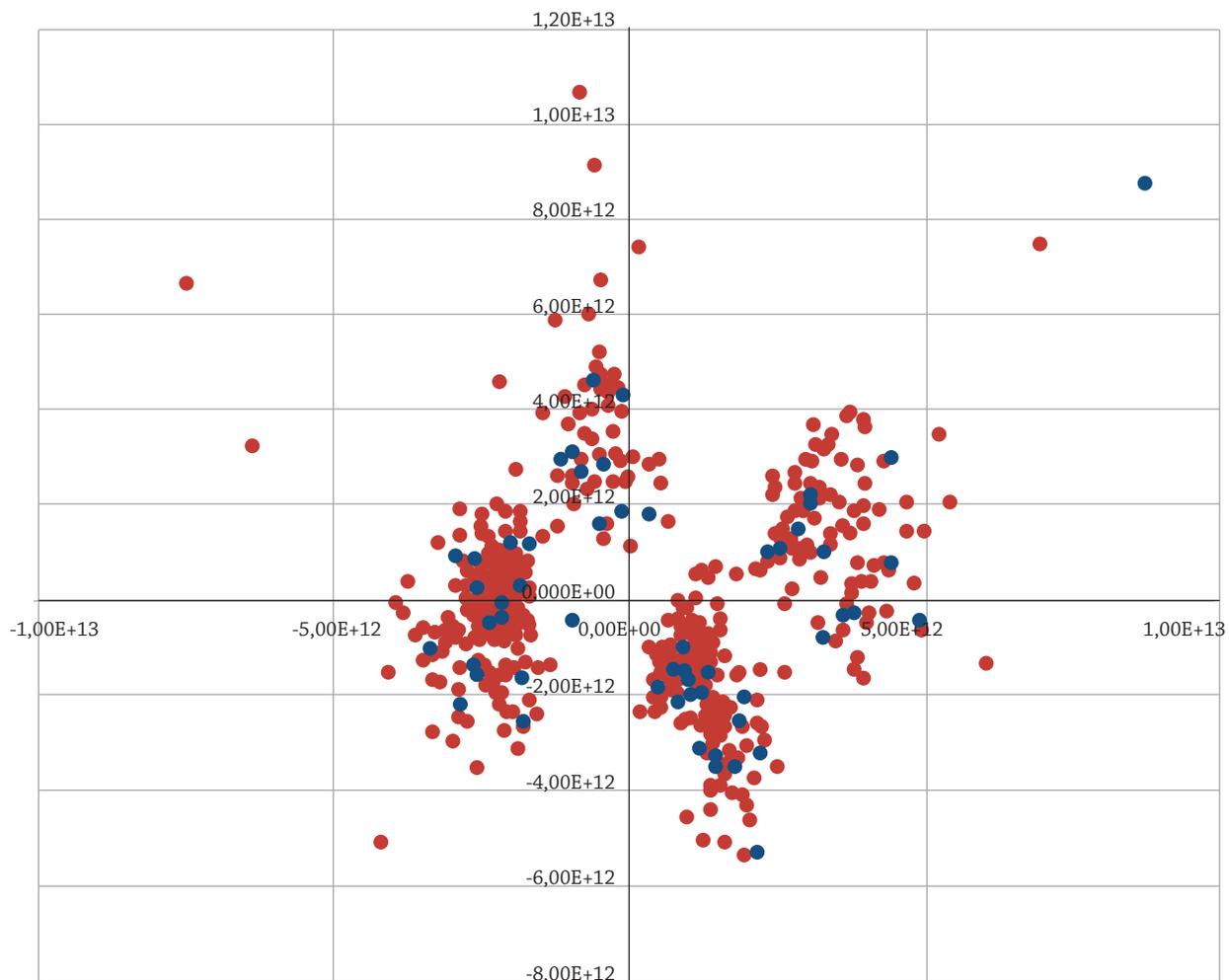


Figura 53. Análisis de agrupamiento por componentes principales de 671 accesiones de café genotipificadas. Los puntos rojos corresponden al total de muestras y los azules a las accesiones que conforman la colección “*mini-core*”.

de nodos no incluidos por MSTRAT y PowerCore, para un total de 56 accesiones, dos de ellas no genotipificadas. Las 54 accesiones genotipificadas que conforman la “mini-core” de café, agrupadas por el método de Neighbor-Joining, de acuerdo a la distancia genética pareada, se presenta en la Figura

54. La lista total de accesiones que conforman la “mini-core” se presentan en la Tabla 30, junto con algunas de sus características y criterios de selección como material representativo de la colección de café.

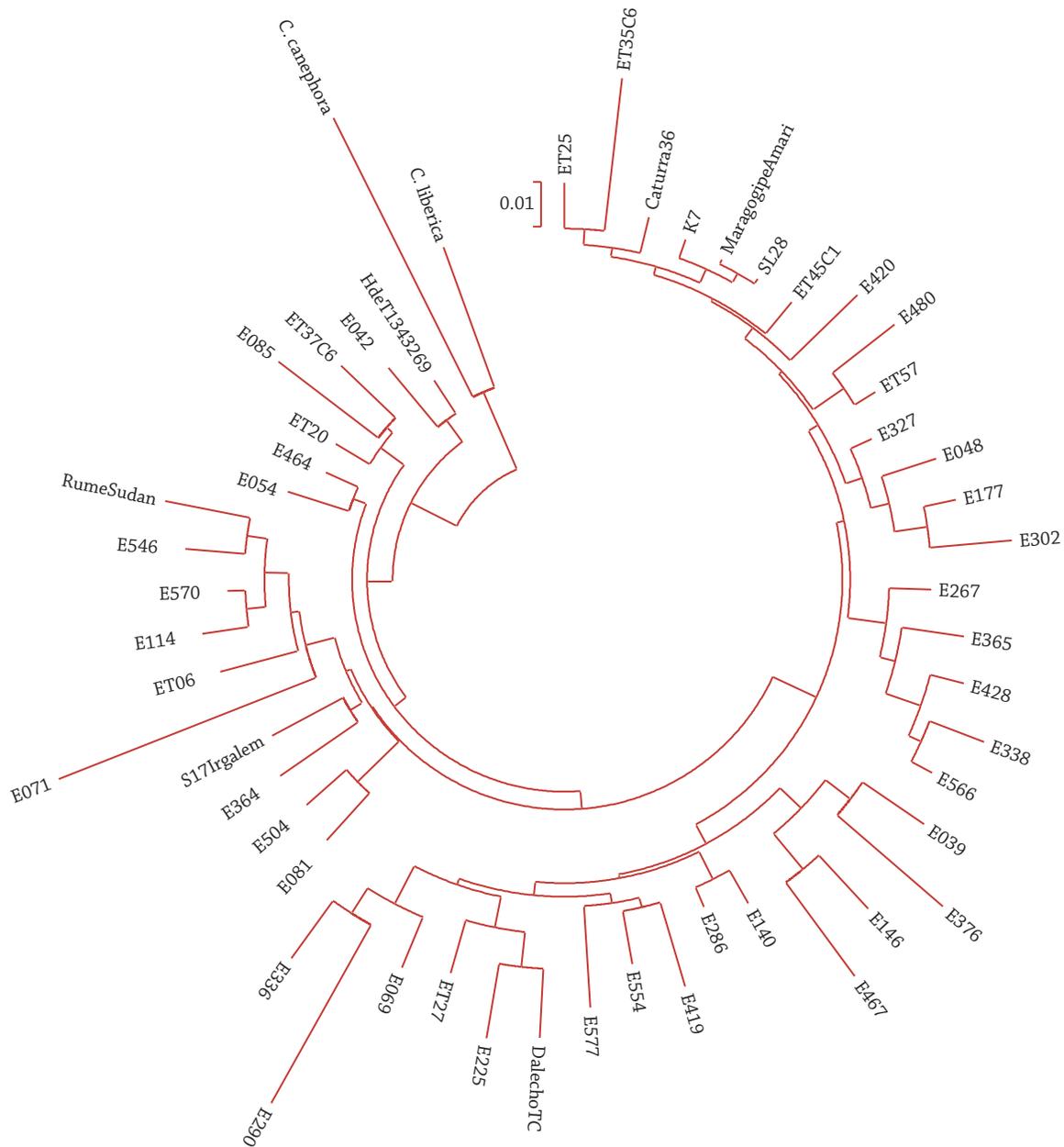


Figura 54. Agrupamiento de las accesiones de la “mini-core” de café mediante el método de Neighbor-Joining. Árbol óptimo a escala, de acuerdo a los valores de distancia genética pareada entre las muestras.

Tabla 30. Accesiones que conforman la "mini-core" de café.

Especie	Accesión	Origen		Criterio de selección
		País	Provincia	
<i>C. canephora</i>	Uganda	-		Neighbor-Joining
<i>C. liberica</i>	-	-		Neighbor-Joining
<i>C. arabica</i>	Caturra 36	-	-	Mapa genético, mapa físico, genoma, genes completos
<i>C. arabica</i>	ET910	-	-	Mapa genético, genes completos, resecuenciado [15X]
<i>C. arabica</i>	Dalecho Tipo C	-	-	Neighbor-Joining
<i>C. arabica</i>	E039	Etiopía	Kaffa	Calidad, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E042	Etiopía	Kaffa	Estrés hídrico
<i>C. arabica</i>	E048	Etiopía	Kaffa	Estrés hídrico
<i>C. arabica</i>	E054	Etiopía	Kaffa	CATIE; Floración
<i>C. arabica</i>	E057	Etiopía	Kaffa	Floración, híbridos
<i>C. arabica</i>	E069	Etiopía	Kaffa	Calidad
<i>C. arabica</i>	E071	Etiopía	Kaffa	MSTRAT, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E081	Etiopía	Kaffa	NIRS, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E085	Etiopía	Illubabor	Broca, MSTRAT, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E114	Etiopía	Kaffa	Calidad
<i>C. arabica</i>	E140	Etiopía	Kaffa	Producción [CATIE]
<i>C. arabica</i>	E146	Etiopía	Kaffa	Neighbor-Joining, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E177	Etiopía	Kaffa	Estrés hídrico
<i>C. arabica</i>	E225	Etiopía	Kaffa	Producción
<i>C. arabica</i>	E267	Etiopía	Kaffa	Producción
<i>C. arabica</i>	E286	Etiopía	Kaffa	Calidad
<i>C. arabica</i>	E290	Etiopía	Kaffa	NIRS, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E302	Etiopía	Kaffa	MSTRAT, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E327	Etiopía	Kaffa	Neighbor-Joining
<i>C. arabica</i>	E336	Etiopía	Kaffa	Floración, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E338	Etiopía	Kaffa	Neighbor-Joining, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E364	Etiopía	Illubabor	MSTRAT, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E365	Etiopía	Illubabor	Estrés hídrico
<i>C. arabica</i>	E376	Etiopía	Kaffa	MSTRAT, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E419	Etiopía	Kaffa	CATIE, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E420	Etiopía	Kaffa	Neighbor-Joining, PowerCore

Continúa...

...continuación

Especie	Adcesión	Origen		Criterio de selección
		País	Provincia	
<i>C. arabica</i>	E428	Etiopía	Illubabor	Calidad
<i>C. arabica</i>	E464	Etiopía	Illubabor	Neighbor-Joining
<i>C. arabica</i>	E467	Etiopía	Kaffa	MSTRAT, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E480	Etiopía	Kaffa	Estrés hídrico
<i>C. arabica</i>	E504	Etiopía	Kaffa	Producción, PowerCore, MSTRAT
<i>C. arabica</i>	E546	Etiopía	Kaffa	Calidad
<i>C. arabica</i>	E554	Etiopía	Kaffa	Broca, floración, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E566	Etiopía	Gojjam	Estrés hídrico
<i>C. arabica</i>	E570	Etiopía	Gojjam	Estrés hídrico, PowerCore
<i>C. arabica</i>	E577	Etiopía	Gojjam	CATIE, Sequía
<i>C. arabica</i>	ET06	Etiopía	-	Neighbor-Joining, PowerCore
<i>C. arabica</i>	ET20	Etiopía	-	Neighbor-Joining, PowerCore
<i>C. arabica</i>	ET25	Etiopía	-	CATIE
<i>C. arabica</i>	ET27	Etiopía	-	CATIE
<i>C. arabica</i>	ET35C6	Etiopía	-	Neighbor-Joining, PowerCore
<i>C. arabica</i>	ET37C6	Etiopía	-	MSTRAT, PowerCore
<i>C. arabica</i>	ET45C1	Etiopía	-	MSTRAT, PowerCore
<i>C. arabica</i>	ET57	Etiopía	-	CATIE, PowerCore
<i>C. arabica</i>	HdeT 1343/269	-	-	Neighbor-Joining
<i>C. arabica</i>	K7	Kenia	-	Neighbor-Joining
<i>C. arabica</i>	MaragogipeAmari	Brasil	-	Floración
<i>C. arabica</i>	RumeSudan	Kenia	-	Neighbor-Joining
<i>C. arabica</i>	S17Irgalem	Etiopía	-	Neighbor-Joining
<i>C. arabica</i>	SL28	Kenia	-	Neighbor-Joining

Caracterización de accesiones provenientes de Etiopía. Los resultados finales, correspondientes a un ciclo de producción (cuatro cosechas), para 300 accesiones silvestres de Etiopía sembradas en seis experimentos, en un diseño completamente al azar con ocho repeticiones, incluyendo en todos los experimentos a la variedad Típica y la especie *Coffea canephora* como testigos, muestran la gran variabilidad en producción, altura, porcentaje de café supremo y perfiles sensoriales presente en la Colección Colombiana de Café. Con relación a la producción, algunas accesiones presentan una producción similar o superior a *C. canephora* que

en promedio produjo entre 6,4 a 8,2 kg de café cereza por planta, en contraste con la variedad Típica con un promedio de 2,7 kg de café cereza por planta. Esta variabilidad representa el potencial del germoplasma para el desarrollo de variedades altamente productivas. Así mismo, existen accesiones con un porcentaje de café supremo similar a Típica con un promedio entre 60% a 71%, y diferente de *C. canephora* que presentó un promedio de 32,9%. Las accesiones Etiopes también se destacaron por sus atributos de calidad y son la fuente de variación para el desarrollo de nuevas variedades con diversos perfiles sensoriales.

Evaluación del germoplasma de café por eficiencia en el uso del nitrógeno.

Con el objetivo de determinar si existe variación dentro del germoplasma de café en términos de uso eficiente de nitrógeno, se evaluaron ocho genotipos (CU1812, BH1247, CU1825, CU1842, CU1970, CX2178, CX2385, CX2720) en cultivo hidropónico, utilizando tres concentraciones del nitrógeno contenido en la solución nutritiva de Hoagland y Arson, correspondientes a 1,6; 8,0 y 16,0 mM.

La eficiencia en la absorción es representada por el contenido total de la planta y la cantidad de nutriente suministrado. Los resultados muestran diferencias entre genotipos en cada una de las concentraciones suministradas. Se observa que a medida en que se aumentan las dosis de nitrógeno, en la planta disminuyen los valores en la eficiencia en la absorción (Figura 55). A una concentración de 1,6 mM los genotipos con mayor respuesta son el CU1812 y BH1247, mientras que los genotipos CU1970, CU1825 y CX2385 muestran valores muy similares. Para las concentraciones de 8,0 mM y 16,0 mM, los genotipos CX2720 y CU1825 presentan una respuesta mayor, comparadas con los genotipos CU1970 y CU1842 (Figura 55).

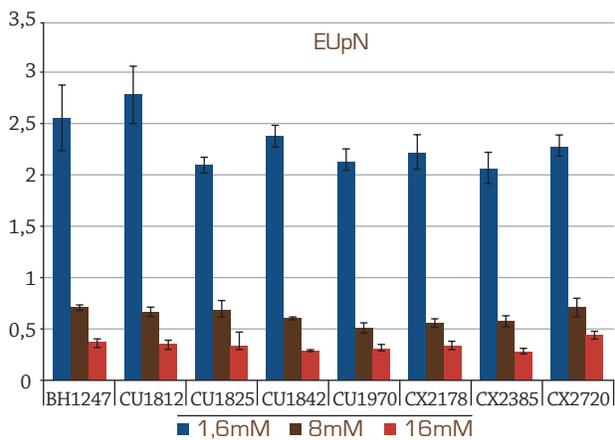


Figura 55. Eficiencia en la absorción o toma del nitrógeno por genotipo (EUpN) y dosis de N evaluada. Barras indican el error estándar.

Con respecto a la producción de materia seca de la planta y el contenido de nitrógeno total de la planta, denominado eficiencia en la utilización. Al igual que en la variable anterior se observan

diferencias estadísticas entre genotipos, en cada una de las concentraciones. Para la concentración menor, los genotipos BH1247, CU1970 y CX2720 muestran una mayor respuesta comparada con el CU1842 (Figura 56). Para la concentración intermedia el genotipo CX2178 es diferente al genotipo CX2385 y CX2720, y para la concentración mayor la mayor respuesta la tiene el genotipo CU1842 y una respuesta menor los genotipos CX2720 y CU1825. Al comparar las diferencias que hay de cada genotipo, a cada concentración, puede observarse que los genotipos CU1825, CX2178 y CX2720 muestran diferencias, y para los demás genotipos sólo se observan diferencias entre las dosis de 16,0 mM. Para las demás concentraciones su comportamiento es similar (Figura 56).

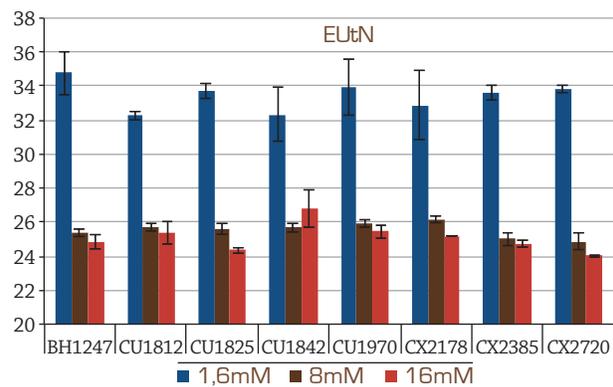


Figura 56. Eficiencia en la utilización del nitrógeno por genotipo y dosis de N evaluada. Barras indican el error estándar.

La eficiencia en el uso del nitrógeno se refiere a la cantidad de materia seca acumulada por la planta con relación al suministro de nitrógeno. En los resultados se observa que a la concentración mínima de N, los genotipos tienen una respuesta hasta de nueve veces mayor con respecto a las dosis más altas. Se observan diferencias estadísticas entre el genotipo CU1812 y BH1247, que tiene los valores más altos comparados con el genotipo CX2385 para la concentración de 1,6 mM; para la concentración de 8,0 mM genotipos como el CX2720 y CU1825 difieren del CU1970, y para la concentración de 16,0 mM el genotipo CX2720 es mayor que el genotipo CX2385 (Figura 57).

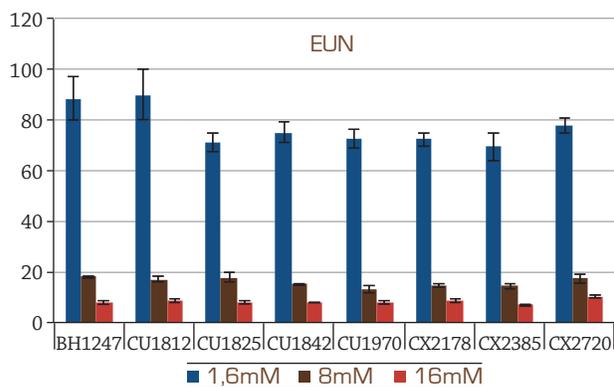


Figura 57. Uso eficiente del nitrógeno por genotipo y dosis de N evaluada. Barras indican el error estándar.

Estudio sobre la regulación del metabolismo involucrado en la asimilación del nitrógeno inorgánico en *C. arabica*. Este proyecto busca evaluar la acción del metabolito 2-Oxoglutarato (2-OG) sobre la regulación de: i) El complejo enzimático involucrado en el metabolismo de carbono y nitrógeno, y ii) La expresión del factor de transcripción *Dof* en hojas y raíces de plántulas de *C. arabica* Variedad Castillo®.

Se estudiaron cinco enzimas pertenecientes a dos grupos según su función: i) Las involucradas en la síntesis de aminoácidos simples: Glutamina Sintetasa (GS) y Glutamina 2-OG Amidotransferasa (GOGAT); y ii) Las relacionadas con metabolismo de ácidos orgánicos: Isocitrato Deshidrogenasa (ICDH), Fosfoenolpiruvato Carboxilasa (PEPC) y Hexoquinasa (HXQ).

Según los perfiles de actividad enzimática (Figura 58), las enzimas del primer grupo parecen tener mayor actividad en raíces tras la adición de 2-OG (principal sustrato para la síntesis de Glutamina y Glutamato) con nitrógeno en forma de amonio en la solución nutritiva. Durante la asimilación del nitrógeno se disminuye la síntesis de carbohidratos y más carbono es convertido por vía de la glicólisis a fosfoenolpiruvato, que entra al metabolismo de los ácidos orgánicos. El metabolismo de los ácidos orgánicos tiene como finalidad producir 2-OG, el cual actúa como aceptor primario del amonio. Las enzimas que llevan a cabo esta función presentaron una significativa disminución en su actividad, debido

probablemente a un proceso de retroalimentación negativa, generado por la presencia del 2-OG en el medio (Figura 58).

El factor de transcripción *Dof* se ha caracterizado en plantas por ser regulador de varios procesos, entre ellos, el del metabolismo de carbono y nitrógeno. Se ha demostrado que la expresión de este factor está asociada con un mejor desarrollo de plantas en condiciones limitantes de nitrógeno y con la diferenciación de genotipos con mejores características respecto al uso eficiente de este nutriente.

Previamente se identificaron las secuencias *Dof* de *C. arabica* que podrían estar involucradas en el proceso de interés. Con esta información se llevaron a cabo ensayos de expresión genética por medio de qRT-PCR. Se destaca la sobreexpresión del *Dof_Cc12730* respecto al control ($13,8 \pm 4,6$ y $9,5 \pm 3,3$) tras la inducción con 2-OG suministrado a la solución nutritiva con ambas fuentes de nitrógeno inorgánico (Figura 59).

Una de las réplicas de los montajes hidropónicos se utilizó para registrar a lo largo de 90 días variables de crecimiento y desarrollo de las plantas bajo el efecto de los tratamientos. Las plantas suplementadas con amonio y tratadas con 2-OG 5mM mostraron un crecimiento, representado en altura y biomasa total, igual a las plantas control (Figura 60). El ácido α -cetoglutarico (forma química en la que se aplicó el 2-OG) empezó a afectar el estado de las raíces de las plantas en los últimos días de la fase de evaluación, sin aparentes consecuencias sobre el crecimiento de las mismas. El antagonista N-acetilglucosamina provocó la marchitez y muerte de las plantas antes del día 60 de evaluación (Figura 60). Las plantas suplementadas con NH_4 tuvieron un mejor desempeño en cuanto a crecimiento que las de NO_3 .

Un lote del material sometido a tratamiento se empleó para determinar el porcentaje total de nitrógeno, carbono e hidrógeno, por medio de un análisis por combustión (Figura 61). No hubo evidencia de una diferencia de composición atribuible a los tratamientos.

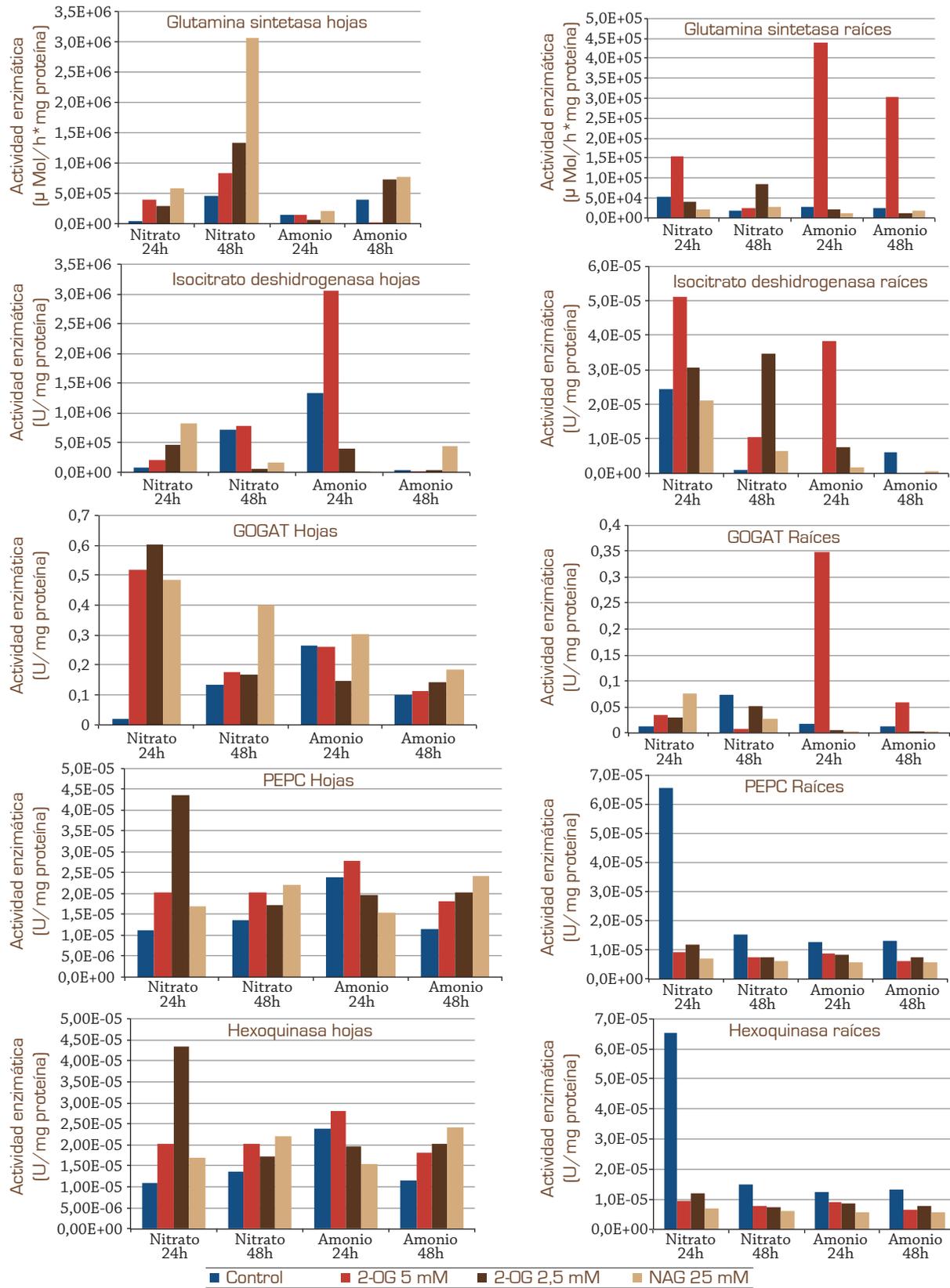


Figura 58. Actividad enzimática GS, ICDH, GOGAT, PEPC y HXQ en hojas y raíces. Los ensayos se realizaron con extractos proteicos de material recolectado 24h y 48h después de aplicados los tratamientos. Las plantas crecieron en sistemas hidropónicos, con dos fuentes de nitrógeno inorgánico: Amonio (NH4) y Nitrate (NO3).

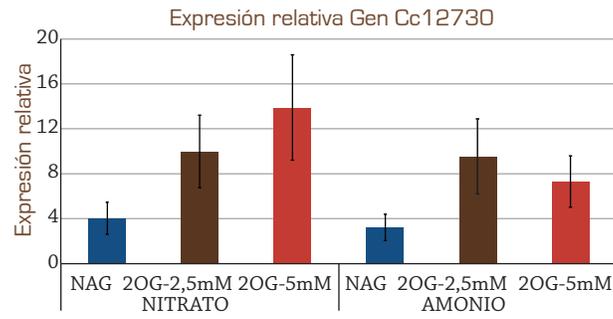


Figura 59. Perfil de Expresión gen Dof_Cc12730. Se muestran los valores de expresión relativa respecto al control, calculados con el método de la curva estándar relativa, y normalizados con el gen de referencia Gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH).

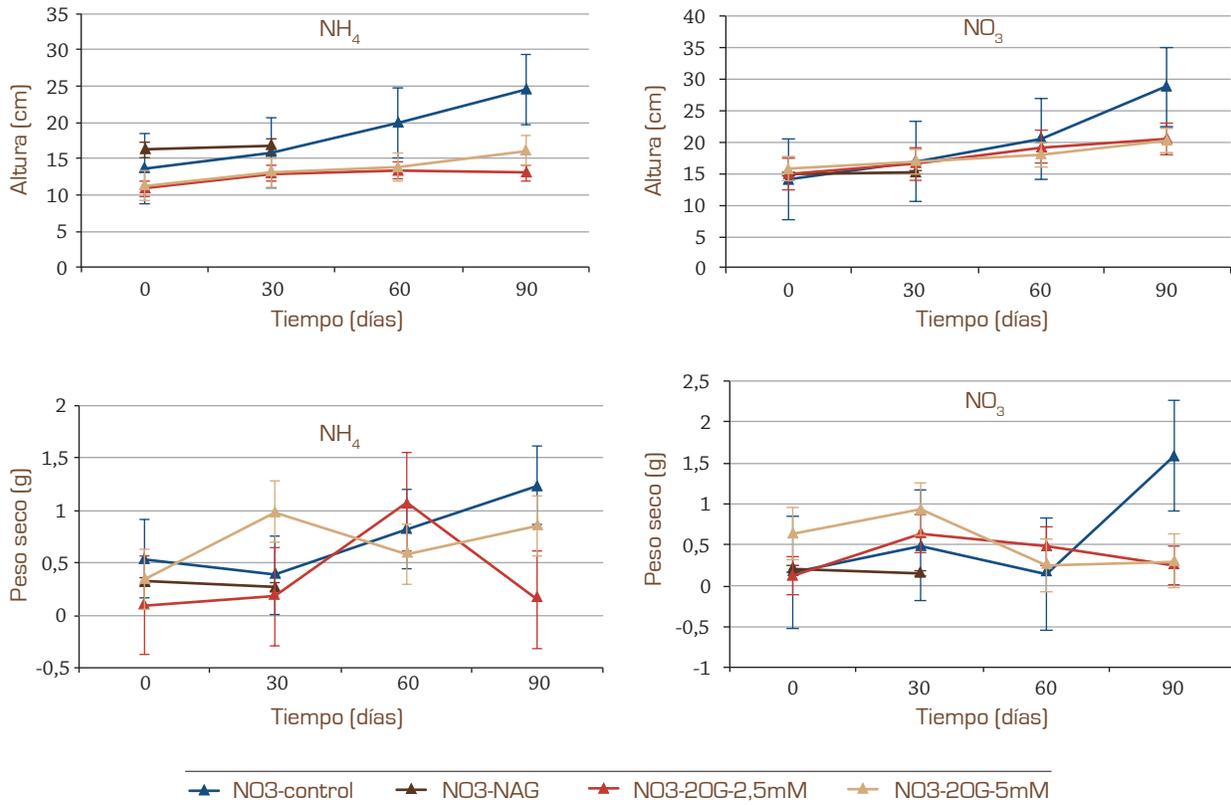


Figura 60. Cambio en el crecimiento de plantas a lo largo de 90 días de aplicación de tratamientos. La solución nutritiva limitada en nitrógeno (10 ppm) y suplementada con 2-OG y el antagonista NAG se renovó cada semana, a lo largo de 90 días. Cada 30 días se registraron datos de altura, peso fresco y se recolectaron individuos del montaje para la determinación de peso seco.

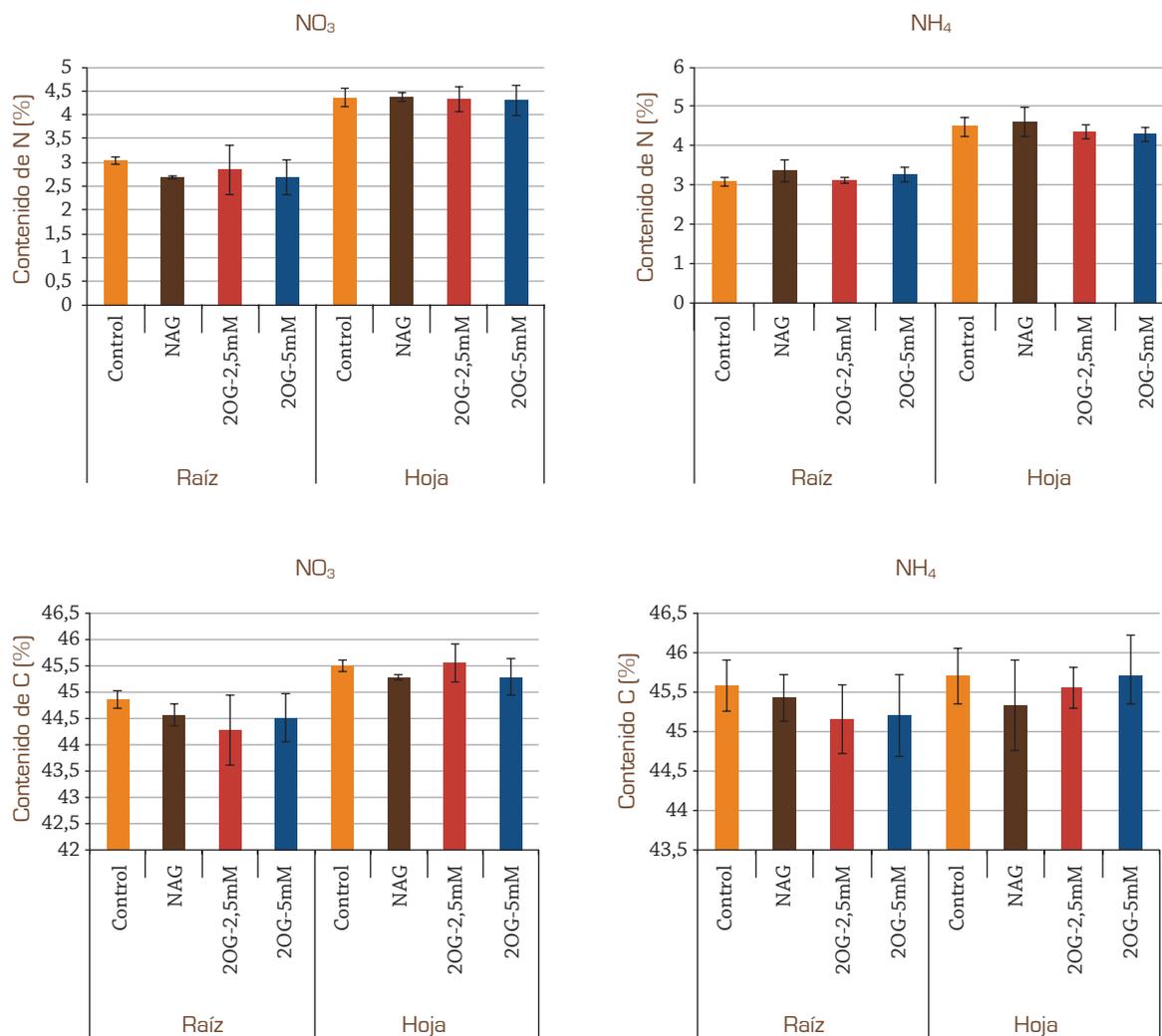


Figura 61. Porcentaje de nitrógeno y carbono en hojas y raíces.

Evaluación de variables morfoagronómicas y fisiológicas relacionadas con factores de rendimiento y uso eficiente de recursos en germoplasma de café

Estructura del dosel y coeficiente de extinción teórico en genotipos de *Coffea arabica* L.

La estructura del dosel tiene un marcado efecto sobre la intercepción de la radiación y la fotosíntesis de la planta, además de otros procesos, que en su conjunto son el resultado de la interacción planta-ambiente. El estudio se llevó a cabo en la Estación Central Naranjal, sobre 25 genotipos de *C. arabica*,

divididos en dos grupos: el primero con genotipos etíopes de porte alto (3,6 años) y el segundo con plantas de porte bajo (2,6 años).

Los 25 genotipos de *C. arabica* se clasificaron según tres conceptos de distribución foliar. La mayoría de los genotipos evaluados presentaron una distribución plagiófila, con la excepción de E054 y Maragogipe de distribución erectófila.

En la distribución esférica los elementos del área están inclinados como los de una esfera (sin una predominante dirección normal de la hoja), lo cual es deseable, porque la sombra emitida por una

esfera en un plano perpendicular a la dirección de un rayo no depende de su dirección, haciendo que los cálculos de interceptación sean simples. Bajo este modelo de distribución de la inclinación foliar, los genotipos de café CU1815, CX2197, CX2720 y CX2848 se clasificaron como doseles planófilos, E054 y Maragogipe como erectófilos y el resto de los genotipos como esféricos. Estudios previos reportaron que *C. arabica* var. Colombia presentó una distribución planófila; esta característica podría estar asociada con la adaptación de la planta cuando se expone directamente a la radiación solar como mecanismo de protección.

El parámetro x representa a la distribución elipsoidal de los ángulos foliares, la cual es la tasa entre los ejes verticales y los ejes horizontales, asumiendo una distribución elipsoidal. En particular la distribución esférica es una distribución elipsoidal con un $x=1$. En el presente trabajo los genotipos Bourbon, E039, E057, E070, E114, E286, E291, E318, E338, E464, E501, E510, E546, E554, Tabi y Típica, con un parámetro x entre 0,58 y 1,14, fueron clasificados como esféricos; E054 ($x=0,32$), E069 ($x=0,51$) y Maragogipe ($x=0,09$) se clasificaron como erectófilos, y E428, CU1815, CU1990, CX2197, CX2720 y CX2848 como planófilos, con valores de x mayores a 1,9. Solo para los genotipos E428 y CU1990 la clasificación no fue concordante con la realizada mediante el parámetro x , al pasar de esféricos a planófilos, respectivamente.

Evidencia experimental ha demostrado en muchas especies vegetales que las distribuciones de tipo planófila están más asociadas a doseles de porte bajo, indicando que el coeficiente de extinción de la luz cambia a través del dosel. En este contexto, todos los genotipos del grupo 2 tienen un porte bajo y fueron clasificados como planófilos bajo los criterios de la distribución elipsoidal.

Campbell, derivó una ecuación para obtener el coeficiente de extinción (K) bajo la asunción que la distribución angular del área de la hoja en un dosel es representada mediante el parámetro x . Los K_{dir} teóricos para los genotipos caracterizados como esféricos y planófilos según los criterios de Campbell y Norman tienen valores entre 0,69 a 0,92 y de K_{dif} entre 0,55 a 0,74. En contraste, los

genotipos erectófilos presentaron menores valores de K_{dir} (entre 0,63 a 0,66) y de K_{dif} (entre 0,50 a 0,53). La tasa de absorción de energía debida al follaje o K , tiende a ser mayor en especies de hoja ancha y con ángulos foliares relativamente horizontales (K entre 0,6 y 0,9) y a presentar menores valores en especies de hojas pequeñas y con ángulos foliares erectos (K entre 0,3 y 0,5). Al calcular el K_{dir} y el K_{dif} para *C. arabica* var. Colombia (planófila) mediante el método de Ross, obtuvieron valores de 0,931 y 0,833, respectivamente. Estos valores son cercanos a los reportados para el Grupo 2, de distribución planófila (CU1815, CX2197, CX2720 y CX2848) según la calificación de Goudriaan.

En Tabla 31 se observa que solo el genotipo E017 fue clasificado como erectófilo, de acuerdo con la distribución de ángulos de inclinación de las ramas, mientras que para el resto de genotipos evaluados fue planófilo. El ángulo de inserción de las ramas influencia la arquitectura del dosel, el traslape entre ramas y hojas vecinas, y la distribución de la radiación al interior del mismo. Estudios previos sugieren que plantas con una arquitectura planófila son más productivas que las erectófilas.

En conclusión, de los 25 genotipos evaluados en la presente investigación, los de porte alto presentaron en su mayoría una distribución de los ángulos foliares del tipo plagiófila según la metodología de De Wit, pero fueron del tipo esférica con las clasificaciones de Goudriaan y Campbell y Norman. E054 y Maragogipe presentaron una distribución foliar del tipo erectófila en todos los métodos evaluados. En el caso de los genotipos de porte bajo la distribución predominante fue la planófila, según las clasificaciones de Goudriaan y la de Campbell y Norman. El parámetro x varió entre 0,09 y 2,21 para los genotipos de porte alto (erectófilos y esféricos) y entre 1,90 y 3,98 para los de porte bajo (planófilos). Los K_{dir} teóricos derivados del parámetro x por la ecuación de Campbell oscilaron entre 0,63 a 0,83 para el grupo de porte alto, mientras que en el porte bajo mostraron valores entre 0,84 a 0,93. En cuanto al ángulo de inclinación de las ramas, éste se caracterizó por ser predominantemente planófilo, tanto en los genotipos de porte alto como en los de porte bajo, siendo la única excepción el genotipo E070 con una inclinación erectófila.

Tabla 31. Distribución de los ángulos de inclinación en ramas de acuerdo con Orozco (1977) para 25 genotipos de *C. arabica* L.

Genotipo	Ángulo medio de ramas [°]	Frecuencias observadas para ángulos de ramas		Distribución Orozco (1977)
		0-45°	46-90°	
GRUPO 1 (porte alto)				
Bourbon	63,3	0,00	1,00	Planófila
E039	51,8	0,26	0,74	Planófila
E054	62,7	0,00	1,00	Planófila
E057	51,2	0,26	0,74	Planófila
E069	53,6	0,19	0,81	Planófila
E070	54,8	0,67	0,33	Erectófila
E114	55,4	0,15	0,85	Planófila
E286	53,4	0,15	0,85	Planófila
E291	51,7	0,19	0,81	Planófila
E318	59,4	0,07	0,93	Planófila
E338	47,3	0,37	0,63	Planófila
E428	56,9	0,00	1,00	Planófila
E464	58,1	0,00	1,00	Planófila
E501	51,2	0,22	0,78	Planófila
E510	56,9	0,11	0,89	Planófila
E546	52,4	0,15	0,85	Planófila
E554	48,8	0,33	0,67	Planófila
Maragogipe	73,9	0,00	1,00	Planófila
Tabi	61,1	0,00	1,00	Planófila
Tipica	68,4	0,00	1,00	Planófila
GRUPO 2 (porte bajo)				
CU1815	54,9	0,00	1,00	Planófila
CU1990	65,0	0,00	1,00	Planófila
CX2197	55,0	0,13	0,87	Planófila
CX2720	50,7	0,08	0,92	Planófila
CX2848	47,6	0,29	0,71	Planófila

Evaluación de genotipos de alta, media y baja producción en dos etapas de desarrollo en relación con su actividad fotosintética. En árboles como el café, la carga de granos tiene un gran efecto sobre la producción y la partición de la materia seca. Se ha demostrado que la presencia

de granos de café incrementa la ganancia total de materia seca en las ramas y se ha especulado que los granos estimulan la fotosíntesis neta de la hoja (A_n). Estudios previos sugieren que hay un incremento en la A_n cuando se incrementa la carga de frutos en los árboles de café, llegando incluso a exceder hasta tres

veces la A_n presente en ramas sin frutos. Lo anterior señala la importancia y fuerza de estos vertederos sobre la competición por carbohidratos en café.

La caracterización de materiales etíopes de la CCC demostró que existe una amplia variabilidad para producción, y que estos materiales pueden ser clasificados en tres grupos contrastantes (alta, media y baja producción). De cada uno de estos grupos se seleccionó un genotipo, así para el grupo de alta producción se seleccionó el E267, para el de media el E144 y para el de baja el E186. Posteriormente, se seleccionaron tres árboles de los genotipos anteriormente mencionados, en las etapas fenológicas de crecimiento vegetativo (previa a la primera floración) y de producción. Por cada árbol y estado fenológico, se evaluaron los índices de intercambio gaseoso: tasa de asimilación neta (A_n), conductancia estomática (g_s), transpiración foliar (E), uso eficiente del agua (WUE) y concentración interna de CO_2 (C_i) a una irradianza constante de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de un flujo de fotones fotosintéticamente activos (PPFD). Así mismo, se registraron las A_n producidas por distintos PPFD (0, 300, 600, 900, 1.200 , $1.500 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$), con el fin de obtener las curvas de respuesta a la luz (A/Q). En ambos casos, las mediciones se realizaron con un analizador portátil de fotosíntesis por radiación infrarroja (Infra Red Gas Analyser – IRGA, modelo CIRAS-3, PP Systems) manteniendo constante la concentración de CO_2 (380 ppm de CO_2), sobre el cuarto par de hojas sanas de la zona central del árbol, en días soleados, a partir de las 7 a.m. hasta las 10 a.m. de la mañana.

Las curvas de respuesta a la luz (A/Q) describen el comportamiento fotosintético de las hojas, según el modelo hiperbólico no rectangular propuesto por Marshall y Biscoe. En cada curva se estimaron los parámetros: tasa de asimilación bruta de CO_2 saturada por la luz (A_{max} ; $\mu\text{mol } CO_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$), tasa de respiración oscura durante el día (R_d ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), producción cuántica aparente (ϕ) y el factor de convexidad de la curva (Θ), mediante una regresión no lineal de mínimos cuadrados. Los parámetros de punto de compensación lumínica (LCPT) y de punto de saturación lumínica (LSP), se derivaron de la ecuación de hiperbólica no rectangular. Con los datos de la irradianza a 1.200

$\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ se realizaron análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

En la Tabla 32, se aprecia que las variables g_s , E , C_i y la WUE en la etapa vegetativa no presentaron diferencias estadísticas entre genotipos, contrario a lo observado en la fase productiva, donde estos parámetros sí presentaron diferencias. Estas diferencias en el comportamiento fotosintético a nivel de hoja, además de las encontradas para A_n en las dos etapas fenológicas, no mostraron una asociación directa con la producción histórica. Sin embargo, el genotipo E186 de menor producción, obtuvo los más mayores valores de A_n en las etapas evaluadas. Para la etapa productiva, los valores medios de las variables A_n , g_s , E , WUE y C_i fueron mayores en 47,2%, 66,5%, 41,5%, 10,5% y 11,8%, respectivamente, en relación a los valores obtenidos en la etapa vegetativa, para los mismos genotipos en el mismo tiempo y bajo condiciones ambientales similares.

El parámetro ϕ es la pendiente inicial en la hipérbola no rectangular y muestra que durante la etapa vegetativa es menor la eficiencia con la cual la luz se adsorbe y posteriormente se convierte en carbono fijado (0,02 – 0,03), respecto a la etapa productiva (0,03 – 0,04) (Tabla 32; Figura 62). La transición en la curva de la parte limitada por la luz (de aumento lineal) a la parte saturada por la luz (donde A_n es constante) es más abrupta cuando el valor de Θ tiende a ser 1, lo cual se observa en las curvas de la etapa vegetativa (Tabla 32; Figura 62). En general, el LSP fue menor en la fase vegetativa ($182 - 375 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$) que en la productiva ($884 - 610 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para los genotipos E114 y E186, pero el genotipo E267 fue relativamente similar en ambas fases (Tabla 32; Figura 62). Los estudios de la respuesta de la fotosíntesis a la PPFD concluyen que la máxima asimilación neta de CO_2 se alcanza cerca de los $600 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Las A_{max} alcanzadas durante la etapa productiva fueron casi el doble de las registradas durante la etapa vegetativa (Tabla 32; Figura 62). Bajo el LCPT ($A_n=0$) hay insuficiente luz para compensar la pérdida de carbono respirado debido a la fotorespiración y a la respiración oscura, en la etapa vegetativa se registraron las menores LCPT

(Tabla 32). Por último, la respiración oscura no presentó diferencias sustanciales entre los estados fenológicos contemplados (Tabla 32; Figura 62).

Estos resultados sugieren que la actividad fotosintética de las hojas aumenta durante la etapa reproductiva, lo cual posiblemente se deba a la alta necesidad de carbohidratos requeridos por los frutos, puesto que las evaluaciones se han realizado en un solo tiempo y bajo condiciones ambientales similares.

Evaluación fisiológica de genotipos de la Colección Colombiana de Café. Los resultados corresponden a un análisis de tipo descriptivo, donde se incluyen los 26 materiales evaluados en diferentes épocas. Se realizó un análisis sobre seis materiales a los que se les registró fotosíntesis, al respecto, se presenta el resultado de algunas correlaciones con otras variables y las curvas de respuesta fotosintética de estos materiales frente a variaciones en la radiación fotosintéticamente activa. En cuanto a la lectura del contenido relativo de clorofila (SPAD), se observa que es posible diferenciar genotipos independientemente de la época de evaluación. Los resultados muestran que

los materiales Etiópes E554, E046 y Tabi tienen valores altos en contenido de clorofila, alrededor de 72, y los genotipos E501, E070, Bourbon valores bajos, aproximadamente de 65 (Figura 63).

Al evaluar los promedios de los cinco materiales evaluados, se concluye que el comportamiento de los genotipos se mantuvo en relación a las evaluaciones reportadas en el 2014, para los materiales Etiópes (Figura 64).

En el caso de los genotipos pertenecientes a la Variedad Castillo®, las diferencias no son apreciables, pero sí se observa que los valores medios en general, para los genotipos del lote 2010-1 (etiopes y otros), son menores a los correspondientes a la Variedad Castillo®. Lo que demuestra que existen variaciones en el contenido de clorofila entre materiales.

Al realizar un análisis de comparaciones múltiples entre variables relacionadas con el intercambio gaseoso, para dos épocas de evaluación, se encontró que P_n (tasa de asimilación neta), E (transpiración), g_s (conductancia estomática), producción, tasa de diámetro/día, tasa de altura de la planta, Spad en el estrato medio y NDVI (índice normalizado

Tabla 32. Parámetros estimados por la regresión no lineal del modelo hiperbólico no rectangular y comportamiento fotosintético de tres genotipos de *C. arabica* L. en dos estados fenológicos diferentes.

Genotipo	A_{max}	Rd	LCPT	LSP	ϕ	θ	R^2	An^*	g_s^*	E^*	WUE*	C_i^*					
	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$			-	-	-	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$\mu\text{mol CO}_2 \mu\text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$						
Estado Vegetativo																	
E144	6,1	1,4	41	182	0,03	0,94	0,96	4,7	B	75	A	1,8	A	2,7	A	261	A
E186	9,5	1,6	71	375	0,02	0,96	0,99	7,9	A	115	A	2,5	A	3,2	A	255	A
E267	7,4	1,3	74	460	0,02	0,90	0,75	6,1	AB	79	A	2,0	A	3,1	A	242	A
Media								6,2		90		1,6		3,0		253	
Estado Productivo																	
E144	14,5	1,8	53	884	0,04	0,47	0,99	10,2	B	319	A	4,4	A	2,3	B	312	A
E186	17,1	1,3	39	610	0,03	0,82	0,99	14,2	A	311	A	3,9	AB	3,7	A	286	B
E267	12,7	1,0	28	455	0,04	0,77	0,86	10,9	B	174	B	2,7	B	4,1	A	260	C
Media								11,8		268		2,8		3,4		286	

*: Valores a una irradiancia constante de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de PPFD.

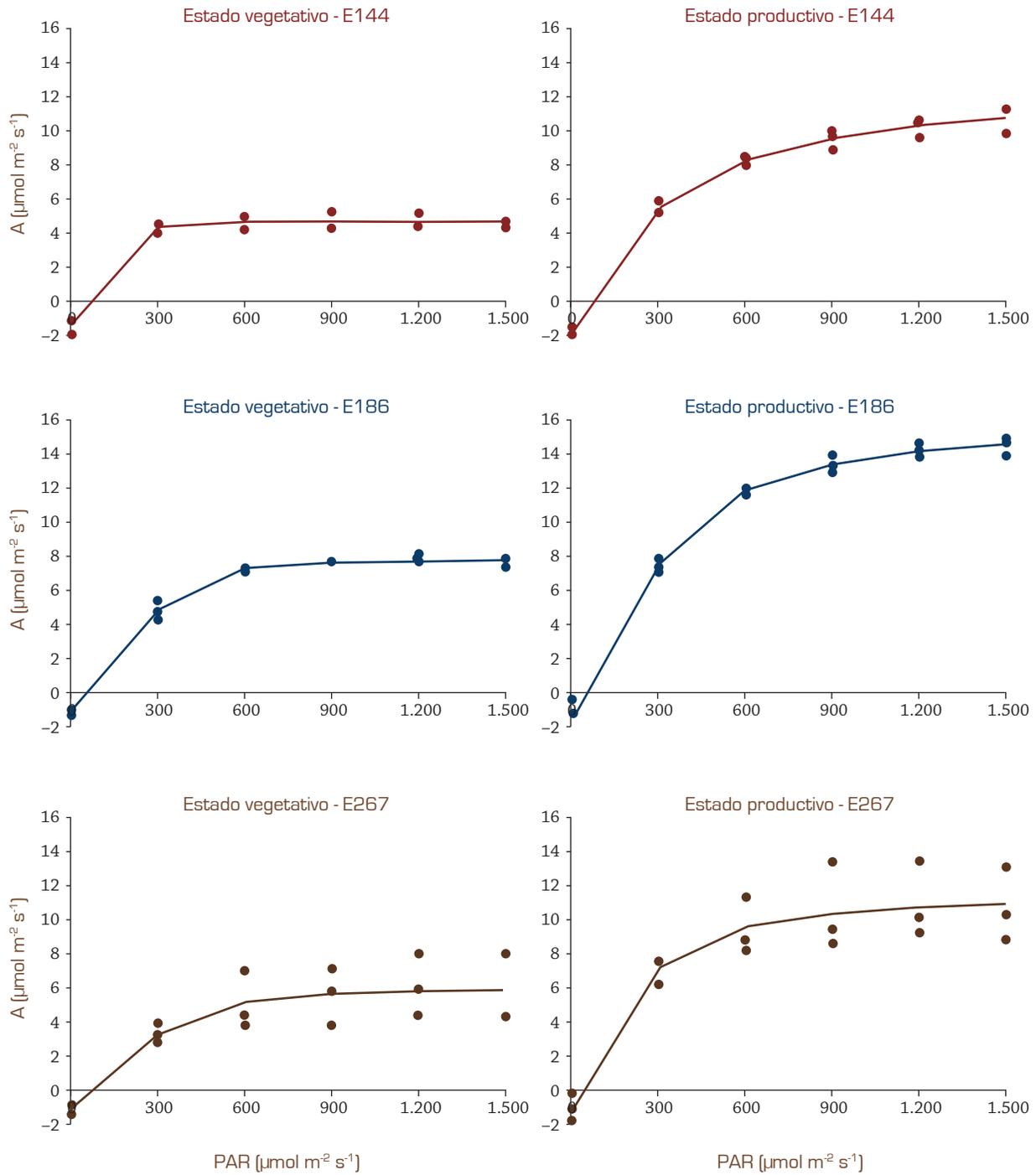


Figura 62. Curvas de respuesta a la luz (A/Q) de acuerdo con el modelo hiperbólico no rectangular. Los puntos abiertos representan las mediciones realizadas y la línea punteada el patrón de los valores estimados por el modelo.

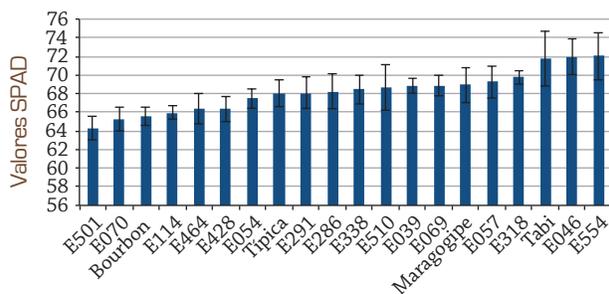


Figura 63. Lecturas del contenido relativo de clorofila (Spad), promedio por genotipo etíope evaluado. Barras indican error estándar.

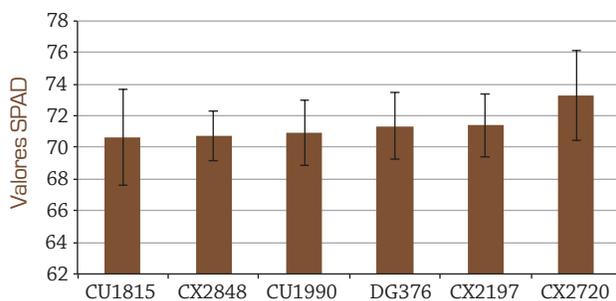


Figura 64. Lecturas del contenido de clorofila (Spad), promedio por línea componente de la Variedad Castillo® (CU1815, CX2848, CU1990, CX2197, CX2720) e híbrido evaluado [DG376]. Barras indican error estándar.

de vegetación), presentaron interacción entre genotipo x época, esto sugiere que cada uno de los genotipos evaluados exhiben un comportamiento diferente en cuanto a las variables mencionadas, que depende de la condición ambiental en la cual se realizaron las mediciones. En los datos registrados de P_n , por ejemplo, se observa que el genotipo E466 es el de mayor valor, y a su vez diferente de Maragopipe quien obtuvo el menor valor en esta variable; sin embargo, en la segunda evaluación, este último genotipo es el de mayor P_n pese a que no se presentaron diferencias estadísticas con los demás materiales (Tabla 33). Un comportamiento similar se observó para las variables de E y g_s .

De manera general, puede apreciarse que existe una relación entre las tasas de fotosíntesis, las mediciones de Spad y el estado de desarrollo

del árbol. En agosto de 2013, los genotipos se encontraban en llenado de frutos, presentando los mayores valores de fotosíntesis y Spad, comparados con los mismos genotipos en marzo de 2014. Lo anterior sugiere que en plantas de café se presentan incrementos de las tasas fotosintéticas y valores Spad cuando las plantas se encuentran fase reproductiva (Tabla 33).

En muchas especies vegetales, el estado fenológico de la planta se relaciona con la dinámica de partición de asimilados, en plantas con estados fenológicos asociados a las fases reproductivas pueden presentarse variaciones en las tasas fotosintéticas, en respuesta a la demanda de algunos órganos, como la formación de frutos. En la Estación Central Naranjal se determinaron las curvas de asimilación de carbono en respuesta a variaciones en la luz (0, 300, 600, 900, 1.200, 1.500 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en cinco genotipos etíopes y una línea componente de la Variedad Castillo®, con el fin de determinar algunos parámetros como tasa de asimilación bruta de CO_2 saturada por la luz (A_{max} ; $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$), tasa de respiración oscura durante el día (R_d ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), producción cuántica aparente (ϕ), factor de convexidad de la curva (Θ), parámetros de punto de compensación lumínica (LCPT) y de punto de saturación lumínica (LSP) (Tabla 34).

Los materiales evaluados presentan valores de ϕ que fluctúan entre 0,025 y 0,040. Esto indica que hay materiales que presentan mayor rendimiento cuántico como Típica y CU1990, esto se traduce en un mayor número de electrones generados, que se aprovechan en la fotosíntesis por cada fotón de luz que es absorbido en las hojas. Lo anterior, quiere decir que hay materiales que son más eficientes en transformar la energía lumínica en energía química; sin embargo, para que una planta sea eficiente no solo se necesita tener altos valores de ϕ . El valor de Θ representa la convexidad de la curva de respuesta de fotosíntesis a la luz, puede tomar valores entre 0 y 1, a mayor valor indica que una vez se ha alcanzado el mayor incremento lineal, el paso a una estabilización es más abrupto, lo cual se aprecia en rangos más cortos para alcanzar la saturación lumínica. En la Tabla 34 se observa que

los materiales E464 y Maragogipe presentan valores cercanos a 1, indicando que el rango de luz que satura la respuesta en fotosíntesis es muy pequeño.

Se calcularon los valores de A_{max} para los materiales evaluados, se encontró que algunos de ellos como CU1990 y E428, tienen mayor capacidad para asimilar altas cantidades de carbono cuando son sometidos a cantidades de luz elevadas,

adicionalmente presentan puntos de saturación lumínica altos.

Referente al LCPT, se sabe que éste indica la cantidad de luz que la hoja requiere para que el balance entre asimilación y respiración sea igual a cero. Típica presentó el menor punto de compensación, por lo tanto, requiere menor cantidad de luz para iniciar a acumular carbono. Por su parte, entre los materiales

Tabla 33. Comportamiento de fotosíntesis neta (P_n), Spad y producción en dos épocas del año.

Época	Genotipo	Pn ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$)				Spad				Producción (g)				
Etapa fenológica predominantemente reproductiva														
ago-13	E464	4,4068	a			61,4557	a	b	c	8,716,63	a	b		
	E114	3,4389	ab			69,6237	a	b	c	1,401,70	a			
	Típica	3,3172	a	b	c	75,5565	a	b		4,251,43		b	c	
	E286	3,2514	a	b	c	69,2728	a	b	c	4,127,32		b	c	
	E428	3,1837	a	b	c	70,6097	a	b	c	4,527,98		b	c	
	Maragogipe	2,6401		b	c	d	76,0107	a			3,376,22		b	c
Etapa fenológica predominantemente vegetativa														
mar-14	Maragogipe	2,4697		b	c	d	59,3078		b	c	2,343,03		b	c
	Típica	2,3801		b	c	d	62,0767	a	b	c	2,177,55		b	c
	E428	1,8631			c	d	65,4041	a	b	c	3,945,99		b	c
	E464	1,8113			c	d	61,6281	a	b	c	469,78			c
	E286	1,3599				d	60,9739	a	b	c	3,197,54		b	c
	E114	1,1947				d	54,2746			c	1,485,84		b	c

Tabla 34. Parámetros calculados para las curvas fotosíntesis en respuesta a variaciones de luz.

Genotipo	A_{max}	Rd	LCPT	LSP	ϕ	θ	R^2
	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$				-	-	-
E286	8,585	1,066	44,431	488,143	0,025	0,775	0,983
E428	11,218	1,331	47,954	819,151	0,030	0,499	0,979
E464	10,839	1,098	46,421	404,119	0,024	0,959	0,953
Maragogipe	4,372	1,133	58,068	474,817	0,020	0,990	0,967
Típica	8,489	1,277	33,436	491,416	0,040	0,686	0,991
CU1990	12,625	1,967	51,412	567,521	0,041	0,646	0,968

evaluados, Maragogipe es el que tiene mayores requerimientos de luz para iniciar la acumulación de carbono.

El punto de saturación lumínica hace referencia a la cantidad de luz que logra saturar la hoja y, por

lo tanto, la respuesta en fotosíntesis se estabiliza. El material E428 presenta un valor elevado de LSP por encima de los demás. En este sentido, es posible que este material manifieste una amplia tolerancia a altas radiaciones en lo referente a asimilación de carbono (Figura 65).

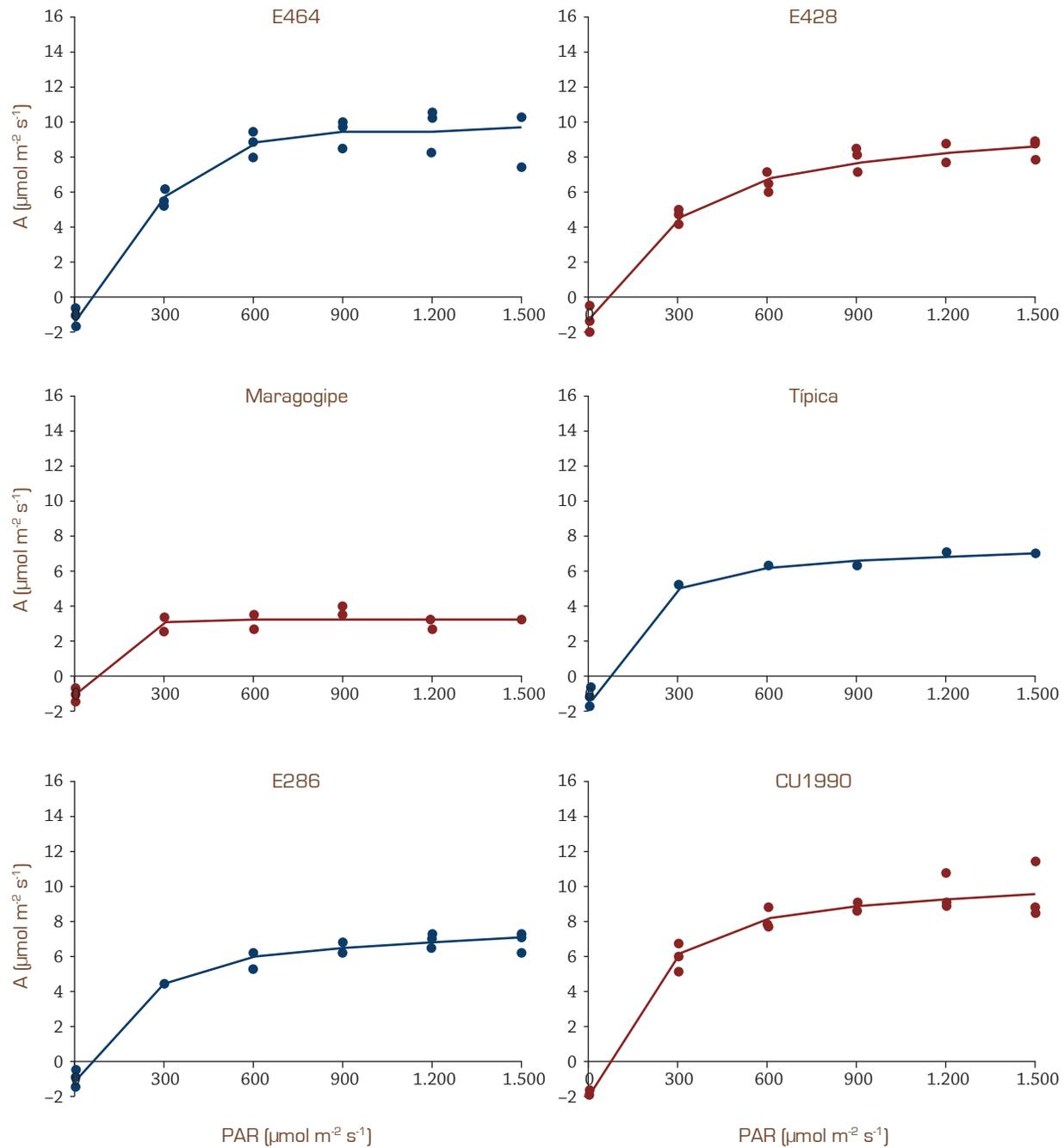


Figura 65. Respuesta de la fotosíntesis en función de la intensidad lumínica para seis materiales genéticos diferentes.

En la evaluación fisiológica de germoplasma se registran muchas variables. Actualmente, se trabaja con el ánimo de buscar correlaciones entre ellas, de forma tal que puedan suprimirse algunas variables que resulten ser inferidas por la lectura de otras. Sobre la temperatura del dosel de la planta, en otros cultivos se conoce que está altamente asociada a variables como el rendimiento y la producción. En los análisis parciales no se presentan correlaciones entre esta variable y la producción de café. Es pertinente recordar que en el caso de este cultivo, se presentan estados fisiológicos que se traslapan a lo largo del ciclo productivo de la planta, por lo tanto, es complejo determinar asociaciones a nivel de temperatura en un momento puntual, con una fase específica como lo es la producción. Se planea realizar otras comparaciones con variables que están fisiológicamente relacionadas como son el contenido relativo de agua y la transpiración, entre otras.

Correlación de variables fisiológicas con imágenes espectrales para la caracterización y selección de materiales promisorios. Se llevó a cabo la estandarización de la metodología para realizar el análisis espectral de hojas verdes de café en el equipo de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS Near Infrared Spectroscopy), con el objetivo de usar los resultados como una posible extensión a los sensores remotos o imágenes espectrales. Para ello, se tomaron cuatro hojas del estrato superior, dos del medio y una del inferior de cada planta. Para la primera lectura en el equipo NIRS FOSS XDS, las hojas fueron aclimatadas durante una hora a temperatura ambiente. Se realizaron cinco lecturas para cada tipo de hoja. Todas las lecturas fueron tomadas por la haz de la hoja. Se tomaron cinco espectros de reflectancia entre 300 y 2.468 nm, tomando la información por medio de 32 escaneos en 1.050 puntos de la longitud de onda, es decir cada 2 nm.

En los tres tipos de hojas (estrato alto, medio e inferior) se encontraron los mismos picos de absorbancia. La metodología demostró tener repetibilidad espectral sólo hasta 2 días después de tomadas las hojas del árbol. Se concluye que por medio del análisis espectral de diferentes tipos de hojas verdes de café, utilizando el método de

reflectancia y el software WiISI 4.0, es posible establecer el espectro característico de las hojas verdes de café (Figura 66). Así mismo, se confirmó que con la metodología utilizada es posible obtener los picos necesarios para realizar futuras ecuaciones de predicción de compuestos de interés en las hojas verdes de café.

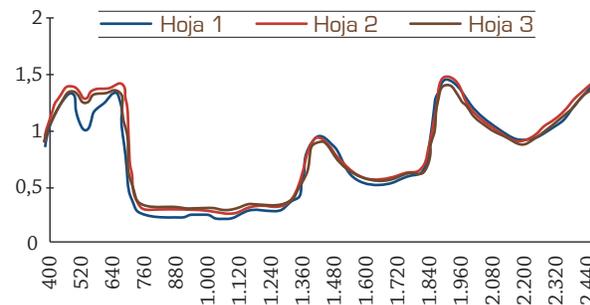


Figura 66. Espectro característico encontrado por medio de espectroscopia de infrarrojo cercano en hojas verdes de café provenientes del estrato superior, medio e inferior de la planta.

Adicionalmente, con el objetivo de establecer la huella espectral de diferentes genotipos de café, se evaluaron hojas de 11 líneas componentes de la Variedad Castillo®, las variedades Colombia, Caturra y Costa Rica95, así como *C. liberica* y *C. canephora* establecidos en la Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas). Se seleccionaron tres árboles por genotipo, y de cada árbol se tomaron entre tres y cuatro hojas. Se realizaron tres lecturas para cada muestra. El número de espectros y cobertura fue igual que el descrito para la determinación del espectro en hojas verdes.

Se encontró un porcentaje de clasificación general de 100%, lo que demostró la eficacia de la técnica para discriminar genotipos a partir de sus huellas espectrales (Figura 67). Sin embargo, deben realizarse más análisis con segmentos del espectro que sean similares a los que se encuentran en las cámaras a utilizar en el campo, con el fin de determinar el segmento único de clasificación que permita la creación de una aplicación útil para el caficultor, con el fin de poder identificar en el campo de manera rápida y confiable el material establecido.

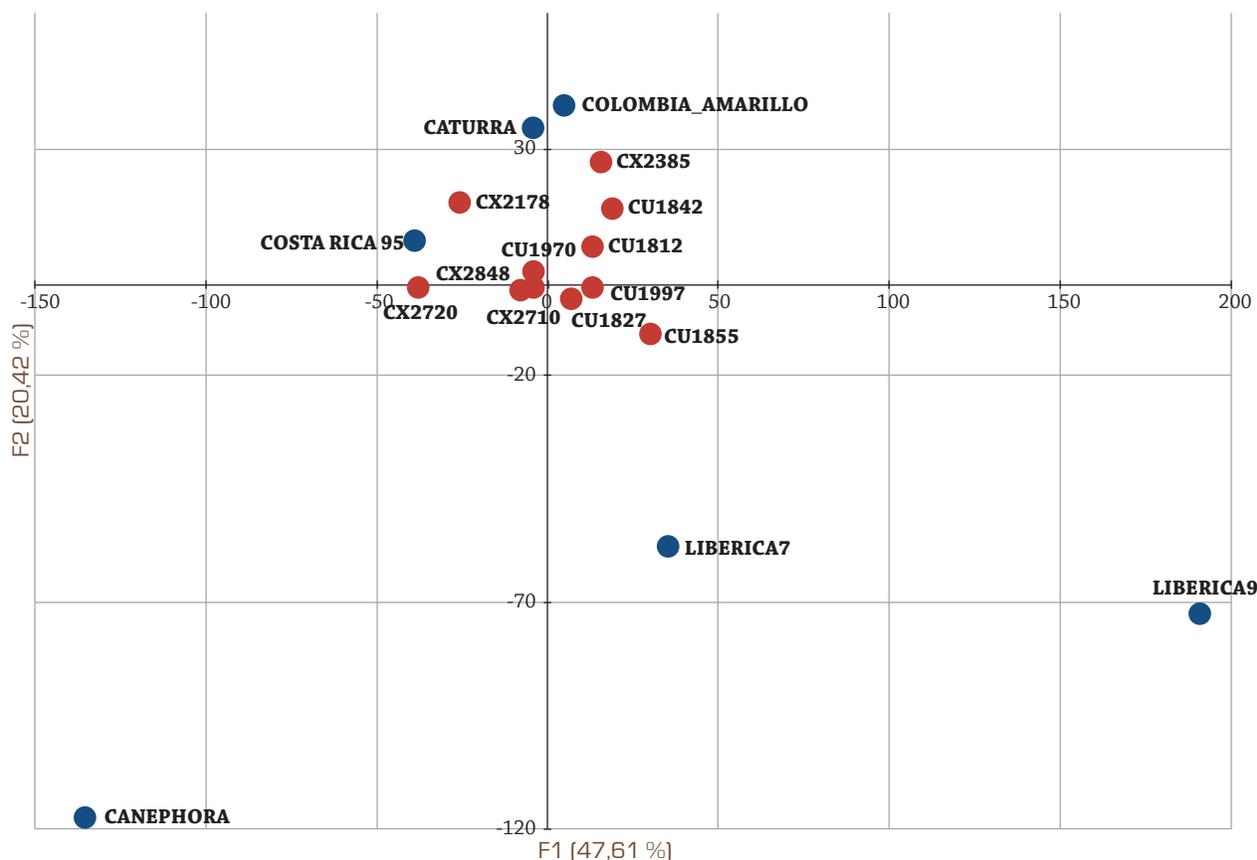


Figura 67. Representación gráfica del análisis discriminante realizado con la información espectral de las hojas de café, de 17 genotipos [dos factores explican el 68,03% de la variación de los datos].

Determinación de la capacidad embriogénica y generación *in vitro* de plantas de materiales híbridos, productos de los cruzamientos de tres líneas *C. arabica* Variedad Castillo® x diez líneas de *C. arabica* Etiópes. Con el propósito de determinar la capacidad embriogénica y regenerar embriones y plántulas a partir de materiales híbridos de 2 años de edad, producto de los cruzamientos de tres líneas *C. arabica* Variedad Castillo® x diez líneas *C. arabica* Etiópes, sembrados en la Estación Central Naranjal, se han realizado siembra de explantes de hojas de estos cruzamientos durante los años 2013-2014 y 2015. Todas las líneas se sembrarán hasta tres veces, en tiempos diferentes, con el fin de determinar si el material presenta capacidad embriogénica.

Hasta el momento los resultados muestran que los materiales provenientes de las plantas madre CX2848 (población 3) muestran una

mayor capacidad de regeneración, ya que de estos cruzamientos se sembraron ocho líneas diferentes, de las cuales regeneraron todas, además los materiales regeneraron rápidamente, y en cuatro de las ocho líneas, se tienen más de 100 plantas; en total, se tienen 725 plantas. Le sigue en capacidad de regeneración la líneas producto de los cruzamientos con la madre CX2385 (población 2), se sembraron 17 plantas diferentes y han regenerado 14 (82% de regeneración), en una de las líneas ya se cuenta con las 100 plantas. En total, de estos cruzamientos se tienen 393 plantas. Con respecto a la población 1, correspondiente a los materiales provenientes de las plantas madre CU1842, de 15 plantas sembradas han regenerado diez (66 % de regeneración), de estos cruzamientos se tienen 280 plantas.

Se continuará evaluando y subcultivando el material hasta obtener al menos 100 plantas de cada cruzamiento que muestre regeneración;

luego, las plantas serán llevadas a invernadero y posteriormente al campo, para evaluar su desempeño agronómico y características de calidad.

Identificar genotipos más resistentes o tolerantes a factores bióticos

Evaluación en el campo de materiales que expresan genes de quitinasas por resistencia a plagas y enfermedades. Luego de la aprobación por parte del ICA en el 2014 para transferir el material de plantas de café de condición de invernadero a condiciones controladas en el campo, las plantas fueron trasplantadas a un lote en la Estación Central Naranjal, que cumplía con las condiciones de aislamiento requeridas (Figura 68). El lote de 150 m x 29 m, contiene: 143 plantas *C. arabica* BI 626 exoquitinasas, correspondientes a 15 líneas diferentes, y cada línea cuenta con 8-10 plantas; 102 plantas *C. arabica* BI 626 endoquitinasas, que contienen 13 líneas con 5 a 10 plantas por línea; 72 plantas *C. arabica* BI; 625 controles no transformadas, obtenidas por cultivo *in vitro*; y 70 plantas *C. arabica* var. Caturra.

Las plantas fueron fertilizadas dos veces en el año y en todo el grupo se registraron dos fechas de floración principal: en la última semana de enero y

a mediados de marzo. Desde su trasplante se inició la toma de los datos agronómicos relacionados con altura y número de cruces. Luego de la formación de frutos se tomaron los datos de número de frutos totales, porcentajes de infestación por broca en tres épocas diferentes (abril, julio y septiembre) y porcentaje de infección por roya en dos épocas diferentes (abril y julio). Los frutos maduros (Figura 69) se están recolectando y se están registrando los datos del tamaño promedio de granos por línea, el porcentaje de infestación de broca y la población de brocas al interior de los frutos. Una vez terminada la toma de información después de la cosecha, se analizará en conjunto para identificar diferencias a nivel de las líneas. Los resultados preliminares muestran que aunque existe una alta variación entre las plantas de una misma línea y entre líneas, se han identificado líneas con menor infestación de broca, con respecto a las líneas control, se tienen líneas con promedios de infestación de broca menores al 2% (exo 277, endo 8 y endo 76). Adicionalmente, otras líneas han presentado, en promedio, menor infección de roya (exo 279, exo 15, exo 277, exo 388 y endo 88). Además, se evidenciaron en las plantas exoquitinasas un mayor tamaño grano con respecto a los controles, debido a esto se están tomando muestras para determinar su peso y producción.



Figura 68. Estado del lote luego de la siembra de todos los materiales.



Figura 69. Estado de las plantas en septiembre de 2015. (a) Planta Línea EX015 y (b) EXO 279 con buenas características.

Caracterizar desde el punto de vista químico y sensorial genotipos con perfiles promisorios de calidad y propiedades nutraceuticas

Project premium quality-driven variety selection between Nestec & FNC – Cenicafé.

Durante el presente año se continuó con la evaluación del potencial de los híbridos de café desarrollados por Nestlé e identificados con la sigla GPFA, los cuales se encuentran establecidos en ocho localidades cafeteras del país. Genotipos de la Variedad Castillo®, Tabi e híbrido de Tímor, fueron establecidos en el mismo experimento a modo de control, y para efectos de identificación en el presente informe se denominarán NO GPFA.

A las muestras recolectadas en el campo y enviadas a Cenicafé, se les realizaron los análisis químico y espectral por medio de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS Near Infrared Spectroscopy), con

el objetivo de evaluar la calidad de las mismas, en cuanto al contenido 15 compuestos químicos y ocho minerales del grano de café verde. La cafeína, la sacarosa y los lípidos totales, fueron analizados debido a que son relevantes a la hora de evaluar la calidad del café, en donde actualmente se demandan niveles de cafeína inferiores al 0,9%, sacarosa superiores a 8,5% y lípidos superiores a 17%, con los cuales pueden obtenerse tazas con bajo sabor amargo, alto dulzor y alta permanencia de sabor, respectivamente. Los resultados encontrados en estos compuestos evidencian las diferencias entre genotipos GPFA y NO GPFA sembrados en las mismas localidades, siendo evidente que en la localidad El Tambo presentan las amplitudes más altas al comparar los dos tipos de materiales evaluados (Tabla 35).

Con la información espectral obtenida en la longitud de onda entre 1.100 a 2.500 nm, se realizó un análisis de componentes principales

(ACP), en donde los tres primeros componentes explicaron el 91,66% de la variación de los datos. Con las puntuaciones obtenidas del ACP, se realizó un análisis discriminante teniendo en cuenta la localidad de siembra y el tipo de material. En este análisis 2 factores explicaron el 52,11% de la variación de los datos (Figura 70) y se observó una clasificación general del 79,37%. Por medio de estos análisis fue posible observar que las diferencias encontradas en la composición química, se correlacionan con el comportamiento espectral, en donde es posible detectar una distancia superior entre los materiales GPFA y NO GPFA de El Tambo, Pueblo Bello y Gigante. Adicionalmente, es de resaltar que es evidente la respuesta de los materiales al ambiente, ya que se observan las tendencias de los puntos al tener en cuenta esta variable.

Obtención de perfiles sensoriales promisorios.

A partir de los materiales establecidos en el experimento MEG1502 se desarrollaron actividades de evaluación en taza por parte de dos paneles de catación, uno conformado por catadores

Q Grader certificados del Comité del Valle de Cauca y por la empresa Manantiales del Frontino. Las evaluaciones fueron realizadas siguiendo los protocolos de evaluación sensorial descritos por la Speciality Coffee of America (SCAA). Las muestras evaluadas correspondieron a las localidades de El Tambo y Naranjal, las muestras fueron tomadas durante la cosecha principal del año 2014. En el presente informe se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas por el panel de Comité del Valle.

Para la localidad de Naranjal se obtuvieron diferencias altamente significativas para las variables sensoriales sabor, sabor residual, acidez, balance, *overall* y puntaje final, no se obtuvieron diferencias significativas para la variable cuerpo (Tabla 36). Los valores de coeficientes de variación fueron bajos, los cuales permitieron que las evaluaciones sensoriales tuvieron buena repetibilidad por parte de los catadores y de las muestras.

En términos promedio, las variables presentaron promedio superiores a 7,41 puntos en una escala de

Tabla 35. Valores de los compuestos Cafeína, Sacarosa y Lípidos totales presentes en muestras de café verde (Prueba de Tuckey).

Categoría	Cafeína [%]		Sacarosa [%]		Lípidos [%]	
Consacá_GPFA	1,252	A	5,350	GH	15,060	BC
Consacá_NO_GPFA	1,305	A	5,370	GH	14,300	CD
Gigante_GPFA	1,157	C	5,058	H	16,382	A
Gigante_NO_GPFA	1,252	A	5,438	G	14,853	C
Naranjal_GPFA	1,089	D	6,048	BC	14,261	CD
Naranjal_NO_GPFA	1,071	D	6,234	ABC	14,319	CD
Pueblo Bello_GPFA	1,179	BC	5,443	FG	14,399	CD
Pueblo_Bello_NO_GPFA	1,257	A	5,902	CDE	12,972	FG
El Rosario_GPFA	1,096	D	6,015	C	14,231	D
El Rosario_NO_GPFA	1,188	B	6,432	A	12,752	G
La Sirena_GPFA	1,092	D	5,723	EF	14,789	C
La Sirena_NO_GPFA	1,194	B	6,007	CD	13,943	DE
El Tambo_GPFA	1,150	C	5,766	DE	15,523	B
El Tambo_NO_GPFA	1,208	B	6,302	AB	13,429	EF

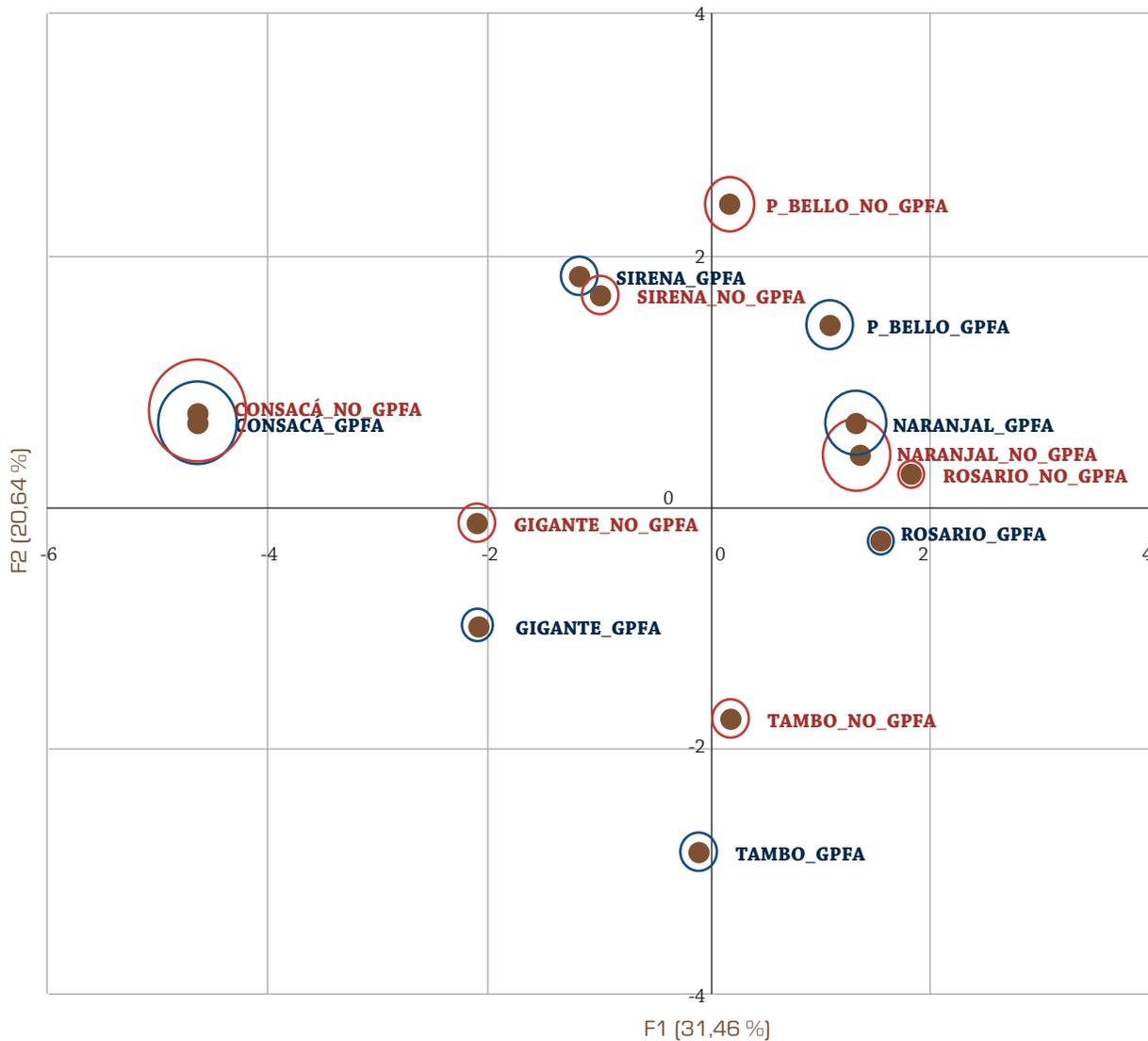


Figura 70. Representación gráfica del análisis discriminante [centroides] realizado con la información espectral

10,00 y el Score final promedio fue de 82,84 puntos, los cuales significan que clasifican en la escala de cafés especiales de la SCAA.

La localidad de El Tambo presentó diferencias altamente significativas para las variables fragancia-aroma, sabor residual, acidez, *overall* y puntaje final, y significativas para balance; mientras que la variable cuerpo no presentó diferencias significativas. Los coeficientes de variación para los

materiales fueron bajos (inferiores al 6,16%, lo que confirma la repetibilidad del panel y de las muestras (Tabla 37).

La prueba de comparación de Duncan (p -value < 0,05) mostró diferencias significativas, para la variable fragancia-aroma del tratamiento 8, y de igual forma para la variable sabor. El tratamiento 13 fue aquel con menor desempeño para ambas variables.

Tabla 36. Caracterización sensorial global en la localidad Naranjal.

Variable	Media cuadrados	F	Pr > F	R2	CV	Root MSE	Promedio
Fragancia-Aroma	0,32	1,68	0,05	0,23	5,75	0,44	7,63
Sabor	0,48	2,74	0,00	0,32	5,50	0,42	7,59
Sabor residual	0,43	3,55	<,0001	0,38	4,71	0,35	7,41
Acidez	0,33	2,13	0,01	0,27	5,18	0,39	7,60
Cuerpo	0,22	1,11	0,36	0,16	5,90	0,45	7,57
Balance	0,37	2,05	0,01	0,26	5,65	0,42	7,51
Overall	0,63	3,28	<,0001	0,36	5,77	0,44	7,57
Puntaje Total	17,93	3,12	<,0001	0,35	2,89	2,40	82,84

Tabla 37. Caracterización sensorial global en la localidad de El Tambo.

Variable	Media cuadrados	F	Pr > F	R2	CV	Root MSE	Promedio
Fragancia-Aroma	0,41	2,68	0,00	0,37	5,05	0,39	7,73
Sabor	0,34	1,74	0,06	0,28	5,81	0,44	7,65
Sabor residual	0,37	2,94	0,00	0,40	4,77	0,35	7,43
Acidez	0,45	2,21	0,01	0,33	5,93	0,45	7,63
Cuerpo	0,28	1,44	0,15	0,25	5,81	0,44	7,59
Balance	0,29	2,08	0,02	0,32	4,90	0,37	7,57
Overall	0,55	2,51	0,00	0,36	6,16	0,47	7,63
Puntaje Total	16,56	2,73	0,00	0,38	2,96	2,46	83,23

En cuanto a la variable sabor residual, acidez y cuerpo, de nuevo el tratamiento 8 se desempeña de forma adecuada en la localidad de Naranjal; adicionalmente, se destacaron los tratamientos 2 y 3. Las variables sensoriales son altamente correlacionadas con el puntaje final; se destacan para esta variable los tratamientos 8 con un promedio de 86,46, el tratamiento 2 con 85,75 y el tratamiento 19 con 84,50 puntos, estos materiales superaron la categoría de cafés excepcionales.

En la localidad de El Tambo, los tratamientos que se destacaron en los atributos fueron el 1, 8, 10, 11, 13 y 16, con puntajes superiores a 84 puntos. El tratamiento 8 mostró un puntaje de 88,3 siendo éste el más alto, al ser los mejores en los atributos

de fragancia-aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, Overall y puntaje final.

El tratamiento 8 se comportó bien en las dos localidades, por lo cual se convierte en candidato para ser establecido en diferentes localidades, el resto de tratamientos (1, 2, 10, 11, 13, 16 y 19) presentan interacción fenotipo por ambiente, lo cual conlleva a establecerlo en localidades con condiciones particulares para que desarrollen su potencial de calidad en taza.

En los últimos años, se han implementado esquemas de producción y comercialización con variedades “exclusivas” que poseen pocos productores, especialmente aquellos denominados “varietales”,

en donde el uso de variedades como Geisha, Maragogipe, Laurina, Bourbon amarillo y rojo, Típica, Caturra y/o procesados mediante esquemas donde cambian el tiempo de fermentación, el tiempo de secado, e incluso en la implementación de esquemas de cafés naturales y los denominados *honey*; es así como los tratamientos, 1, 2, 8, 10, 11, 13, 16 y 19 pueden ser objeto de implementación por estos productores mediante esquemas de investigación en finca, de manera que permita diversificar el perfil desde el punto de vista genético.

Obtener variedades de café resistentes o tolerantes a factores bióticos

Desarrollo y evaluación de poblaciones con genes de resistencia a la roya derivados de *C. liberica*. La existencia de razas compatibles de la roya sobre las líneas que componen la Variedad Castillo®, indica la necesidad permanente de introducir nuevos genes de resistencia a las variedades cultivadas. Mediante el uso del marcador molecular SSRBA12K se evaluaron dos poblaciones F1 y F2, provenientes de cruzamientos de líneas de la Variedad Castillo® con materiales arabizados de *Coffea liberica* (S795, S288 y BA2), que contienen el gen SH3 de resistencia a la roya (Figura 71). Inoculaciones en el laboratorio e

invernadero con uredosporas de roya (*Hemileia vastatrix*) mostraron resistencia completa a las razas actualmente presentes en los materiales de la Variedad Castillo®, aunque todavía con valores altos de segregación. La correspondencia entre las pruebas de campo y laboratorio demuestran que puede realizarse una selección asistida con marcadores moleculares (SAM) para el gen SH3, y también sugieren la presencia de la menos un gen adicional de resistencia al gen SH3 en los parentales que provienen de *C. liberica*.

Evaluación de poblaciones desarrolladas a partir de híbridos interespecíficos. Uno de los recursos genéticos más valiosos del género *Coffea* que tiene Cenicafe son las introducciones de especies diploides, especialmente *Coffea canephora*, las cuales por sus buenas características agronómicas, especialmente de resistencia a enfermedades, pueden ser utilizadas para la transferencia de caracteres deseables a las variedades cultivadas de *C. arabica* mediante hibridación interespecífica. Entre las introducciones de esta especie se encuentran las selecciones de la serie BP, las cuales son de excelentes características agronómicas, buena fertilidad y resistentes a la roya del cafeto. En la disciplina de Mejoramiento Genético la hibridación interespecífica utiliza el retrocruzamiento a la

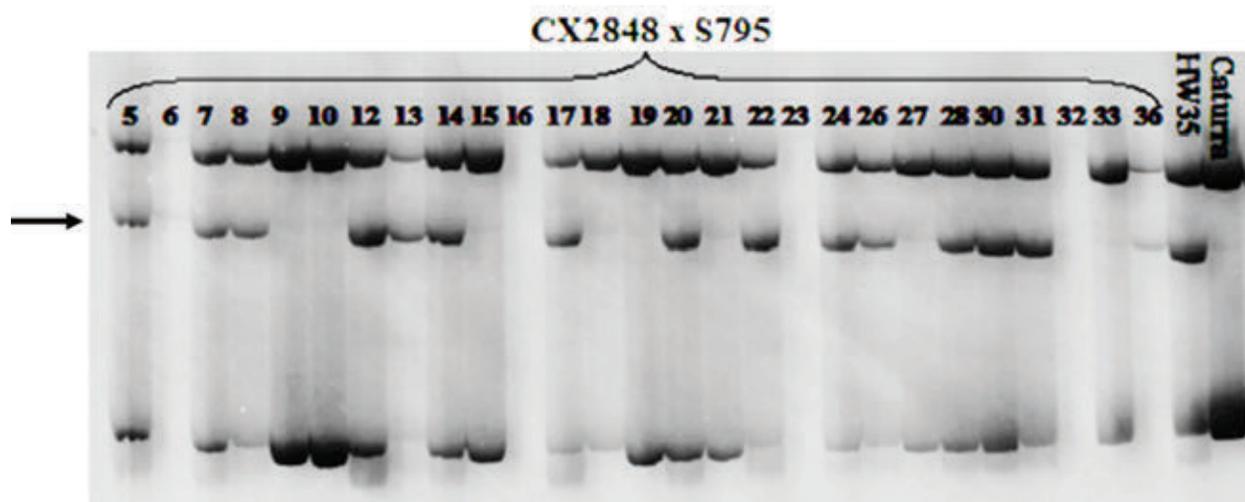


Figura 71. Segregación del marcador SSRBA12K (flecha) asociado al gen de resistencia a roya SH3, en una población F2 de cruce entre una línea élite de Variedad Castillo® y un híbrido de *C. liberica* arabizado. Los controles consisten en variedad Caturra [negativa] y la línea HW35 [positiva].

variedad cultivada y posterior selección de progenies por fertilidad, producción, buenas características agronómicas y resistencia a la roya. Este año finalizaron los experimentos MEG06.62, MEG 06.63, MEG 06.64 y MEG 06.65, donde se evaluaron 101 progenies provenientes de retrocruzamientos con Caturra, de híbridos interespecíficos entre *Coffea arabica* var. Caturra y diferentes introducciones de *Coffea canephora*. Se evaluó en cada planta de cada progenie, la altura a los 24 y 36 meses de edad, el porcentaje de granos vanos, caracol y supremo y la producción en kilogramos de café cereza. Se revisó la información de cada planta y su consistencia, con relación a otras de la misma progenie. Se hicieron distribuciones de frecuencia para la infestación por roya para las progenies y para los testigos, teniendo en cuenta el número de plantas en cada grado de la escala de Eskes y Braghini (1 a 9) y para la calificación máxima de cada planta, de por lo menos tres evaluaciones. Se realizaron análisis de

varianza de acuerdo con el diseño en Láttice para la altura de la planta, características de grano y producción anual promedio de cuatro cosechas. Cuando hubo diferencias significativas se utilizó la prueba de Dunnett en un nivel de significancia de 0,05, usando como testigos la variedad Caturra y la Variedad Castillo®. Se seleccionaron por resistencia a la roya, porte bajo más bajo que la Variedad Castillo®, características de grano y producción igual o superior a la Variedad Castillo®, un total de 34 progenies distribuidas así: 7 progenies (MEG06.62), 15 progenies (MEG06.63), 3 progenies (MEG06.64) y 9 progenies (MEG06.65) (Tabla 38). Las semillas de las mejores plantas de cada progenies fueron recolectadas y serán sembradas en nuevos experimentos de adaptación regional y de calidad en taza, con el propósito de identificar progenies candidatas a conformar una variedad con genes de resistencia a la roya, diferentes a los de la Variedad Castillo®, mejor ideotipo y producción.

Tabla 38. Progenies seleccionadas a partir de poblaciones provenientes de híbridos interespecíficos para pruebas regionales y de calidad en taza.

Experimento	Progenies Seleccionadas	Roya	Altura cm (36m)	Vanos (%)	Caracol (%)	Supremo (%)	Producción (kg cc/planta/año)
MEG0662	FL10.MEG646.170	3	202	8	14	70	3.8
MEG0662	FL66.MEG646.437	3	188	11	16	62	2.9
MEG0662	FL66.MEG646.231	3	192	8	13	72	2.8
MEG0662	EY2.MEG649.271	4	183	4	7	61	2.7
MEG0662	FA76.MEG649.125	2	180	5	17	56	2.3
MEG0662	FL65.MEG646.222	1	208	10	18	67	1.8
MEG0662	FA338.MEG649.97	3	188	10	25	65	2.1
MEG0662	Catuai [Testigo]	8	193	5	12	72	1.9
MEG0662	Caturra [Testigo]	8	179	8	10	44	1.3
MEG0662	Castillo® [Testigo]	3	205	7	10	74	2.3
MEG0663	CTY x MEG651.510	3	190	8	14	77	3.3
MEG0663	CTY.16 x MEG651.484	2	190	9	19	55	2.9
MEG0663	CTY.56 x MEG651.517	1	180	4	16	70	3.1
MEG0663	CTY.73 x MEG651.510	4	206	7	15	74	3.9

Continúa...

...continuación

Experimento	Progenies Seleccionadas	Roya	Altura cm (36m)	Vanos (%)	Caracol (%)	Supremo (%)	Producción (kg cc/planta/año)
MEG0663	CU1812 x MEG651.548	0	169	15	20	70	2.6
MEG0663	CU.1815 x MEG651.345	1	183	11	15	70	2.5
MEG0663	CU.1855 x MEG651.373	3	192	11	11	82	3.2
MEG0663	CUJ1970 x MEG651.511	2	186	8	20	68	3.5
MEG0663	CX.2178 x MEG651.655	4	198	10	16	55	2.9
MEG0663	CX.2827 x meg651.373	5	195	10	12	86	3.2
MEG0663	MEG 524.816 x MEG651.278	2	192	13	18	67	2.8
MEG0663	MEG 524.819 x MEG 651.301	0	191	10	20	72	3.4
MEG0663	MEG524.819 x MEG651.98	1	183	11	20	71	3.5
MEG0663	MEG524.847 x MEG651.641	0	188	13	18	74	4
MEG0663	MEG524.851 x MEG651.464	5	184	10	14	64	3
MEG0663	Castillo Naranjal (Testigo)	2	184	8	11	70	2.3
MEG0663	Caturra (Testigo)	9	136	10	10	54	2.0
MEG0664	EY.2MEG649.276	3	162	3.9	8.5	61	2.1
MEG0664	EY.2MEG649.309	4	169	4.4	7.2	66	2.6
MEG0664	EY.2MEG649.310	4	177	5.7	9	59	2.7
MEG0664	Castillo (Testigo)	4	178	8	10	59	2.1
MEG0664	Caturra (Testigo)	8	168	5	10	46	1.6
MEG0665	MEG06.51 #143	1	188	14	24	78	2
MEG0665	MEG06.51 #304	3	194	9	17	57	2.9
MEG0665	MEG06.51 #343	1	192	14	23	68	2.1
MEG0665	MEG06.51 #373	4	193	12	11	84	2.3
MEG0665	MEG06.51 #393	2	174	10	15	77	2.1
MEG0665	MEG06.51 #398	1	202	13	24	57	2
MEG0665	MEG06.51 #464	3	187	12	13	77	2.1
MEG0665	MEG06.51 #641	0	204	18	25	79	2.2
MEG0665	MEG06.51 #87	1	197	12	28	64	2
MEG0665	Castillo Naranjal (Testigo)	5	203	8	10	82	2
MEG0665	Caturra (Testigo)	8	138	-	-	-	-
MEG0665	Costa Rica 95 (Testigo)	3	153	6	14	78	3.9

En este informe se presentan los análisis de varianza para las variables de producción media, altura, número de cruces, diámetro del tallo, porcentaje de frutos vanos, granos caracol y café supremo de las progenies evaluadas en los experimentos MEG03.13, MEG03.14, MEG03.15 y MEG03.16. Se muestran las características agronómicas de las progenies seleccionadas para avanzar a la generación F4 en los experimentos MEG03.11 y MEG03.12, así como las progenies seleccionadas para ensayos regionales en los experimentos MEG03.13, MEG03.14 y MEG03.15. Además, las pruebas de CBD de tres de las progenies evaluadas en el experimento MEG03.17.

En el experimento MEG03.11 se evaluaron 36 progenies F3 de cruzamientos recíprocos de (Cat x HT) x Ar.8; (Cat x HT) x Ar.40 y Ar.56 x (Cat x HT) en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Se presentan los resultados finales correspondientes a un ciclo de producción (cuatro cosechas: 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014). Se seleccionaron las progenies y las plantas dentro de las progenies con una producción (4,4-8,6 kg de café cereza) y un porcentaje de café supremo (61%-80%) estadísticamente igual o mayor que Variedad Castillo® y Caturra; un porcentaje de frutos vanos menor de 17%, de granos caracol menor de 19%, una altura máxima de 210 cm y un nivel de roya igual o menor de 4, en la escala Eskes, para avanzar a la generación F4.

En el experimento MEG03.12 se evaluaron 44 progenies F3 de (Cat x HT) x Ar.8, (Cat x HT) x Ar.40 y Ar.56 x (Cat x HT), en un diseño de bloques al azar, con dos repeticiones. Se presentan los resultados finales correspondientes a un ciclo de producción (cuatro cosechas: 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014). Se seleccionaron las progenies y las plantas dentro de las progenies con una producción (4,8-12,3 kg de café cereza) y un porcentaje de café supremo (57%-81%) similar o mayor estadísticamente que la Variedad Castillo® y Caturra, un porcentaje de frutos vanos menor de 36% y de granos caracol menor de 18%, una altura máxima de 270 cm y un nivel de roya menor de 5, en la escala de Eskes.

En el experimento MEG03.13 se evaluaron 30 progenies F4 y F5 de CR x (CR x Can) x (CA x C.387),

CA x HT y [CR x (CR x HT)]; en el experimento MEG03.14 se analizaron 36 progenies F4 y F5 de CR x HT y CA x HT mezcla; y en el experimento MEG03.15 se evaluaron 36 progenies F4 y F5 de CR x HT y CA x HT mezcla, en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Se presentan los resultados finales, correspondientes a un ciclo de producción (cuatro cosechas: 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014), en los tres experimentos se incluyeron como testigos a las variedades Caturra y la Variedad Castillo®. Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas para las variables de producción media, altura, número de cruces, diámetro del tallo (a los 24 meses), frecuencia de frutos vanos, porcentaje de café supremo y granos caracol, entre las progenies evaluadas y la Variedad Castillo® y Caturra; con excepción del diámetro del tallo que no mostró diferencias significativas en el experimento MEG03.14 (Tablas 39, 40 y 41).

En el experimento MEG03.13 se seleccionaron las progenies y las plantas dentro de las progenies con una producción (3,6 -5,6 kg de café cereza) igual estadísticamente a Variedad Castillo® y Caturra, una proporción de café supremo (75%-91%) igual estadísticamente a Castillo® y mayor que Caturra, un porcentaje de frutos vanos menor a 16% y de granos caracol menor a 13%, una altura máxima de 160 cm y un nivel de roya menor de 5 en la escala Eskes. La prueba de Dunnett mostró que todas las progenies evaluadas en este experimento tienen una producción similar a la Variedad Castillo® y a la variedad Caturra, con excepción de las progenies MEG03.07#1, MEG03.07#237, MEG03.07#384, MEG03.07#381, MEG03.07#340 y MEG03.07#253 que tienen una producción significativamente menor que la Variedad Castillo®. Además, las progenies MEG03.07#340 y MEG03.07#253 muestran una producción significativamente menor que Caturra. La prueba de Dunnett mostró que las progenies MEG03.07#154, MEG03.07#427, MEG03.07#429, MEG03.07#112, MEG03.07#455, MEG03.07#1, MEG03.07#375, MEG03.07#120, MEG03.07#9, MEG03.07#166, MEG03.07#6, MEG03.07#252, MEG03.07#164, MEG03.07#380 y MEG03.07#384 presentan un porcentaje de café supremo similar a la Variedad Castillo® y mayor estadísticamente a la variedad Caturra. El valor máximo de roya según la escala de Eskes-Braghini,

Tabla 39. Cuadrados medios de las variables producción, altura, número de cruces, diámetro del tallo, frecuencia de frutos vanos, porcentaje de café supremo y granos caracol de las progenies evaluadas en el experimento MEG0313.

Fuente	GL	Pmed.	Alt 24m	Cru 24m	DT 24m	Supremo	Vanos	Caracol
Progenie	31	220,5 **	98176,6 **	1131,2 **	34,7 **	208438,3 **	4973,6 **	3910,3 **
Repetición	1	5,2 *	0,00035 ns	0,33 ns	0,52 ns	11,6 ns	2,59 ns	30,1 ns
ProgXRep	31	46,2 ns	36671,3 **	518,25 **	18,5 **	2768,8 ns	857,6 ns	416,9 ns

Tabla 40. Cuadrados medios de las variables producción, altura, número de cruces, diámetro del tallo, frecuencia de frutos vanos, porcentaje de café supremo y granos caracol del experimento MEG0314.

Fuente	GL	Pmed.	Alt 24m	Cru 24m	DT 24m	Supremo	Vanos	Caracol
Progenie	31	133,2 **	67371,9 **	2309,5 **	1914,5 ns	35867,7 **	1388,8 **	1304,1 **
Repetición	1	3,19 ns	291,39 ns	11,25 ns	123,6 ns	744,7 **	45,6 *	6,32 ns
ProgXRep	31	52,7 *	15355,58 **	444,8 *	1809,9 ns	4534,09 **	379,7 ns	289,02 **

Tabla 41. Cuadrados medios de las variables producción, altura, número de cruces, diámetro del tallo, frecuencia de frutos vanos, porcentaje de café supremo y caracol del experimento MEG0315.

Fuente	GL	Pmed.	Alt 24m	Cru 24m	DT 24m	Supremo	Vanos	Caracol
Progenie	29	129,4 **	43479,0 **	1911,9 **	24,9 **	72351,1 **	3408,1 **	3014,1 **
Repetición	1	0,043 ns	3082,6 **	37,0 *	1,5 *	77,2 ns	36,6 ns	0,022 ns
ProgXRep	29	30,3 ns	9549,8 **	296,3 *	7,4 ns	1698,6 ns	845,2 ns	226,8 ns

de siete lecturas registradas durante 4 años, muestra que tres progenies son resistentes a la roya, porque tienen niveles iguales o menores a tres, éstas son las progenies MEG03.07#100 y MEG03.07#97 con niveles de roya iguales a 1 y la progenie MEG03.07#253 con niveles de roya iguales a 3. Las progenies MEG03.07#340, MEG03.07#252, MEG03.07#1, MEG03.07#101 y MEG03.07#164 tienen niveles de roya iguales a 4, similares a los de la Variedad Castillo®.

En el experimento MEG03.14 se seleccionaron las progenies y las plantas dentro de las progenies

con una producción (3,8-6,4 kg de café cereza) estadísticamente similar o mayor a la Variedad Castillo® y Caturra, un porcentaje de café supremo (70%-89%) estadísticamente igual o mayor que la Variedad Castillo® y mayor a Caturra, un porcentaje de frutos vanos menor a 14% y de granos caracol menor a 19%, una altura máxima de 160 cm y un nivel de roya menor de 5 en la escala Eskes. La prueba de Dunnett mostró que la progenie MEG03.07#179 tiene una producción mayor a la Variedad Castillo®; y esta progenie junto con la MEG03.07#300 y MEG03.07#561 presentan una producción mayor

que Caturra. La prueba de Dunnett mostró que las progenies MEG03.08#272, MEG03.08#1027, MEG03.08#1272, MEG03.08#356, MEG03.08#828 y MEG03.08#300 tienen un porcentaje de café supremo mayor a la Variedad Castillo®; mientras que todas las progenies muestran un porcentaje de café supremo estadísticamente mayor a Caturra. El valor máximo de roya, según la escala de Eskes-Braghini de siete lecturas registradas durante 4 años, muestra que las progenies MEG03.08#272, MEG03.08#381 y MEG03.07#35 son resistentes, debido a que tienen niveles de roya iguales a 3; éstas junto con las progenies MEG03.08#865, MEG03.08#862, MEG03.08#561, MEG03.08#1280, MEG03.08#221, MEG03.08#1366, MEG03.08#324, MEG03.08#1027, MEG03.08#828, MEG03.08#356, MEG03.08#849, MEG03.08#847 y MEG03.07#462 con niveles de roya iguales a 4, presentan niveles menores a los de la Variedad Castillo®, con 5 de roya.

En el experimento MEG03.15 se seleccionaron las progenies y las plantas dentro de las progenies con una producción (3,4-8,1 kg de café cereza) estadísticamente igual o mayor a las variedades Caturra y Variedad Castillo®, una proporción de café supremo (73%-88%) significativamente igual o mayor que Variedad Castillo® y mayor que Caturra, un porcentaje de frutos vanos menor a 15% y de granos caracol menor a 17%, una altura máxima de 180 cm y un nivel de roya menor de 5 en la escala Eskes. La prueba de Dunnett mostró que las progenies MEG03.07#587, MEG03.08#452, MEG03.08#378 y MEG03.08#108, tienen una producción mayor que la Variedad Castillo® y Caturra. La prueba de Dunnett mostró que las progenies MEG03.08#1019, MEG03.08#378, MEG03.07#359, MEG03.08#284, MEG03.08#1120 y MEG03.07#352 tienen un porcentaje de café supremo mayor a la Variedad Castillo®; todas las progenies probadas muestran un porcentaje de café supremo significativamente mayor que Caturra, con excepción de las progenies MEG03.07#450, MEG03.07#449, MEG03.08#503 y MEG03.07#590 con un porcentaje de café supremo similar a Caturra y la progenie MEG03.07#473 que tiene un porcentaje de café supremo significativamente menor que la variedad Caturra. El valor máximo de roya, según la escala de Eskes-Braghini de siete

lecturas registradas durante 4 años, muestra que las progenies MEG03.08#1019, MEG03.08#37, MEG03.08#32, MEG03.08#205, MEG03.08#814, MEG03.07#359 y MEG03.07#590 tienen niveles de roya iguales a 4, inferiores a la Variedad Castillo®, con un nivel de 5.

En el experimento MEG03.16 se están evaluando nueve progenies F2, de diferentes cruzamientos: DG.1399 x Local bronce 14, DG.1399 x Sudan Rumé 1971, DG.1399 x ET.56, DG.1399 x Java 65, DG.1399 x Maragogipe amarillo #783, DG.1399 x Jackson 2, DG.1399 x Local bronce 8 y DG.1399 x Maragogipe amarillo #790.

Desarrollo y evaluación de poblaciones con resistencia a la enfermedad de los frutos del café – CBD (*Colletotrichum kahawae*).

El objetivo de este proyecto es la búsqueda de fuentes de resistencia a CBD, mediante evaluación en Portugal (pruebas de hipocotilos) de genotipos avanzados seleccionados en el programa de Mejoramiento Genético e introducciones de la colección de germoplasma, junto con la evaluación agronómica en Cenicafé de los materiales que presenten resistencia.

En el experimento 03.17 se están evaluando ocho progenies F2, de diferentes cruzamientos: DG.1399 x Maragogipe amarillo MEG5.26 #790, DG.1399 x Sudan Rumé MEG5.27#1427, DG.1399 x Local bronce MEG5.26#55, DG.1399 x Jackson 2 MEG5.26 #341, DG.1399 x Local bronce 8 MEG5.26 #293, DG.1399 x Java 65 MEG5.17 #909, DG.1399 x ET.56 MEG5.27 #920, DG.1399 x Maragogipe amarillo MEG5.26 #783, y nueve accesiones de la Colección Colombiana de Café: Local bronce MEG5.26 # 55, Local bronce MEG5.26 # 293, Jackson 2 MEG5.26 #341, Maragogipe amarillo MEG5.26 # 783, Maragogipe amarillo MEG5.26 # 790, Etiopía ET.56 MEG5.27 # 920, DG.1399 MEG5.27 # 1276, Sudan Rumé MEG5.27 # 1927 y Java 65 MEG5.17 # 909 con la finalidad de determinar las regiones del genoma responsables de la resistencia a CBD. Se inició la evaluación de CBD, en Portugal, para tres de las progenies F2 (Tabla 42). Se utilizaron los aislamientos de Zimbabwe 12, Camerún 1 y Uganda 1, el cual se utilizó en lugar del aislamiento de Kenia debido a

que perdió agresividad, para evaluar la resistencia de estas progenies F2.

Las pruebas muestran que de las 21 plantas de la población F2 de DG.1399 x Maragogipe amarillo MEG5.26 #790, 15 plantas presentan resistencia al aislamiento de Zimbabwe12, 16 plantas muestran resistencia al aislamiento de Uganda1 y 3 plantas exhiben resistencia al aislamiento de Camerún1. Es importante destacar que las plantas 37 y 42 presentan resistencia a los tres aislamientos

(Tabla 42). De las 8 plantas de la población F2 de DG.1399 x Sudan Rumé MEG5.27 #1427, tres plantas muestran resistencia al aislamiento de Zimbabwe12, las 8 plantas son resistentes al aislamiento de Uganda1, pero ninguna es resistente al aislamiento de Camerún1 (Tabla 42). Las 10 plantas de la población F2 de DG.1399 x ET.56 MEG5.27#920 son resistentes a los aislamientos de Zimbabwe12 y Uganda1. Además, las plantas 196, 204 y 207 son resistentes al aislamiento de Camerún1 (Tabla 42).

Tabla 42. Genotipos con resistencia (R) a aislamientos de *Colletotrichum kahawae* enviados para pruebas en 2015.

Año	Envío	Material	Planta	Aislamiento		
				Z12	CA1	UGA1
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	18	S	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	19	S	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	20	R	S	S
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	21	S	S	S
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	24	S	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	26	S	S	S
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	28	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	32	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	34	R	S	S
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	35	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	37	R	R	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	38	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	39	S	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	40	R	R	S
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	42	R	R	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	44	R	S	S
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	45	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	48	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	49	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	51	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Maragogipe Amarillo-MEG5.26 #790	53	S	S	R
2015	1	DG.1399 x Sudan Rume-MEG5.27 # 1427	56	S	S	R

Continúa...

...continuación

Año	Envío	Material	Planta	Aislamiento		
				Z12	CA1	UGA1
2015	1	DG.1399 x Sudan Rume-MEG5.27 # 1427	57	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Sudan Rume-MEG5.27 # 1427	58	S	S	R
2015	1	DG.1399 x Sudan Rume-MEG5.27 # 1427	61	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Sudan Rume-MEG5.27 # 1427	62	S	S	R
2015	1	DG.1399 x Sudan Rume-MEG5.27 # 1427	63	S	S	R
2015	1	DG.1399 x Sudan Rume-MEG5.27 # 1427	64	R	S	R
2015	1	DG.1399 x Sudan Rume-MEG5.27 # 1427	66	S	S	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	190	R	S	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	191	R	S	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	193	R	S	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	194	R	S	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	195	R	S	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	196	R	R	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	197	R	S	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	203	R	S	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	204	R	R	R
2015	1	DG.1399 x ET.56-MEG5.27 # 920	207	R	R	R

Los resultados finales correspondientes a un ciclo de producción (cuatro cosechas) para las 80 progenies F3 evaluadas en los experimentos MEG03.11 y MEG03.12 y las 102 progenies F4 y F5 evaluadas en los experimentos MEG03.13, MEG03.14 y MEG03.15, en un diseño de bloques al azar con dos repeticiones, incluyendo en todos los experimentos a la variedad Caturra y a la Variedad Castillo® como testigos, muestran que las progenies y las plantas dentro de las progenies seleccionadas son un recurso valioso de genes de resistencia a CBD, alto rendimiento, resistencia a roya y porcentaje de café supremo mayor a 70%, entre otros atributos importantes, que se están utilizando en la Disciplina de Mejoramiento Genético para el desarrollo de nuevas variedades.

Registrar la Variedad Castillo® y el proceso de producción de semilla certificada ante el ICA.

A finales del año 2014, la Federación Nacional de Cafeteros – Cenicafé, después de haber cumplido

con los requisitos establecidos en la resolución ICA 970 de marzo del 2010, obtuvo el registro como productor de semilla seleccionada, mediante resolución número 004266 del 10 diciembre de 2014. Esto permite garantizar al caficultor que la semilla producida por Cenicafé cuenta con los parámetros exigidos por la normatividad Colombiana, relacionada con la comercialización y acondicionamiento de semilla.

En 2015, en la gaceta de variedades protegidas del Instituto Colombiano Agropecuario, se presentaron siete progenies con registro provisional de obtentor de variedad para Colombia. Así mismo, se adelantaron registros de protección de variedad en Perú y la Unión Europea para las progenies CU1812 y CX2720, lo anterior con la colaboración y apoyo de la gerencia Comercial y su oficina de patentes.

En la Tabla 43 se describe de forma resumida las gestiones adelantadas durante el 2015 y que

Tabla 43. Avances en derechos de obtentor para Colombia y otros países.

Progenie	Publicación en gaceta de variedades protegida del ICA	Registro y protección en otros países
CU1812	N° 16 - Diciembre 2013	UE y Perú, en proceso USDA y Japón
CU1855	N° 17 - Diciembre 2014	
CU1990	N° 17 - Diciembre 2014	
CX2848	N° 17 - Diciembre 2014	
CX2197	N° 17 - Diciembre 2014	
CX2385	N° 17 - Diciembre 2014	
CX2720	N° 17 - Diciembre 2014	UE y Perú, en proceso USDA y Japón
CX2866	N° 17 - Diciembre 2014	
CU1843	Proceso iniciado julio 2015	
BH1247	Proceso iniciado julio 2015	

están relacionadas con los derechos de obtentor de variedad para algunos de los componentes representativos de la Variedad Castillo®.

Bases genéticas y moleculares y predicción de heterosis en una especie aloploide autógena (*Coffea arabica* L).

Durante la vigencia 2014 - 2015, se adelantaron actividades relacionadas con la toma y análisis de información fenotípica del experimento en tres aspectos: producción, comportamiento de fotosíntesis, evaluaciones asociadas a la calidad (tamaño de grano y taza). Los resultados se presentan en dos partes. La primera asociada a la plasticidad de los híbridos donde los híbridos presentaron un mejor comportamiento de fotosíntesis neta, fluorescencia de clorofila y rendimiento cuántico. La diferencia del rendimiento fotosintético entre la sombra y sol es baja y las variables químicas analizadas pueden convertirse en un indicador de adaptación a condiciones de luminosidad. Los materiales silvestres y los híbridos mostraron mayor plasticidad fenotípica; en contraste, las Líneas de la Variedad Castillo® mostraron mayor estabilidad fenotípica. Esto determina que existe la posibilidad de selección de híbridos para condiciones particulares de luminosidad. Con respecto a los parentales etíopes las diferencias fueron positivas para las variables asociadas a las fotosíntesis, y los

compuestos químicos a excepción del contenido de sacarosa.

La segunda parte, relacionada con los resultados asociados a la calidad en donde los mejores factores de conversión se obtuvieron en la condición ambiental de sombrío, así como en las madres Variedad Castillo® utilizadas. Los híbridos presentaron un comportamiento intermedio. Se presume un efecto materno en la expresión de calidad en taza, ya que los híbridos fueron próximos a las madres Variedad Castillo® y no a los parentales etíopes, los cuales presentaron mejores atributos en taza independiente de la condición ambiental. La huella espectral de las madres Variedad Castillo® y los híbridos son similares, y diferentes a los materiales etíopes utilizados, los cuales cambian su huella en función de la condición ambiental y determinado por un comportamiento de dominancia de la madre, por lo cual se presume una herencia de tipo materno (citoplasmática) en la expresión de calidad desde el punto de vista genético. Se identificaron regiones comprendidas entre 1.280- 1.380, 1.700 - 1.770, 2.000 - 2.060, 2.170 - 2.260, 2.370 - 2.420 que correlacionaron significativamente con variables asociadas al tamaño de grano (merma y factor de rendimiento, porcentaje de tamaño de grano retenido en las mallas 14, 15 y 16) y los atributos sensoriales de

fragancia – aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, impresión global y puntaje final del catador, donde dichas correlaciones fueron superiores al 0,7, lo que permitirá el desarrollo de ecuaciones de calibración NIRS para variables sensoriales.

Mejoramiento por transgénesis empleando genes de quitinasas y genes aislados de *Coffea liberica* para la obtención de variedades de café resistentes a factores bióticos. Con el fin de generar variedades resistentes a la broca del café, líneas élite de Variedad Castillo® fueron transformadas con genes aislados de *Coffea liberica*, que podrían conferir resistencia a la broca del café y/o al minador de la hoja de café, la regeneración de estos materiales se obtuvo entre el 2013 y el 2014. Este año se continuó con el mantenimiento de estos materiales, se cuenta con plántulas posiblemente transformadas así: -Con el gen de Kunits-Miraculina: genotipo CX2178, 9 plántulas, 2 embriones. -Con

el gen de Heveina: genotipo CU1997, 50 plántulas y 20 embriones. -Con el gen de patatina: genotipo CX2178, se tienen 7 plántulas y 2 embriones; además de controles de regeneración de todos los materiales. Una vez todas las plantas tengan más de tres pares de hojas, se iniciará la evaluación del material por presencia de los genes de interés. Se continuó con la proliferación y el mantenimiento del tejido embriónico producido por la línea élite CX2178. Se continuó con el mantenimiento de tres líneas élites transformadas con los genes de quitinasas: endoquitinasa y exoquitinasa. Se cuenta con plántulas de café *in vitro*, transformadas con el gen endoquitinasa: 2 plantas de la línea CU1812, 30 de la CX2720 y 3 plántulas de la CX2178 y con el gen exoquitinasa: 46 plántulas transformadas de la línea CX 2178. De cada línea control se tienen plantas de regeneración positivas, 51 en total. Adicionalmente, se cuenta con 23 plantas transformadas con la proteína GFP (proteína verde).

PPR 0800. Bioprospección

Uso de las potencialidades de la flora y la fauna de las Zonas Cafeteras como contribución a su sostenibilidad. Cenicafé es el curador de una colección de cepas de microorganismos de interés para los cultivos en la zona cafetera colombiana, para uso en control biológico de insectos plagas, enfermedades y en fertilización. En las actividades de la colección se continúa con el mantenimiento del cepario de hongos asociados a insectos plagas y enfermedades del café, y se inició la preservación de 73 nuevos aislamientos de hongos obtenidos de diferentes suelos de la zona cafetera. Estos últimos están asociados a mecanismos de solubilización de fósforo en suelo, correspondientes principalmente a los géneros: *Aspergillus*, *Penicillium* y *Paecilomyces*, que fueron aislados de la Estación Central Naranjal, Unidad de Suelos Chinchiná, la Fundación Manuel Mejía, Unidad de Suelos Timbío, la Estación Experimental Paraguaicito, Unidad de Suelos

Quindío y la Finca Miramar, Ibagué (Tolima), Unidad de Suelos San Simón. Hasta el momento han sido preservadas 32 cepas. La conservación de 123 cepas de *Beauveria bassiana* con tres métodos (nitrógeno líquido, glicerol-20°C y almacenamiento en PDA con aceite mineral) confirma que al alcanzar una duración de 3 años se requiere una reactivación, para evitar disminución en su viabilidad. En pruebas similares, se encontró que las cepas de *Metarhizium* sp deben ser reactivadas al menos cada 2 años. En particular, se reactivaron tres cepas de *Metarhizium*: *M. acridium*, *M. robersii* y *M. anisopliae* (Ma9236), mantenidas en el cepario, con el fin de evaluar su crecimiento y efecto en el control de cochinillas del café, de la especie *Puto barberi*.

Durante las actividades de atención a consultas del Servicio de Extensión se tomaron muestras de insectos plagas y benéficos para su identificación y

preservación en el Museo Entomológico de Cenicafé. Se introdujeron muestras de una nueva especie para la ciencia de un saltamontes perteneciente al género *Balachowskyacris* sp. el cual se encuentra en proceso de descripción, en colaboración con el especialista. Esta especie es plaga del cultivo de café y endémica de los municipios de Concordia, Salgar y Betulia, en el departamento de Antioquia, en un rango altitudinal entre 1.500-1.800 m. Los adultos presentaron un 80% de parasitismo por una especie de nematodo de la familia *Mermithidae*, que regulan las poblaciones naturalmente. En la vereda El Trébol (Chinchiná, Caldas) se obtuvo un nuevo registro en café de larvas de *Ourocnemis archytas* (Lepidoptera: Riodinidae); esta especie se alimenta del follaje de café. En Pueblo Tapao (Quindío) se presentaron ataques del falso medidor *Trichoplusia*

ni (Lepidoptera: Noctuidae) en follaje de café (Figura 72); las larvas presentaron un 95% de parasitismo por la avispa *Copidosoma truncatellum* (Hymenoptera: Encyrtidae). Esta especie presenta poliembrionismo y de un solo huevo se originan hasta 2.500 avispas parasitoides de una larva parasitada. Se introdujeron 17 nuevos registros de avispas del suborden *Symphita* (Hymenoptera), en la base de datos Specify. Este material fue identificado a nivel de especie, por el especialista en la Universidad Nacional en Bogotá. Sobresalen los géneros *Adiaclema*, *Inea*, *Stromboceridae*, *Scobina*, *Waldehimia* y *Perreyia*. Se obtuvo el ciclo completo de la fase sexual del hongo simbiote *Leucoagaricus gongylophorus* en una colonia de la hormiga arriera *Atta cephalotes*, el cual no se había documentado (Figura 73). Para confirmar



Figura 72. Falso medidor del café *Trichoplusia ni*. Larva de *T. ni* parasitada por *Copidosoma truncatellum*.



Figura 73. Fase sexual del hongo simbiote *Leucoagaricus gongylophorus* en un nido de la hormiga arriera *Atta cephalotes*.

la identidad de este hongo simbiote se enviaron muestras al especialista en la Universidad de Texas (Estados Unidos) para análisis molecular. Se obtuvieron muestras de una especie no identificada de *Horismenus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide del minador de la hoja del cafeto, la cual está en proceso de estudio con el especialista en Suecia. Se logró el hallazgo y aislamiento de una cepa del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* parasitando larvas del gusano barrenador del tallo de café, en la vereda San Vicente en el municipio de La Plata, Huila (Figura 74). Este barrenador de la familia Cossidae del orden Lepidoptera, se constituye en un nuevo registro en plantaciones de café en Colombia.

Estudio de la biología, dinámica y diversidad de flora y fauna asociada al cultivo de café, y sus interacciones biológicas. En la descripción de la dinámica de los hongos patógenos del café, se desarrolló un diagrama estándar de severidad para la evaluación de gotera en el campo. Esta aproximación permite evaluar cuantitativamente en hojas de café, el porcentaje de tejido afectado por gotera u ojo de gallo, causada por *Omphalia flavida* (Figura 75). Para ello, se realizó el análisis de imágenes con el software ImageJ versión 1.49, de 200 hojas infectadas de forma natural, abarcando la mayor variabilidad posible de sintomatología típica de la enfermedad. Con base en las diferentes proporciones de tejido afectado, fue propuesta una escala de aumento logarítmico (ley de Weber-Fechner), que consistió en siete grados de

porcentaje de severidad (0,5%, 1,0%, 2,0%, 4,0%, 8,0%, 16,0% y 32,0%). Con el fin de evitar posibles errores visuales de los evaluadores en el campo, cada imagen representativa en el diagrama fue vectorizada, tratando de mantener la forma, el tamaño y la distribución de las lesiones con la ayuda del software informático Paint X Lite versión 1.1.

Dinámica de nuevas razas de roya. Se iniciaron los trabajos de inoculaciones cruzadas con las razas complejas que están afectando a los componentes de la Variedad Castillo®, utilizando el método de hoja desprendida, y el genotipo Caturra como control. Se evidenciaron las diferencias en el número de genes de resistencia presentes en los componentes de la Variedad Castillo® (Figura 76). Así mismo, las determinaciones del período de latencia (tiempo de aparición de pústulas en el 50% de los puntos de inoculación), indican que las nuevas razas tienen un desarrollo más lento sobre el genotipo Caturra, lo que sugiere un costo genético de pérdida de capacidad de la roya, para poder ganar en virulencia y atacar genotipos con genes de resistencia.

Estudio de la evolución de la roya del cafeto en gradientes altitudinales. Plantaciones en el extremo superior del rango altitudinal de la caficultura Colombiana se siguieron monitoreando, por cuarto año, por la presencia e impacto de los hongos *Hemileia vastatrix* y *Phoma* spp, buscando definir el umbral de incidencia que justifique realizar un control químico de estas enfermedades en esas condiciones.



Figura 74. Gusano barrenador del tallo de café nuevo registro en café para Colombia. Larva parasitada por el hongo *Beauveria bassiana*.

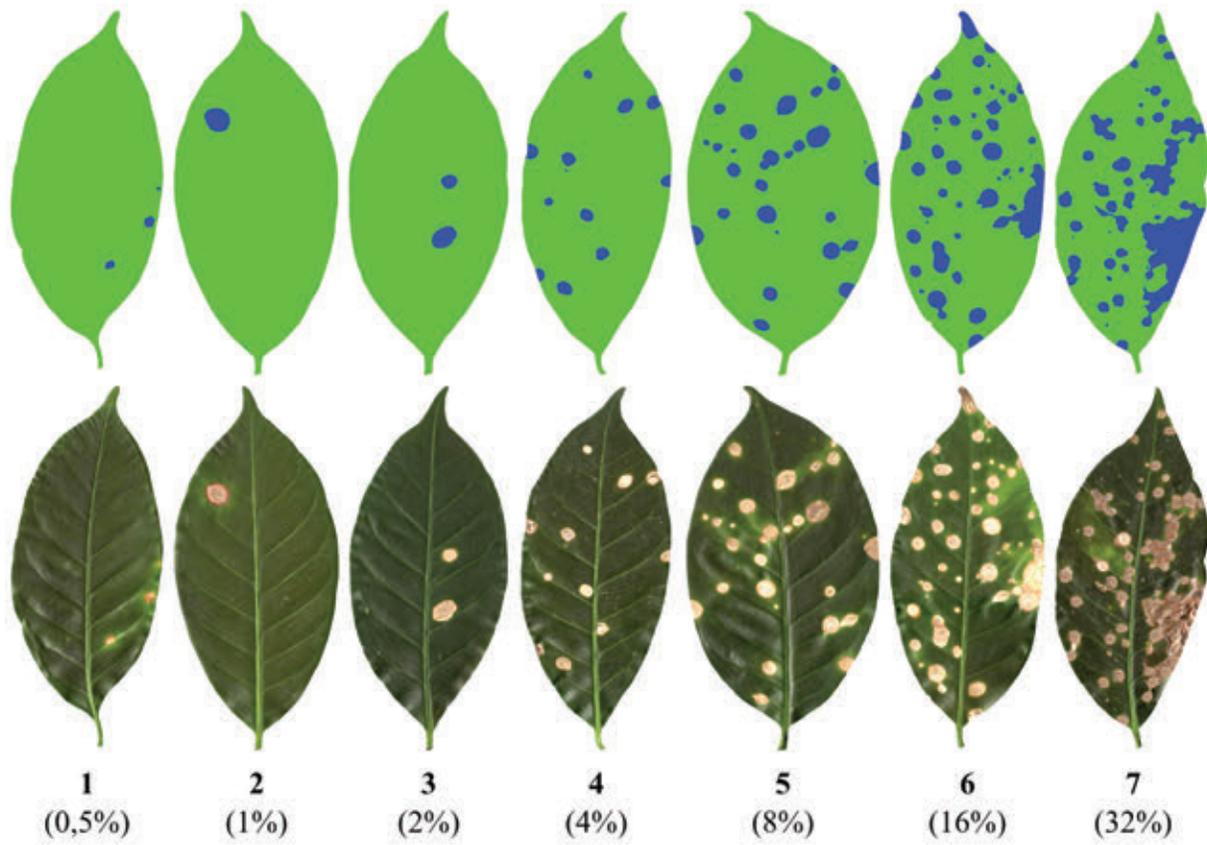


Figura 75. Diagrama estándar de severidad para la evaluación de gotera en el campo.

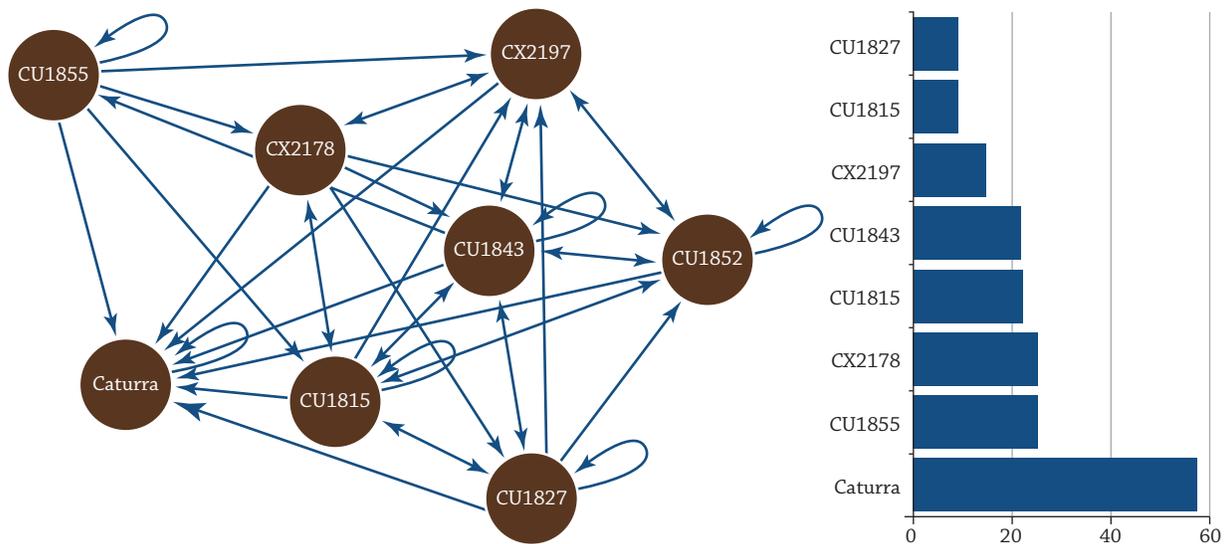


Figura 76. Inoculaciones cruzadas con razas de roya afectando a las líneas de Variedad Castillo® El Tambo y a la variedad Caturra. Los genotipos que reciben menos flechas corresponden a los que tienen mayor número de genes de resistencia [izq.]. A los 33 días, las nuevas razas inoculadas sobre Caturra presentan menor grado de ataque.

En las plantaciones de la variedad Caturra situadas en Concordia-Antioquia (1.930 m) y Filandia-Quindío (1.563 m) se confirma que la roya en la medida que las plantas tienen una alta carga productiva, presenta múltiples secuencias en sus ciclos de infección, alcanzando en el mes de agosto, niveles de 50% en la primera localidad y de 31% en la segunda localidad, los cuales están afectando la producción de café (Figura 77). Aunque en las variables de crecimiento no se han observado diferencias marcadas entre las plantas sin tratamiento y las plantas con control químico, en los meses de máxima enfermedad se aprecia la mayor presencia de follaje en aquellas plantas que han recibido la aplicación de fungicidas. Se confirma, por lo tanto, el efecto continuo de la roya en plantaciones situadas en rangos altitudinales hasta de 2.000 m.

Para las dos localidades, los inicios de las epidemias de 2015 están relacionados con los inicios de los periodos de lluvia, y parecen guardar estrecha relación con la distribución de las lluvias, pero no con la intensidad de las mismas. Estos resultados refuerzan la recomendación de estar atentos a los niveles de enfermedad para realizar un control químico oportuno, sin importar la altitud de los cafetales, y así evitar disminuciones en producción, ingreso y rentabilidad del productor.

Avance en el desarrollo del Índice Compuesto de Infección de Roya (ICIR). La generación de valores del índice diario han permitido observar

los patrones de comportamiento del mismo, a lo largo de los años, en diversas estaciones de la Red Climática de la Federación de Cafeteros, permitiendo la comparación entre sitios, con respecto a la oferta climática que permita el desarrollo de la enfermedad (Figura 78). Igualmente, fue posible realizar comparaciones entre el valor del Índice por localidad y el comportamiento del ENSO (Oscilación Sur de El Niño), apreciándose patrones similares pero con intensidades variables, lo que puede explicar el efecto diferencial del fenómeno sobre las epidemias de roya, en diversos sitios de la geografía, y su uso potencial en la emisión de alertas tempranas basadas en datos climáticos.

Identificación de genes y metabolitos de interés mediante herramientas de genómica funcional. Luego de la fase exploratoria de secuenciación genómica y caracterización funcional de genes de interés, se ha trabajado en una fase posgenómica, que apunta al entendimiento del funcionamiento del organismo como un todo, a través de la biología de sistemas. Con este propósito se desarrolló una arquitectura de canal, en lenguaje R, que facilita la inferencia y visualización de redes de genes a partir de la minería de datos de microarreglos de café. Este proceso bioinformático se validó usando patrones conocidos del metabolismo de la sucrosa y los almidones en plantas (Figura 79). Los resultados han permitido la identificación de nuevos grupos de co-expresión de genes y brindan el soporte para anotar genes putativos y nuevos genes encontrados en café.

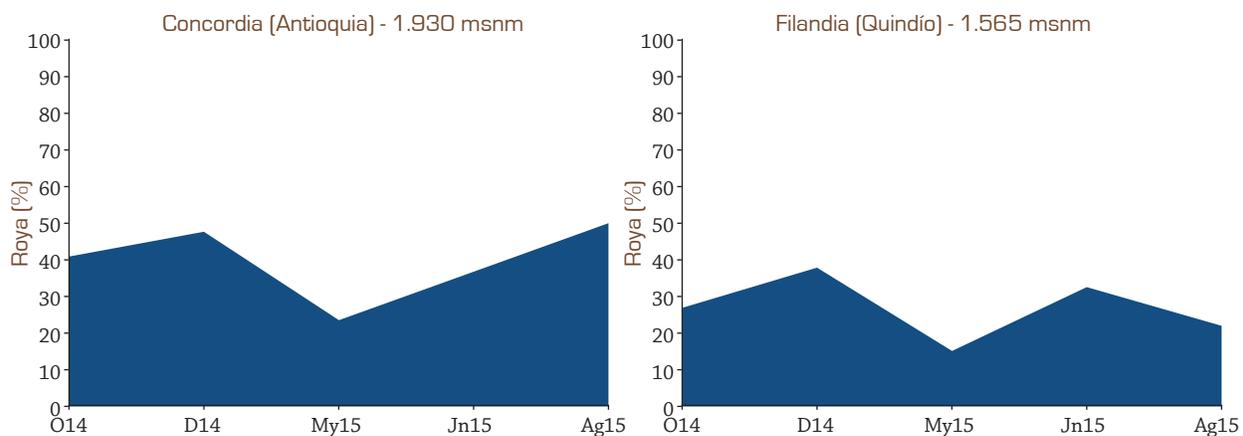


Figura 77. Curva epidemiológica de la roya en dos localidades por encima de los 1.500 m de altitud.



Figura 78. Patrones del Índice Compuesto de Infección de Roya, presentados diariamente entre 1983 y 2013, para siete estaciones meteorológicas de la Red Climática de la FNC (rojo: mejores condiciones para el desarrollo de la roya, verde: condiciones menos óptimas), comparados con el patrón mensual del evento de El Niño, en el mismo periodo de tiempo (rojo: La Niña, verde: El Niño).

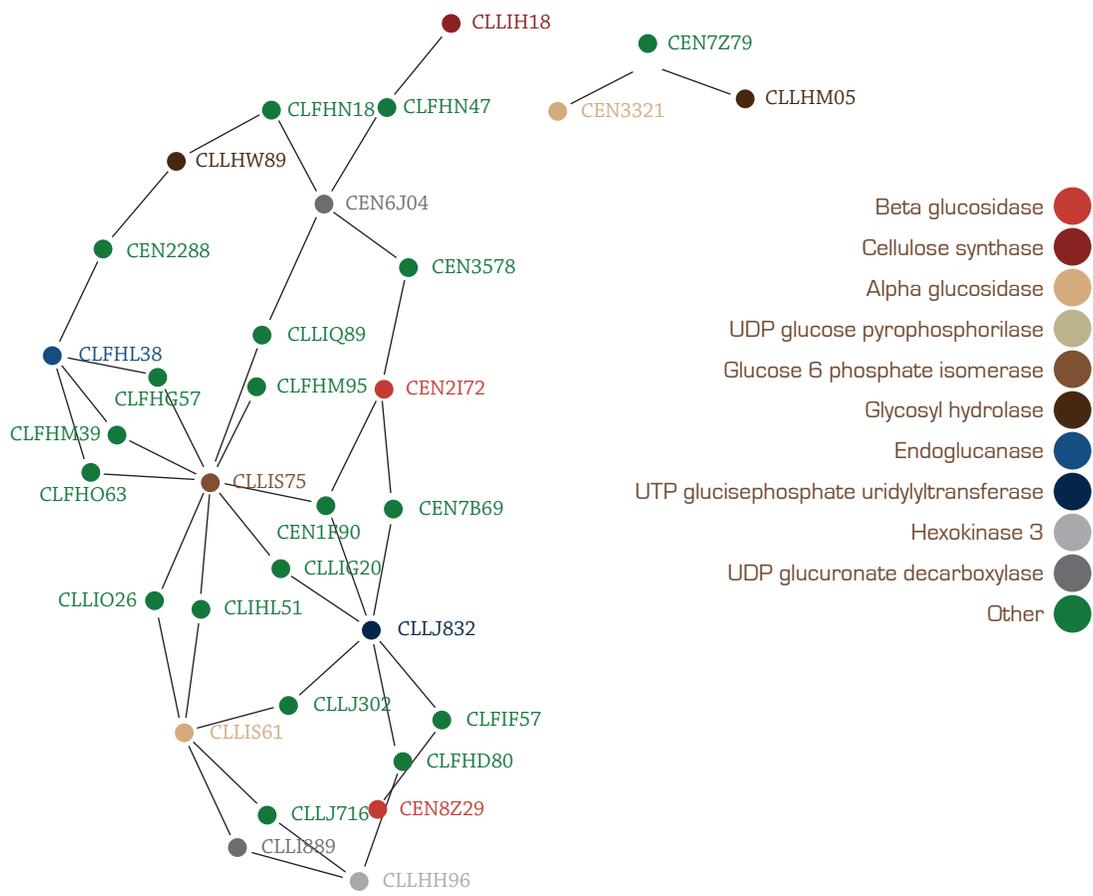


Figura 79. Red de genes asociada al metabolismo de almidones en hojas, inferida a partir de datos de microarreglos de cDNA de las especies *Coffea arabica* y *Coffea liberica*.

PPR 0900. Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad del café, a los subproductos y al aseguramiento de la calidad

Estudios de denominación de origen del café de Colombia

Se finalizó la estructuración del Documento técnico que soportará la solicitud de Denominación de Origen del Café de Tolima y Café de la Sierra Nevada. Adicionalmente, se entregó el documento que caracteriza la calidad del Café de Norte de Santander, basado en la información recolectada desde el año 2007 al 2010.

Se inició con la ejecución del convenio “Implementación de la Denominación de Origen del Café Regional y Marca del Paisaje Cultural Cafetero de Caldas, PCC”, financiado por el Sistema General de Regalías de Caldas. Se construyó la base de datos de forma aleatoria con información del SIC@, con 316 fincas que pertenecen a los 17 municipios del PCC y con 56 fincas de cinco municipios del Oriente del departamento. Hasta el momento se han recibido 105 muestras de café pergamino

seco, provenientes de 14 municipios del PCC (73 muestras) y de cinco municipios del Oriente (32 muestras). Se han preparado y realizado el análisis de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) a las muestras recibidas y 87 de éstas cuentan con los resultados de los análisis físicos y sensoriales.

Se iniciaron acciones de la actividad “Aseguramiento de la calidad del café del Café del Huila como único y diferenciado” perteneciente al proyecto de CT&I del Sistema de Gestión de Regalías- Huila, para lo cual, se realizó la selección al azar de 200 fincas de los 35 municipios cafeteros del Huila, en donde se realizará una encuesta y se tomarán muestras de café pergamino y cereza que servirán para confirmar la calidad definida del café del Huila.

Desarrollo de instrumentos de defensa del origen Café de Colombia (mezclas Arábica - Arábica; Arábica - Canephora). Se crearon dos modelos de predicción de origen o ecuaciones discriminantes, por medio de la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS Near Infrared Spectroscopy), con el objetivo de identificar el origen de las muestras de café

analizadas en los equipos NIRS de los puertos de Buenaventura, Cartagena y Santa Marta. El primer modelo fue creado para café verde entero e incluyó los orígenes Cauca, Nariño, Huila, Santander, Norte de Santander, Colombia e Internacional, que envolvió muestras de Arábica y Canephora provenientes de Ecuador, Perú, Honduras, Indonesia, Vietnam, y algunos estados de África (Tabla 44). El segundo modelo fue creado para café tostado y molido, e incluyó los orígenes Cauca, Nariño, Huila, Santander, Norte de Santander y Colombia (Tabla 45).

Los dos modelos fueron instalados en los equipos NIRS de los puertos, en donde se realizó un período de prueba de 2 meses (Tablas 46 y 47). En los resultados se observa la necesidad de expandir la opción Colombia, para que los orígenes Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda y Tolima sean clasificados más eficientemente y no interfieran en la clasificación de los orígenes de interés, es de resaltar que ninguna muestra se clasificó en la opción internacional para el caso de café verde entero, lo que confirma la autenticidad de las de las muestras analizadas.

Tabla 44. Número de espectros utilizados y porcentaje de predicción del modelo creado para los equipos NIRS de los puertos en la matriz café verde entero.

Origen	Calibración		Validación	
	Espectros utilizados (No.)	Clasificación (%)	Espectros utilizados (No.)	Predicción (%)
1. Colombia	155	100	45	75,55
2. Nariño	30	100	11	54,54
3. Huila	160	100	50	88,00
4. Cauca	160	100	34	100,0
5. Santander	158	100	23	86,66
6. Norte de Santander	70	100	30	52,17
7. Internacional	160	100	50	100,0
Promedio de predicción del modelo	893	100	243	79,56

Tabla 45. Número de espectros utilizados y porcentaje de predicción del modelo creado para los equipos NIRS de los puertos en la matriz café tostado y molido.

Origen	Calibración		Validación	
	Espectros utilizados (No.)	Clasificación (%)	Espectros utilizados (No.)	Predicción (%)
1. Colombia	177	100	25	100
2. Nariño	44	100	22	38.46
3. Huila	164	100	55	94.54
4. Cauca	60	100	13	75
5. Santander	120	100	24	89.79
6. Norte de Santander	61	100	49	89.33
Promedio de predicción del modelo	626	100	188	80.18

Tabla 46. Resultados del período de prueba y porcentaje de predicción del modelo creado para los equipos NIRS de los puertos en la matriz café verde entero.

Origen	Buenaventura			Cartagena			Santa Marta		
	Origen puerto	Origen modelo	Predicción (%)	Origen puerto	Origen modelo	Predicción (%)	Origen puerto	Origen modelo	Predicción (%)
Cauca	0	0	0,0	4	0	0,0	0	0	0,0
Nariño	42	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Huila	0	0	0,0	6	1	16,7	0	0	0,0
Santander	0	0	0,0	2	0	0,0	29	7	58,1
Norte de Santander	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Colombia	16	7	43,8	34	18	52,9	166	61	37,9

Tabla 47. Resultados del período de prueba y porcentaje de predicción del modelo creado para los equipos NIRS de los puertos en la matriz café tostado y molido.

Origen	Buenaventura			Cartagena			Santa Marta		
	Origen puerto	Origen modelo	Predicción (%)	Origen puerto	Origen modelo	Predicción (%)	Origen puerto	Origen modelo	Predicción (%)
Cauca	0	0	0,0	4	0	0,0	0	0	0,0
Nariño	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Huila	0	0	0,0	6	4	66,7	0	0	0,0
Santander	0	0	0,0	2	0	0,0	31	18	58,1
Norte de Santander	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0
Colombia	14	13	92,9	34	13	38,2	161	4	2,5
Internacional	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0

Así mismo, se realizó el modelo de predicción de origen en la matriz de café verde molido para los orígenes Cauca, Nariño y Huila, destinado a prestar el servicio de análisis NIRS para la denominación de origen del café de Colombia y sus versiones regionales. La base de datos utilizada en este modelo consistió en espectros de muestras de mezclas de fincas de los orígenes de interés y de fincas individuales, que permitieron mejorar la eficacia del modelo (Tabla 48).

Desarrollo de una nueva tecnología de procesamiento de post-cosecha de cacao finos y de aroma en centros de acopio para mercados internacionales. Se realizaron ensayos en muestras de licor de cacao fermentados. Las lecturas de las muestras se realizaron en un rango de absorción de 400 – 2.490 nm. Se tuvieron como variables tiempo de congelación, repetibilidad espectral, hora de lectura, rotación y ángulo de la celda. El análisis de componentes principales de los espectros, no reportó diferencias en las variables estudiadas (Figura 80). Por el alto contenido de grasa presente en el licor de cacao (>50%), se recomienda un tiempo de congelación de la muestra de 30 min., con el fin de garantizar un tamaño homogéneo de partícula y fácil manipulación.

Diagnóstico regional de la calidad de la bebida de café de Colombia. Se evaluó la calidad de la bebida de café y se diagnosticaron las fallas en el beneficio, mediante la trazabilidad del origen y de la manera de realizar este proceso en 162 fincas, ubicadas en siete departamentos de Colombia, a altitudes entre 1.050 y 2.050 m, y 15 unidades de suelos. Durante dos cosechas, se tomaron muestras del café producido en las fincas y también muestras de café que se beneficiaron aparte, en las mismas fincas mediante buenas prácticas de Manufactura, BPM.

Los mayores rendimientos en trilla se obtuvieron para las muestras de café que se cultivaron por encima de los 1.600 m y se procesaron por BPM, mediante la fermentación y por secado al sol. Los defectos del grano de café más frecuentes fueron los brocados, decolorados y vinagres cuyos mayores valores se encontraron en las muestras de cultivos por debajo de los 1.300 m. En todas las regiones y unidades de suelos se evidenciaron fallas en las operaciones de clasificación en el beneficio, principalmente después del despulpado, después del lavado y antes del secado. La mayor proporción de café de calidad buena, superior y especial se obtuvo de las muestras de café que se procesaron

Tabla 48. Número de espectros utilizados y porcentaje de predicción del modelo creado para la prestación de servicio análisis NIRS para la denominación de origen del café.

Denominación de Origen	Calibración		Validación	
	Espectros utilizados (No.)	Clasificación (%)	Espectros utilizados (No.)	Predicción (%)
1. Nariño (Mezclas, individuales)	239	100	100	84,0
2. Huila (Mezclas, individuales)	239	100	100	80,0
3. Cauca (Mezclas, individuales)	245	100	50	100,0
4. Control otros (Individual)	246	100	100	99,0
Promedio de predicción del modelo	969	100	350	90,75

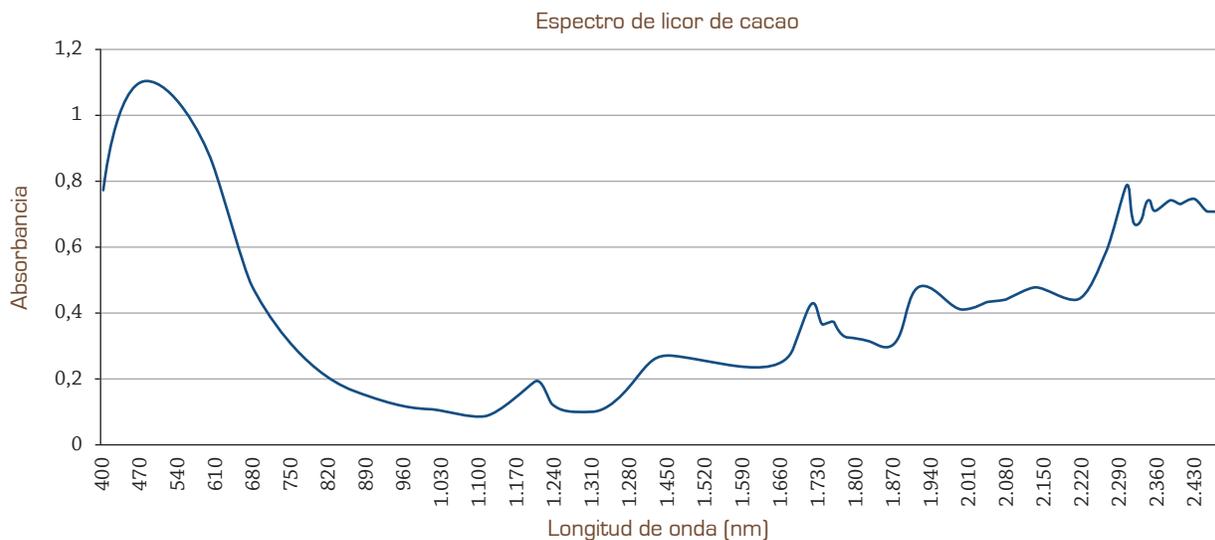


Figura 80. Espectros de licor de cacao.

por BPM, por fermentación y por secado al sol. El defecto en taza más frecuente en el café de las fincas fue el *stinker*, causado por falta de controles en el desmucilaginado por Becolsub, en la fermentación, el lavado y por fallas en los secadores mecánicos.

Se identificaron las zonas donde hay daños frecuentes de la calidad del café. No se encontró correlación entre la altitud, ni la unidad de suelo con la calidad de la bebida de café. No es suficiente con tener una buena variedad botánica de café y cultivarla en zonas altas que favorecen la sanidad del grano.

La aplicación sistemática de las buenas prácticas agrícolas asegurará una buena calidad del café, la disminución de defectos y de pérdidas económicas, mejorando la competitividad y la comercialización del café de las regiones.

Producción de ácido láctico a partir de los residuos del café. Se desarrolló un proceso para la producción de tisanas de pulpa de café, es un producto estéril, seco y molido y de un buen sabor. Se analizó la composición bromatológica de este material y se comparó con el material fresco y con muestras obtenidas del Vietnam (Tabla 49 y 50).

Unidad Instrumental de Cenicafé (U.I.C). Bajo la estructura de la U.I.C se realizaron 13 protocolos,

así: por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) ácidos orgánicos con el detector arreglo de diodos (PDA), sacarosa por IR (Detector de índice de refracción), metilxantinas por PDA. Por cromatografía gasas acoplada a detector de masas (GC/MS) se determinaron alcoholes (metanol, etanol), compuestos volátiles, ácidos grasos libres, por gravimetría fibra cruda, por volumetría (LANE EYNON) azúcares totales y reductores y por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), el análisis espectral del mucílago líquido y pulpa de café.

Se realizaron 57 ensayos de prueba de las siguientes metodologías: Ácidos orgánicos condiciones cromatográficas - HPLC, volátiles de mucílago fresco por GC/MS, volátiles de café tostado por GC/MS, azúcares reductores en pulpa, azúcares totales en pulpa, fibra cruda, azúcares totales y reductores en café tostado, análisis espectral de mucílago líquido de café, variables temperatura, tiempo, agitación. En general, el grado de confiabilidad de las diferentes técnicas se encuentra por encima del 90%.

Durante el presente año se realizaron más de 13.500 análisis por medio de las diferentes técnicas de la unidad instrumental, las cuales fueron destinadas a 13 usuarios pertenecientes a la FNC.

Tabla 49. Composición bromatología, fisicoquímica y química pulpa de café seca y estéril.

Análisis físico-químicos/ Muestra	Unidad	Extranjera (Mecánica)	Extranjera (Patio)	Calidad pulpa seca	Calidad pulpa estéril
Acidez total	mg CaCO ₃ /L	18,6	14,9	17,6	21,2
°Brix	%	1,90	0,87	4,04	3,39
pH	Unidades	4,12	5,48	4,38	4,25
Sólidos Solubles	%	1,99	1,16	3,97	3,30
Humedad	%	9,49	10,35	10,77	6,69
Cenizas	%	7,72	12,37	9,60	11,52
Proteína Cruda	%	12,50	15,44	10,13	11,21
Extracto Libre Nitrógeno	%	16,32	40,76	24,66	32,35
Fibra Cruda	%	17,78	10,55	10,51	11,45
Azúcares Totales	%	34,72	8,83	32,67	25,18
Azúcares Reductores	%	7,30	7,70	2,56	2,53
Cafeína	%	0,20	0,19	0,14	0,18
Grasa total	%	1,28	1,51	1,52	1,42
Ácidos Grasos Saturados	% grasa	55,09	52,78	54,05	50,59
Ácido Palmítico	% grasa	36,70	34,16	35,26	31,64
Ácido Esteárico	% grasa	12,78	13,18	13,31	12,99
Ácido Araquídico	% grasa	5,60	5,44	5,49	5,97
Ácidos Grasos Insaturados	% grasa	44,96	47,22	46,04	49,41
Ácido Linoléico	% grasa	23,49	25,50	24,44	25,89
Ácido Linolénico	% grasa	21,48	21,72	21,60	23,52

Unidades de medida: las unidades son expresadas en porcentaje de Materia en Base Húmeda.

Tabla 50. Composición microbiológica de la pulpa de café seca y estéril para tisanas.

Análisis microbiológico/Muestra	Pulpa seca estéril	Pulpa seca	Pulpa seca estéril
Aerobios mesófilos u.f.c./g	1.400	14.000	200
Coliformes totales u.f.c./g	0	9.100	200
Coliformes Fecales [<i>Escherichia coli</i>]u.f.c./g	0	0	0
Hongos u.f.c./g	0	0	0
Levaduras u.f.c./g	200	20.000	0

Unidades de medida: las unidades son expresadas en unidades formadoras de colonia por gramo de muestra (ufc/g).

Transformación de la pulpa de café mediante larvas de la mosca *Hermetia illucens*. El aprovechamiento de los residuos agrícolas mediante procesos de transformación biológica, utilizando micro y macroorganismos, evita que éstos se conviertan en fuentes de contaminación de los recursos naturales (aire, agua y suelo), a la vez que permite obtener un material estable, con unas características fisicoquímicas y microbiológicas, que lo hacen apropiado para formar parte en los programas de agricultura orgánica y en los programas de seguridad alimentaria en la producción hortícola.

El trabajo se desarrolla actualmente en el laboratorio de la disciplina Gestión de Recursos Naturales y Conservación de Cenicafé, en el municipio de Manizales (Caldas), bajo condiciones de temperatura y humedad no controladas.

Primer montaje. Para iniciar con la evaluación del tiempo de transformación y la cantidad y calidad del abono orgánico obtenido mediante el proceso de descomposición de la pulpa de café a través de las larvas de *H. illucens*, se utilizó pulpa de café con mieles del Ecomill®, provenientes del beneficiadero experimental de La Granja (Cenicafé). La pulpa de café con mieles del Ecomill® se acondicionó en cajas plásticas Vanyplas (23 cm x 31 cm x 12 cm) y se evaluaron tres tratamientos y un testigo, cada uno con diez repeticiones.



Figura 81. Larvas de *Hermetia illucens* en diferentes estadios.

Tratamiento 1:

Pulpa+ Mieles + *Hermetia illucens*: 1 kg de pulpa con mieles y 35 g de larvas de la mosca *Hermetia illucens* en diferente estadios (Figura 81).

Tratamiento 2:

Pulpa+ Mieles + *Eisenia foetida*: 1 kg de pulpa con mieles, 250 g de lombricompuesto y 35 g de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (Figura 82).

Tratamiento 3:

Pulpa + Mieles+ *Eisenia foetida* + *Hermetia illucens*. 1 kg de pulpa con mieles, 250 g de lombricompuesto, 17,5 g de *Eisenia foetida* y 17,5 g de *Hermetia illucens* (Figura 83).

Testigo:

Pulpa+ Mieles: 1 kg gramos de pulpa con mieles (Figura 84).

En la Tabla 51 se presentan los resultados de los pesos finales del material descompuesto (cuando tuvo apariencia de suelo), lo que sucedió en los tres tratamientos evaluados a los 26 días de iniciado el proceso, pero no en el testigo (Figura 85); sin embargo, éste se caracterizó con el fin de realizar comparaciones con los demás tratamientos.

De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 51), los mayores rendimientos medios del proceso de



Figura 82. Aspecto del tratamiento 2.



transformación, en base húmeda, se alcanzaron en el tratamiento 1 (Pulpa + Mielles + *H. illucens*).

A cada uno de los tratamientos evaluados, con sus respectivas repeticiones, se les determinó el porcentaje de humedad por el método gravimétrico, el cual consistió en determinar el peso inicial de la muestra y someterla a calentamiento a temperatura de 105°C hasta peso constante. En la Tabla 51 se presentan los resultados iniciales y finales de la humedad para los diferentes tratamientos.

En la Tabla 51 se presentan los resultados de los pesos finales del material descompuesto en base seca. En la Figura 86 se presenta el aspecto del material final fresco y en la Figura 87 el aspecto del material final seco de los diferentes tratamientos.



Figura 83. Aspecto de las lombrices y larvas utilizadas en el tratamiento 3.



Figura 84. Aspecto pulpa con mielles utilizada en los diferentes tratamientos.



Figura 85. Aspecto final de la pulpa en el tratamiento testigo. (a) Material fresco. (b) Material seco.

Tabla 51. Promedios y coeficientes de variación de los pesos finales [en base húmeda], humedades finales, peso final [seco] y pH final del material descompuesto.

	Réplica	Peso final (g)			
		Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Testigo
Pesos finales (en base húmeda)	Promedio (%)	747,9	442,4	440,9	735,3
	CV (%)	3,15	13,07	20,05	7,26
	Rendimiento (%)	74,79	44,24	44,09	73,53
Humedades finales del material descompuesto (Humedad inicial del sustrato: 79,89%)	Promedio (%)	87,38	82,36	78,33	88,49
	CV (%)	1,73	1,90	2,38	1,95
Peso final [seco] del material descompuesto (Peso inicial del sustrato seco: 201,1 g)	Promedio (%)	94,5	78,4	94,7	84,3
	CV (%)	14,04	20,13	16,23	13,86
	Rendimiento (%)	46,99	38,99	47,10	41,91
pH final del material descompuesto (pH inicial del sustrato: 3,93)	Promedio (%)	7,53	8,88	8,96	8,50
	CV (%)	2,91	3,49	4,04	6,38



Figura 86. Aspecto final del sustrato húmedo en los diferentes tratamientos.

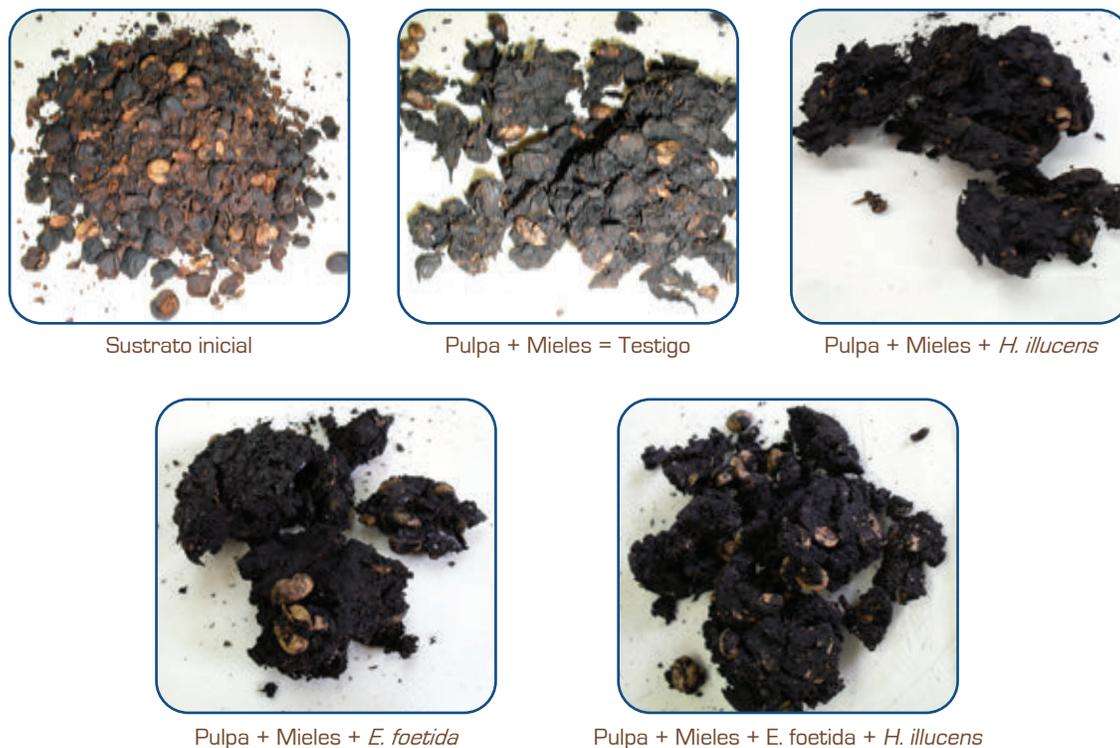


Figura 87. Aspecto final del sustrato seco en los diferentes tratamientos.

Los mayores rendimientos medios del proceso de transformación, en base seca, se alcanzaron en los tratamiento 1 (Pulpa + Mielles + *H. illucens*) y tratamiento 3 (Pulpa + Mielles + *E. foetida* + *H. illucens*).

En la Tabla 52 se presentan los resultados del incremento de la biomasa en los tratamientos evaluados.

Las mayores pérdidas de la biomasa se presentaron para el tratamiento 1 (Pulpa + Mielles + *H. illucens*), con un valor del 40,43%, relacionados con la pérdida de peso durante el proceso de metamorfosis de la mosca. El tratamiento 2 (Pulpa + Mielles + *E. foetida*) presentó un incremento en la biomasa de la lombriz del orden del 14,51%.

Transcurridos 15 días después de haber realizado el primer montaje, del tratamiento 1 emergieron 15 individuos adultos de la mosca *Hermetia illucens*; éstos fueron fotografiados, recolectados y dispuestos al interior de una caja galletera con pulpa fresca, con el fin de obligar a su apareamiento y posterior ovoposición en la pulpa. Después de

4 días de la primera aparición, del tratamiento 1 emergieron 25 individuos adultos, los cuales se dispusieron de la misma forma que los anteriores. La ventaja de los adultos es que no necesitan alimentarse, por lo que dependen de las reservas acumuladas durante la fase larvaria, y tienen un período de 5-8 días para aparearse y encontrar un lugar para depositar sus huevos.

El ciclo de vida completo de la mosca *Hermetia illucens*, sobre la pulpa de café, en 45 días pasando por siete instares que van desde huevo, larva, pupa y adulto (Figura 88).

Producción de bioalcoholes a partir de residuos de café.

Se realizaron trabajos para ajustar la metodología de producción de etanol, utilizando una levadura de un producto comercial Fermipan®, utilizando como sustrato mucílago de café. Los rendimientos globales en la producción de bioalcohol fueron del 1,1%. Estos rendimientos son bajos por lo que se están realizando ajustes en las etapas de fermentación y destilación que permitan optimizar los rendimientos del proceso de obtención de bioalcoholes.

Tabla 52. Biomasa final en el material descompuesto.

Réplica	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3		Tratamiento 4
	Biomasa Inicial (g)				
	35,0	35,0	17,5	17,5	0,0
Biomasa Final (g)					
1	29,6	56,5	25,4	10,3	0,0
2	12,3	58,6	12,8	10,8	0,0
3	12,5	48,8	24,3	22,7	0,0
4	17,1	0,0	30,5	16,7	0,0
5	36,2	53,7	24,7	16,4	0,0
6	18,5	0,3	0,0	16,6	0,0
7	11,9	30,6	13,1	28,5	0,0
8	23,0	15,3	0,0	13,5	0,0
9	21,7	49,4	0,0	13,2	0,0
10	25,7	87,6	0,6	19,2	0,0
Promedio [%]	20,85	40,08	13,14	16,79	0,0
CV [%]	38,62	70,14	94,41	33,21	0,0
Rendimientos	-40,43	14,51	-24,91	-4,06	N/A

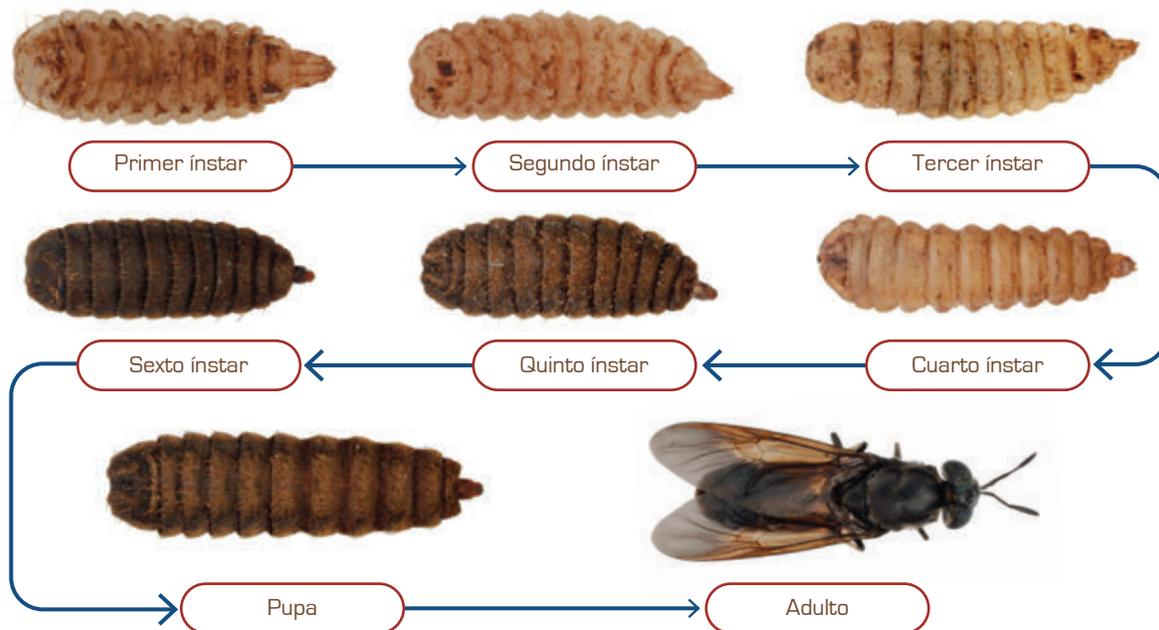


Figura 88. Ciclo de vida de *Hermetia illucens*



Gestión Administrativa y Financiera

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial statements. This includes not only sales and purchases but also expenses, income, and transfers between accounts.

Next, the document outlines the process of reconciling bank statements with the company's records. This involves comparing the bank's record of transactions with the company's ledger to identify any discrepancies. Common reasons for discrepancies include timing differences, such as deposits in transit or outstanding checks, and errors in recording or bank statements.

The document then discusses the importance of regular audits. Internal audits help identify potential weaknesses in the internal control system and prevent fraud. External audits by independent accountants provide an objective assessment of the company's financial health and compliance with accounting standards.

Finally, the document concludes by emphasizing the role of the accounting department in providing accurate and timely financial information to management and other stakeholders. This information is essential for making informed business decisions and ensuring the long-term success of the organization.

Gestión Administrativa y Financiera

Cenicafé en cifras

Presupuesto de Cenicafé

Por origen de recursos. Los recursos para las actividades de investigación de Cenicafé provienen de tres fuentes, las transferencias realizadas por la FNC, la generación de ingresos por aprovechamientos y los recursos aportados por los convenios de cofinanciación (Figura 89).

El presupuesto total de Cenicafé para el año 2015 ascendió a \$30.868 millones, correspondientes a \$17.821 millones de recursos transferidos

por la FNC, \$2.112 millones de ingresos por aprovechamientos y \$10.935 millones por concepto de convenios de cofinanciación, celebrados con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales.

En el año 2015 la transferencia de recursos de la FNC se incrementó en un 27%, respecto al año 2014, como resultado del análisis de las actividades estratégicas de las Líneas y Programas de Investigación, que se realizó en conjunto con Oficina Central.

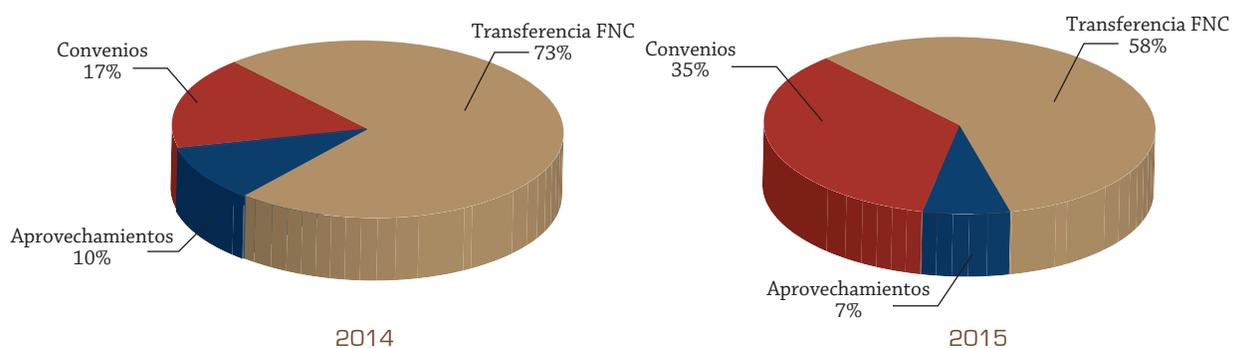


Figura 89. Composición presupuesto de Cenicafé para los años 2014 y 2015.

La generación de aprovechamientos está básicamente constituida por la venta de café, resultado de la actividad experimental en el campo, y por la entrega de semilla de variedades mejoradas de café (Programa Semilla) a los Comités Departamentales de Cafeteros, como parte de los programas de renovación de la FNC.

En cuanto al presupuesto de convenios de cofinanciación, en el año 2015 se incorporaron los recursos provenientes del Sistema General de Regalías para el desarrollo de los proyectos con los Departamentos de Caldas y Huila, y se continuó con la gestión de recursos con entidades nacionales e internacionales, para el desarrollo de las actividades de investigación alineadas con el Plan Operativo de Cenicafé.

Recursos Propios. Para el año 2015, el presupuesto de recursos propios ascendió a \$19.933 millones (Figura 90). El mayor incremento se presentó en el rubro de inversiones, que se destinaron a la adquisición de maquinaria, equipos de laboratorio, software y la renovación de los vehículos utilizados para transporte de personal y/o materiales en las Estaciones Experimentales y para el desplazamiento de los investigadores a los diferentes departamentos del país.

Por otro lado, en la nómina fija se registró un incremento del 13%, respecto al 2014, fundamentado en la contratación de personal en

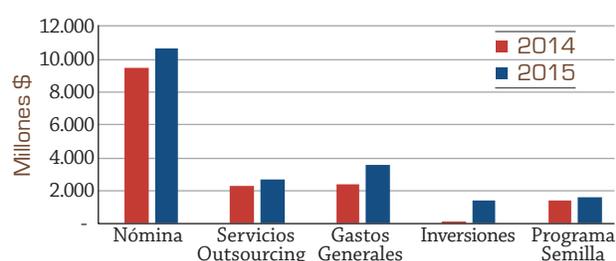


Figura 90. Presupuesto de recursos propios de los años 2014 y 2015

diferentes áreas del conocimiento, con el fin de fortalecer el desarrollo de las actividades planteadas en cada una de las Líneas de Investigación, bajo un enfoque multidisciplinario.

Convenios de Cofinanciación año 2015

Cenicafé continuamente gestiona recursos de cofinanciación, con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales, para apalancar el desarrollo de actividades de investigación, como complemento a la financiación estratégica realizada por la FNC.

En el año 2015, han estado vigentes 30 convenios, con recursos que ascienden a \$10.935 millones.

En la Tabla 53 se presenta el presupuesto de los convenios de cofinanciación para el año 2015, por entidad aportante.

Tabla 53. Convenios Nacionales e Internacionales.

Entidades Nacionales	Convenios	Millones \$ ⁽¹⁾	% Total
Agrocorp S.A.	1	191	1,7%
Casa Luker S.A.	1	347	3,2%
Cheminova Agro de Colombia S.A.	1	130	1,2%
Colciencias	1	5	0,0%
Colciencias - Fiduciaria Previsora	10	1.844	16,9%
Colinagro S.A.	1	85	0,8%
Departamento de Caldas - SGR	1	556	5,1%
Departamento del Huila - SGR	1	3.034	27,7%

Continúa...

...continuación

Entidades Nacionales	Convenios	Millones \$ ⁽¹⁾	% Total
Dow Agrosiences de Colombia S.A.	1	60	0,5%
Hydro Agri Colombia Ltda.	1	14	0,1%
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	1	204	1,9%
Orbiotec S.A.S.	1	2	0,0%
Suministros de Colombia - Sumicol	1	312	2,9%
Subtotal convenios nacionales	22	6.784	62,0%
Entidades Internacionales	Convenios	Millones \$ ⁽¹⁾	% Total
Bayer Cropscience S.A.	1	220	2,0%
International Division of Netherlands Agency	1	3.223	29,5%
Nestec	1	421	3,9%
Nestlé Nespresso	1	194	1,8%
Organización de Estados Americanos - OEA	1	26	0,2%
Syngenta	2	59	0,5%
US Forest Service	1	8	0,1%
Subtotal convenios internacionales	8	4.151	38,0%
Total⁽¹⁾	30	10.935	100%

⁽¹⁾Incluye el saldo del año 2014 por \$1.911 millones y los desembolsos estimados a diciembre de 2015 por \$9.024 millones.

Proyectos con recursos del Sistema General de Regalías (SGR)

En el marco del sistema General de Regalías, Cenicafé ha gestionado recursos para el desarrollo de investigaciones e implementación tecnológica en zonas de influencia cafetera (Tabla 54). Estos proyectos se enmarcan dentro de los dos Programas de Investigación que se han definido como estratégicos para el Centro, y los cuales se resumen a continuación:

SGR Huila -Vigente. El proyecto “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café, ajustado a las condiciones particulares de la caficultura del Huila”, se ejecutará entre el 13 de mayo de 2015 y el 13 de mayo de 2019, por un valor total de \$11.989 millones. En el año 2015, Cenicafé recibió el primer desembolso por \$3.034 millones.

El proyecto plantea, bajo una óptica de conocimiento agroecológico regional, la identificación de las principales amenazas y el grado de vulnerabilidad frente a la variabilidad climática de los sistemas productivos de café, la definición de los factores más limitativos de la producción, y el ajuste en el modelo productivo.

SGR Caldas – Paisaje Cultural Cafetero (PCC) - Vigente. El proyecto “Implementación de la Denominación de Origen del Café Regional y Marca del Paisaje Cultural Cafetero, Occidente, Caldas, Aguadas”, inició el 17 abril de 2015 y debe finalizar el 31 de diciembre de 2017, con un valor de \$1.421 millones. En el año 2015, Cenicafé recibió el primer desembolso, por \$556 millones.

Este convenio se suscribió con el fin de contribuir al incremento del valor económico del café de

Colombia, por la vía de la segmentación regional en los mercados nacionales e internacionales, a través de la implementación de Estrategias de Denominaciones de Origen y Marca Regional del PCC en Caldas.

SGR Nariño - En formulación. El proyecto “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo de café ajustado a las condiciones particulares de la caficultura Nariñense”, ya fue aprobado por el CODECTI de Nariño (Consejo departamental de Ciencia, Tecnología e innovación) y próximamente será presentado a la OCAD (Órgano Colegiado de Administración y Decisión) departamental.

El Proyecto busca identificar los factores limitantes en el cultivo del café, el desarrollo de alternativas de ajuste tecnológico, con variedades resistentes, productivas y con altos estándares de calidad, la implementación de la Denominación de Origen y la creación de un sistema de alertas climáticas, de plagas y enfermedades.

SGR - Piloto Caldas - En formulación. El proyecto “Construyendo la Adaptación de los sistemas productivos, sociales y económicos de las comunidades rurales del Departamento de Caldas, frente a la Oferta Climática Cambiante, una

herramienta para su prosperidad, competitividad y sostenibilidad”, para 13 cadenas productivas que incluyen Café, fue presentado por un monto total de \$7.974 millones y 2 años de duración, a la fecha se encuentra aprobado por el CODECTI y la OCAD (Órgano Colegiado de Administración y Decisión) regional.

SGR Sistemas Agroforestales - Santander y Norte de Santander - En formulación. La investigación “Aplicación de Ciencia, Tecnología e innovación en el cultivo de café bajo condiciones de sombrero en los departamentos de Santander y Norte de Santander”, se encuentra en formulación y en discusión con los Comités Departamentales.

Personal de nómina de Cenicafé 2015

Cenicafé cuenta con personal altamente competente para atender las necesidades de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Caficultura, muestra de ello es que para el año 2015 el 60% de los colaboradores tienen formación superior; de éstos, el 39% cuenta con formación de posgrado y el 23% se encuentra adelantando estudios de posgrado.

En la Tabla 55 se presenta un cuadro resumen con el nivel de formación del personal de nómina del Cenicafé.

Tabla 54. Resumen de los proyectos presentados al Sistema General de Regalías -SGR (mill. \$).

Departamento	Estado	Durac. años	Convenio FNC					Otros		Valor Total
			SGR	Contrapartida FNC			Total	Intervent.*	Ecoflora/Udenar	
				Comité de Cafeteros	Gerencia Comunic.	Cenicafé				
Huila	Vigente	4	10.836	461	0	692	11.989	Udenar	0	12.681
Caldas - Paisaje Cultural Cafetero	Vigente	3	1.112	85	119	105	1.421	124	0	1.545
Caldas - Ecoflora / Broca	No aprobado	4	1.815	0	0	335	2.150	173	2.280	4.603

Departamento	Estado	Durac. años	Convenio FNC					Otros		Valor Total
			SGR	Contrapartida FNC			Total	Intervent.*	Ecoflora/ Udenar	
				Comité de Cafeteros	Gerencia Comunic.	Cenicafé				
Caldas - Piloto Caldas	En Formulación	2	7.974	0	0	2.242	10.216	0	0	10.216
Nariño	En Formulación	4	6.701	146	0	428	7.275	300	1.130	8.705
Santander	En Formulación	4	16.595	0	0	0	16.595	0	0	16.595
Norte de Santander	En Formulación	4	13.563	0	0	0	13.563	0	0	13.563
Total			58.596	692	119	3.802	63.209	1.289	3.410	67.908

* A cargo de la entidad territorial

Tabla 55. Convenios Nacionales e Internacionales.

Nivel Académico	No. Personas 2015
Doctorado	16
Doctorado en formación	9
Maestría	25
Maestría en formación	22
Especialización	16
Especialización en formación	3
Pregrado	55
Pregrado en formación	9
Técnicos/tecnólogos	37
Bachiller/primaria	51
Total	243

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry, no matter how small, should be recorded to ensure the integrity of the financial statements. This includes not only sales and purchases but also expenses and income. The document provides a detailed explanation of how to categorize these transactions correctly, ensuring they are recorded in the appropriate accounts. It also highlights the need for regular reconciliation of bank statements and the company's records to identify any discrepancies early on.

The second part of the document focuses on the preparation of the income statement. It outlines the steps involved in calculating net income, starting from the total revenue and then deducting all expenses, including cost of goods sold, operating expenses, and taxes. The document provides a clear breakdown of how each component is derived from the underlying transactions. It also discusses the importance of presenting the income statement in a clear and concise manner, using appropriate accounting principles and standards.

The third part of the document addresses the preparation of the balance sheet. It explains how to determine the company's assets, liabilities, and equity at a specific point in time. The document provides a detailed list of the items that should be included in each category, along with instructions on how to value them. It also emphasizes the need for the balance sheet to be balanced, meaning that total assets must equal total liabilities plus equity. The document provides a step-by-step guide to preparing the balance sheet, ensuring that all necessary information is included and presented accurately.

The final part of the document discusses the importance of reviewing and auditing the financial statements. It explains that a thorough review is necessary to ensure that all transactions have been recorded correctly and that the financial statements are free from errors and misstatements. The document also discusses the role of an external auditor in providing an independent opinion on the fairness and accuracy of the financial statements. It provides a checklist of items to be reviewed and audited, ensuring that all aspects of the financial statements are covered.

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.

PROGRAMA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo Ph.D.

PROGRAMA CAFICULTURA Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Fernando Gast H., Biólogo Ph.D.

DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

Calidad

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.
Aristóteles Ortiz, Químico, M.Sc
Andrés Mauricio Villegas H., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga **
Mariana Santos Rivera, Médica Veterinaria Zootecnista
Luz Fanny Echeverry G., Química
Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola M.Sc
Lady Juliet Vargas G., Ing. de Alimentos
Duván Gallego A., Tecnólogo en Producción Agrícola

Jazmín Vanessa López R., Tecnóloga Química
Alexis Urriago Y., Técnico en Producción Agrícola
Paola Andrea Calderón T., Tecnólogo en producción agropecuaria ecológica
Gustavo Echeverri M.

Gestión de Recursos Naturales y Conservación

Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.
Olga Lucía Vargas I., Ing. Forestal PhD.
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
Juan Carlos López N., Microbiólogo **
Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista **

Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y Zootecnista **

Laura Vanessa Quintero Y., Ing. Química **

Jenifer Andrea Galeano S., Bióloga

Viviana Lorena Bohórquez Z., Bióloga

Cristy Mayerly González D., Ing. Ambiental

Andrés Felipe Osorio O., Ing. Químico

Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química

Samuel Castañeda

Walter Mauricio Osorio O.

Óscar Darío Yépez C.

Fisiología vegetal

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.

Jenny Lorena Aguirre M., Ing. de Alimentos

Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónomo

Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo

Carlos Andrés Unigarro M., Ing. Agrónomo M.Sc.

Mauricio Jiménez S., Ing. Agrónomo

Constanza Andrea Isaza M., Química Industrial

Marta Bibiana Escobar P., Tecnóloga Química

Claudia Marcela Mora A. **

Mario Franco A.

Braian Alejandro López O. **

Claudia Patricia Valencia V.

José Robín García C.

Marlio Fernando Abella D.

Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo Ph.D.

Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo M.Sc.*

José Horacio Rivera P., Ing. Agrónomo Ph.D.

Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.*

Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga**

Alveiro Salamanca J., Ing. Agrónomo Ph.D.

Vanessa Catalina Díaz P., Química

Janeth Escudero A., Microbióloga Industrial y Ambiental

Fabio Alexis Torres A., Ing. Agrónomo Esp.

Andrés Felipe Castro Q., Ing. Agrónomo M.Sc.

Wadi Andrey Castaño C., Ing. Agrónomo

César Augusto Gallego M., Ing. Agrónomo

Víctor Félix Alarcón T., Ing. Agrícola

Claudia Marcela Ospina F., Tecnóloga Química

John Andersson Giraldo F., Tecnólogo en

Administración de Empresas Agropecuarias

Arturo Gómez V.

Fitotecnia

Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.

José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo M.Sc.

Leidy Tatiana Bermúdez F., Ing. Agrónomo

Nathalia Díaz M., Ing. Agrónomo

Leonardo Arvey Sánchez P., Ingeniero Agrónomo

Luisa Marcela Cerquera B., Ingeniera Agrícola

Jorge Alexis Ramos P., Ingeniero Agrícola

Carlos Augusto Ramírez C., Técnico profesional en Técnicas Forestales **

Albenis Tovar P., Tecnólogo en Producción Agrícola

Marco Fidel Cardona de la Cruz, Tecnólogo en

Administración y Producción Limpia de Café

Miguel Ángel Erazo R., Tecnólogo en Agricultura

de Precisión

Mejoramiento Genético

José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.

Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D.

Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo

M.Sc.*

Jefferson Medina O., Biólogo**

Alexa Yadira Morales C., Bióloga

Ligia Belén Suescún P., Ing. Producción

Biotechnológica

Henry Mauricio Salas M., Ing. Agrónomo

Conrado Antonio Quintero D., Administrador Financiero

Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero

Jairo Jaramillo O., Tecnólogo en Electrónica **

Gilbert Rodríguez Q., Técnico Profesional en

Desarrollo de Producción Pecuaria

Jhon Esteban Quintero A., Técnico en Producción de Café

Jhon Jairo Cuellar V., Tecnólogo en Producción Agrícola

Hernán Díaz C.

Cruz Elena Díaz M.

Omar Villarreal

Sandra Liliana Largo V.

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.

Carmenza E. Góngora B., Microbióloga Ph.D.

Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo Ph.D.

Luis Miguel Constantino C., Biólogo Entomólogo M.Sc.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo M.Sc.*
Flor Edith Acevedo B., Ing. Agrónomo*
Lucio Navarro E., Biólogo*
Leidy Johanna Tapias I., Química Industrial
Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo
Mauricio Jiménez Q., Tecnólogo en Administración Agropecuaria
Juan Paulo Pimentel S., Tecnólogo en Administración de Empresas Agropecuarias
Juan Carlos Ortiz F.
Carlos Alberto Quintero A.
Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café
Claudia Bibiana Tabares B.
Faber de Los Ríos P.
Diana Marcela Giraldo V.

Agroclimatología

Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola
Arley Valencia S., Ing. Electrónico**
Mauricio Serna O., Ing. Electrónico
Vanessa Corzo M., Ing. Biotecnológico
Wílmur A. Rendón G., Tecnólogo en Sistemas Informáticos
Jorge Hernán Marulanda E., Tecnólogo en Electrónica
Jhony Andrey Sánchez E., Tecnólogo en Sistemas
Myriam Giraldo M.
Luis Gonzaga Henao R.
Fabián Sánchez L.
Luis Fernando Torres Q.
Orlando Salazar G.

Fitopatología

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.
Nancy del Carmen Arciniegas B., Ing. Agrónoma, M.Sc.
Juan Manuel López V., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Alejandra María Hoyos G. Ing. Agrónomo
Ferneý López F., Ing. Agrónomo/Contador
Carlos Alberto Zuluaga E., Técnico en Mantenimiento de Computadores y Redes
Henry Hugo Salcedo V., Técnico en Producción Agrícola

Carlos Arturo González V.
Jorge Dicksson Ocampo M.
Jaroliver Cardona G.
Juan Carlos López C.

Sostenibilidad

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos M.Sc.
Gloria Esperanza Aristizábal V., Lic.en Bióloga y Química M.Sc.
María Cristina Chaparro C., Química M.Sc.
Janeth Alexandra Zuluaga M., Economista Empresarial M.Sc.
Paola Andrea Espejo G., Antropóloga, Esp. en Gestión de Proyectos
María Caterín Estrada C., Economista Empresarial
Mario López L.
Mateo Correa O., Aprendiz Sena

Ingeniería agrícola

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.
César Augusto Ramírez G., Arquitecto M.Sc.
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.*
Paula Jimena Ramos G., Ing. Electrónico M.Sc**
Mateo Castrillón C., Ingeniero Electrónico
Carlos Alfonso Tibaduiza V., Ing. Agrícola,*
Álvaro Guerrero A., Ing. Electrónico/Electricista,**
Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
José Farid López D., Tecnólogo en Administración Agropecuaria
Mario Espinosa G.
Javier Velásquez H.
Lucas González G., Aprendiz Universitario
Jhon Alejandro Ríos G., Pasante Universitario

EXPERIMENTACIÓN

Carlos Gonzalo Mejía M., Administrador de Empresas Agropecuarias M.Sc.
Kelly Johana Correa A., Profesional en Administración de Mercadeo

Estación Central Naranjal

Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo

Estación Experimental El Tambo

Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo M.Sc.

Estación Experimental El Rosario

Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal**

Estación Experimental La Catalina

Diego Fabián Montoya, Agrónomo

Francisco Javier Álzate O.

Vidal de Jesús Largo T.

Estación Experimental Líbano

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Paraguaicito

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo **

Daniel Antonio Franco C., Tecnólogo en Gestión Agropecuaria **

Estación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Santander

Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo

Melsar Danilo Santamaría B., Ing. de Alimentos

APOYO A LA INVESTIGACIÓN

Biometría

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.

Rubén Darío Medina R., Estadístico M.Sc.

Hernando García O., Tecnólogo Agroforestal**

Yenny Alejandra Sánchez C., Aprendiz

Documentación

Alma Patricia Henao T., Lic.en Lenguas Modernas, Bibliotecóloga, Esp.

Nancy Elena Pérez M., Contador

Jorge Wilmar Valencia G. Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información

Economía

César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.

Juan Carlos Gómez S., Contador, Ing. Agrónomo **

Marisol González G., Economista **

Divulgación y Transferencia

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónomo M.Sc.

Carmenza Bacca R., Diseñadora Visual

Jair Montoya T., Administrador de Empresas M.Sc.

Óscar Jaime Loaiza E., Diseñador Visual

Luz Adriana Álvarez M., Diseñadora Visual

Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero

Mateo Ramírez M., Aprendiz

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas, Contador Público, Esp.

Rufina Perdomo G.

Gestión Contable y Tributaria

Martha Elena Vélez H., Contadora Esp.

Jesús Danilo González O., Contador Esp.

Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público

María Camila Ramírez J., Contadora **

María Consuelo González H.

Santiago Taborda V., Aprendiz

Nicolás Velásquez O., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios Mantenimiento

Óscar Fernando Ramírez C., Ing. Mecatrónica**

Gabriel Hernando Ortiz C., Tecnólogo en Gestión Bancaria y Financiera

Javier Vanegas V. Técnico Electricista

Mauricio Alexander Erazo S. Técnico Electricista

Cristian Andrés Chica G., Tecnólogo en Mecatrónica

Uriel López P.

Rogelio Rodríguez G.

Eduardo Villegas A.

Fredy Hernán Osorio C.

Jhon Fredy Rojo G.

Jorge Eduardo Sepúlveda V.

Jorge Antonio Arias A.

Sergio Alejandro Morales C., Aprendiz

Universitario

Gestión de Tesorería

Luis Fernando Ospina A., Contador Público, Esp.

Gestión del Talento Humano

Érica Mayerly Galvis R., Trabajadora Social M.Sc.

Luz Yaneth Guarín C., Tecnóloga en Administración de Negocios **
Germán Uriel G., Administrador de Empresas, Esp.
Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional Esp**
Gina Alejandra Quiceno H., Aprendiz

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L. Ing. Industrial M.Sc.
Valentina Sepúlveda C., Ingeniera Industrial, Esp.
Damaris Márquez G., Administradora Financiera**
Federico Giraldo D., Administrador de Empresas**
Astrid Yuliana Ortiz R., Administradora de Empresas, Esp.
Lina Marcela Patiño G., Tecnóloga en Gestión Administrativa

Gestión de Bienes y Servicios Contratación

Juan David Álzate O., Economista, M.Sc.
Ángela Jaramillo G., Prof. en Comercio Internacional **
Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial
Leidy Tatiana Salas C., Profesional en Negocios Internacionales
Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de Negocios
Aura Janeth Sánchez P., Tecnóloga en análisis y desarrollo de sistemas de información
Yolanda Castaño G.
Gabriel Antonio Melo P.
Juan Pablo Jaramillo B., Técnico en Fotografía
Lina María Giraldo, Técnico Asistente Administrativo**
Kevin Pérez C., Aprendiz
Walter Cuervo C., 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. Esp.
Daniel Orozco J., Ing. Sistemas y Telecom. Esp.

Leonardo Adolfo Velásquez N., Ing. de Sistemas y Telecom. Esp.
Kevin Adolfo Hincapié V., Ing. de Sistemas y Telecom. Esp.
Andrés Felipe Ramírez M., Ing. Sistemas y Telecom.
Humberto Iván Ríos, Ingeniero Ambiental Esp.
Yulieth Paola Giraldo E., Ing. de Sistemas y Telecom Esp.
José Rubiel Castrillón G., Ing. Sistemas y Telecom.
Audberto Quiroga M., Biólogo**
Stephan Andrés Salazar A., Ingeniero Agrícola
Jonnier Alejandro Hoyos A., Tecnólogo en gestión agropecuaria

*Comisión de estudios

**Adelantando estudios en el país



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org