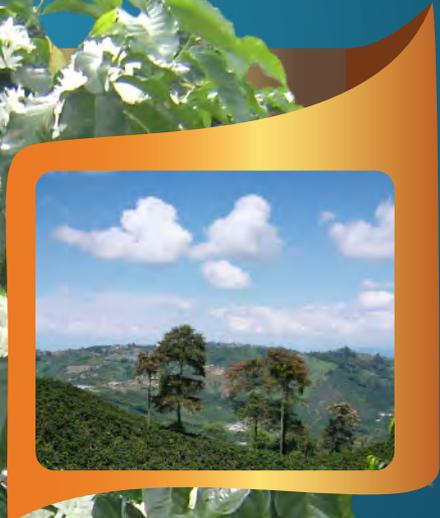




FoNC
Fondo Nacional del Café

Informe Anual **Cenicafé** 2013





Ministro de Hacienda y Crédito Público
Mauricio Cárdenas Santamaría

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Rubén Darío Lizarralde Montoya

Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Sergio Díaz Granados

Director del Departamento Nacional de Planeación
Tatyana Orozco de la Cruz

COMITÉ NACIONAL

Período 1° enero/2011- diciembre 31/2014

José Eliécer Sierra Tejada
Jorge Cala Robayo
Eugenio Vélez Uribe
Fernando Castrillón Muñoz
Crispín Villazón de Armas
Javier Bohórquez Bohórquez
Fernando Castro Polanía
Iván Pallares Gutiérrez
Carlos Alberto Erazo López
Alfredo Yáñez Carvajal
Carlos Alberto Cardona Cardona
Darío James Maya Hoyos
Jorge Julián Santos Orduña
Luis Javier Trujillo Buitrago
Carlos Roberto Ramírez Montoya

GERENTE GENERAL

Luis Genaro Muñoz Ortega

GERENTE ADMINISTRATIVO

Luis Felipe Acero López

GERENTE FINANCIERO

Julián Medina Mora

GERENTE COMERCIAL (E)

Constanza Mejía De Los Ríos

GERENTE COMUNICACIONES Y MERCADEO

Luis Fernando Samper Gartner

GERENTE TÉCNICO

Carlos Armando Uribe Fandiño

DIRECTOR INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Fernando Gast Harders

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 - 2013

Créditos

Comité Editorial Cenicafé:

Fernando Gast H.	Ph.D. Director
Pablo Benavides M.	Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología
Juan Rodrigo Sanz U.	Ph.D. Ing. Agrícola. Ingeniería Agrícola
Juan Carlos Herrera P.	Ph.D. Biólogo. Mejoramiento Genético
Víctor Hugo Ramírez B.	M.Sc. Ing. Agrónomo. Fitotecnia
Marco A. Cristancho A.	Ph.D. Microbiólogo, Fitopatología
Sandra Milena Marín L.	M.Sc. Ing. Agrónomo. Divulgación y Transferencia

Edición de textos

Sandra Milena Marín L.

Diseño y diagramación

Óscar Jaime Loaiza E.

Diseño de carátula

María del Rosario Rodríguez L.

Fotografías

Archivo Cenicafé y Disciplinas de Investigación
Pág. 147, Fundación Manuel Mejía

Impreso por

Editorial Blanecolor S.A.S.

ISSN - 2145-521X

Tabla de contenido

Resumen ejecutivo	5
Programa Producción y Productividad	19
LÍNEA PPR0100 Conocimiento de los factores de producción a nivel regional y ajuste en los elementos del sistema.....	21
LÍNEA PPR0200 Aumento de la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos ajustados a la oferta ambiental, teniendo como referencia la producción potencial	26
LÍNEA PPR0300 Eficiencia de los factores de producción.....	29
LÍNEA PPR0400 Consolidación de la red de distribución de semilla	48
LÍNEA PPR0500 Alternativas de protección del cultivo	49
LÍNEA PPR0600 Evaluación de germoplasma	56
LÍNEA PPR0700 Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades	64
LÍNEA PPR0800 Protección del cultivo de limitantes potenciales de la producción	71
LÍNEA PPR0900 Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad de café a los subproductos y al aseguramiento de la calidad	77
Caficultura y Variabilidad Climática	83
LÍNEA CVC0100 Medir las amenazas y vulnerabilidades de identificar las oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática	85
LÍNEA CVC0200 Incrementar la certidumbre “Aprender del pasado, monitorear el presente, información para el futuro”	89
LÍNEA CVC0300 Estrategias que ayuden a reducir el riesgo agroclimático	111
Convenio Huellas de Paz	147
Programa Forestal KFW	161
Caracterización de los Cacaos de Colombia - Fase III	173
Gestión Administrativa y Financiera	177





Resumen ejecutivo

En el marco del Plan Estratégico de la Federación, Cenicafé participa con la Propuesta de Valor 2: Competitividad e Innovación, en la generación de conocimientos, tecnologías e innovaciones, para los caficultores Colombianos.

Las investigaciones que se adelantaron durante el 2013 se fundamentaron en el desarrollo del Plan Operativo de Cenicafé y el Documento Estratégico de la Federación Nacional de Cafeteros, con miras a la sostenibilidad de la caficultura, a partir de la definición e implementación de las alternativas de adaptación para la caficultura en Colombia, que contribuyan a recuperar, estabilizar y aumentar la producción y la productividad de los cafetales, con sostenibilidad y calidad, teniendo en cuenta los principales factores determinantes que inciden en la producción y la productividad bajo una óptica regional.

A continuación se presentan los resultados de la gestión de Cenicafé durante el 2013:

PROGRAMA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD

El objetivo de incrementar la producción y productividad de los cafetales con sostenibilidad y calidad se abordó desde diferentes conceptos que integran el conocimiento regional de los factores agroecológicos que más influyen en la respuesta, la definición de los factores de producción más limitativos y su grado de ajuste a modelos productivos como referente de la producción potencial, el desarrollo de variedades que respondan a los retos actuales de escenarios cambiantes y mantengan el reconocimiento de nuestro producto, el desarrollo de estrategias que permitan agregar valor a la calidad y a los subproductos del café, y disminuir los costos de producción y los impactos ambientales que se generan en los diferentes procesos.

Durante el 2013 se planificaron, estructuraron y se generaron los documentos de las nueve líneas que constituyen el marco de actuación del Programa Producción y Productividad. A continuación se consolidan los resultados más relevantes generados por cada línea.

PPR0100. Conocimiento de los factores de producción a nivel regional y ajuste en los elementos del sistema. Se realizaron los diagnósticos de los sistemas de producción de los departamentos de Nariño, Huila, Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander. Para el departamento de Huila el proyecto surtió todos los procesos hasta llegar a la

etapa de presentación ante la Secretaría Técnica de Colciencias, el cual fue aprobado. Adicionalmente, para este proyecto se encuentra en construcción el plan operativo, como requisito para la suscripción del convenio entre la Gobernación, Cenicafé y el Comité de Cafeteros del Huila. El proyecto estructurado para el departamento de Nariño, se encuentra en trámite. Para los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander, se realizó la caracterización la cual fue almacenada en forma de mapas temáticos, insumo básico para la estructuración del proyecto.

Se obtuvo una primera aproximación de Zonificación Agroclimática para el cultivo de café en Colombia y el área de representación departamental de cada Estación Experimental (EE) de Cenicafé. La Zonificación Nacional permitió diferenciar 12 áreas agroclimáticas en las cuales la respuesta del cafeto estará condicionada a las restricciones o a las aptitudes del ambiente, de los suelos y de manejo. Teniendo en cuenta el área cafetera de los departamentos donde se encuentran ubicadas las EE, el área cafetera que representan los Dominios de Recomendación de las EE es de 179.000 hectáreas.

Dentro de las actividades, el ajuste de información climática de suelos y de la base de datos SIC@, que soportará los trabajos y análisis de la estructura geopolítica cafetera y la generación indicadores bioclimáticos para todos los puntos de la base SIC@, permitirá una aproximación de las características agroclimáticas de las zonas cafeteras para diagnósticos regionales, validación, ajustes e identificación de óptimos.

PPR0200. Aumento de la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos ajustados a la oferta ambiental, teniendo como referencia la producción potencial. Para cumplir con el objetivo de Simular para Colombia la producción potencial de café por hectárea, por zona, en ambientes para años El Niño, La Niña y Neutro, inicialmente, en cada una de las zonas de producción de café en Colombia, se seleccionaron tres estaciones de clima. Con la información histórica de temperatura media diaria, horas de brillo solar diario y latitud, en períodos de años El Niño, La Niña y Neutro (grupos), de cada una de las estaciones en cada zona, se simuló la producción potencial en sacos de café verde por hectárea, para un ciclo de producción del cultivo de café Variedad Castillo®, de 5 años desde siembra, en densidades de 2.500, 5.000, 7.500 y 10.000 plantas por hectárea. El comportamiento de la producción potencial acumulada para cada estación, en cada uno de los grupos, indicó hasta la densidad de 7.500 plantas/ha, que a mayor densidad mayor producción y menor producción por árbol. La producción para las densidades 7.500 y 10.000 plantas/ha es similar. Pasar

de una densidad de 2.500 a 7.500 árboles/ha incrementa la producción potencial entre 24,2% y 148,9%.

Para la densidad de 7.500 plantas/ha, en las estaciones de la zona norte, la mayor producción acumulada se registra en años Neutro, mientras que en las demás zonas, la mayor producción se presenta en años El Niño. Para todos los grupos, la mayor producción potencial se presenta en la zona centro norte y la menor producción en la zona centro sur. En general, el máximo de producción potencial acumulada en 3 años de producción, oscila entre 133 y 241,8 sacos de café verde por hectárea.

Como proyección se simulará la producción potencial para las demás estaciones climáticas Cenicafé, determinar el promedio por zona y hectárea, y construir el mapa de producción potencial para Colombia, de acuerdo con la oferta climática. Con esta información se establecerán los criterios agronómicos para acercar la producción de café a la producción potencial, por zona.

PPR0300. Aumento de la eficiencia de los factores de producción. Las actividades relevantes de la línea integraron diferentes aspectos relacionados con reducción de costos, manejo de cafetales y mejoramiento de los indicadores de cosecha y postcosecha. Se abordaron estudios relacionados con la eliminación de la yema terminal en almácigo, se amplió el conocimiento de los niveles de sombrero en SAF con café en regiones específicas y su relación con las densidades de siembra en variedades de porte bajo y de porte alto, y la fertilización complementaria.

En nutrición y fertilización se constató la respuesta al suministro de nutrientes en café, se verificó la respuesta al fraccionamiento del fertilizante en la zona cafetera central, se confirmó la cantidad de nitrógeno-N que debe aplicarse por hectárea y año en los cafetales durante la etapa de producción, se encontró la relación del N con el incremento en el peso y la composición elemental del fruto y la calidad física del grano, se corroboró el efecto acidificante de la fertilización nitrogenada y su efecto en la capacidad del intercambio catiónico del suelo.

En cosecha de café se adelantaron investigaciones con las cuales se busca mejorar los indicadores de la cosecha manual por eficiencia, calidad, eficacia y pérdidas, y disminuir el costo unitario de esta actividad mediante dispositivos que permiten una mejor distribución de la carga al operario y desarrollo de herramientas que permiten mejorar la operabilidad y eficiencia de la mano de obra. En beneficio se instaló la tecnología ECOMILL® 1.500 en una finca cafetera y se dio a conocer a caficultores, extensionistas y empresarios.

Se evaluaron varias técnicas de conservación del café húmedo y se realizaron las actividades que soportarán la construcción de una central comunitaria para beneficio húmedo con mínimo impacto ambiental. En secado, se diseñó y construyó un secador de flujos concurrentes y en mecanización del cultivo se evaluó un dispositivo para recoger frutos del suelo.

Como resultados de esta línea se destacan:

- Las plantas de café en almácigo responden a la eliminación de la yema terminal desde el primero hasta el quinto mes de trasplante.
- En El Socorro-Santander (Finca Las Tapias), la densidad de siembra de café con la cual se obtienen las máximas producciones, con sombrero de *Inga edulis*, fue de 10.000 plantas/ha.
- En condiciones de la Estación Experimental Pueblo Bello, a bajas densidades de siembra del café y sombrero regulado, no hay respuesta del café a la aplicación de fertilizante químico, orgánico o en mezclas.
- En las Estaciones Experimentales Naranjal, Pueblo Bello y El Tambo, en sistemas agroforestales con la variedad Tabi, las densidades de siembra con las que se obtienen las máximas producciones corresponde a 5.000 plantas/ha.
- A excepción de la Estación San Antonio (Floridablanca-Santander), en las Estaciones El Rosario (Venecia-Antioquia) y Naranjal (Chinchiná-Caldas) y las fincas El Porvenir (Manzanares-Caldas) y El Agrado (Montenegro-Quindío), fraccionar más de dos veces la fertilización requerida para cafetales en edad productiva, según el análisis de suelos, no afectó la producción anual ni acumulada de café cereza.
- En las Estaciones Naranjal, El Rosario y Paraguaicito (Quindío) se presentó efecto de las dosis de N en la cosecha obtenida durante el año 2012, aunque no se evidenció respuesta de las fuentes. En la Estación Experimental Líbano hubo efecto tanto de dosis como de fuentes. La aplicación de nitrógeno disminuyó el pH de los suelos en todas las Estaciones a excepción de El Rosario. La tendencia corrobora que son suficientes 300 kg/ha-año de N para suplir los requerimientos nutricionales de café.
- En la Estación Experimental El Rosario y en Gigante (Huila) no se encontró efecto de la aplicación de óxido de cinc-ZnO al suelo, sobre la producción anual y acumulada.

- La fertilización de cafetales en producción con fuentes simples en mezcla física y complejos granulados, no manifiesta diferencias con la fertilización química basada en análisis de suelo en las Estaciones San Antonio, El Rosario y la finca El Agrado.
 - Los resultados de 10 años de experimentación en la bionutrición de plantas de café, abren la posibilidad de incluir bacterias fijadoras de nitrógeno en la nutrición para mejorar la asimilación del nutriente químico.
 - Un grupo de bioestimulantes evaluados en cafetos, en la Estación Naranjal, no tuvo un efecto significativo sobre la concentración o dispersión de la floración; no obstante, se presentaron diferencias en variables como número de frutos, peso promedio del fruto, tamaño del grano y producción de café cereza por rama.
 - En la evaluación del sistema de soporte ergonómico para el coco recolector de café- SERCOR, el 73% de los recolectores reconocen la facilidad cuando hacen uso de éste para recoger el café del suelo, y entre 77% y 85% consideran funcional el soporte al momento de ejecutar los desplazamientos horizontales y verticales. El 80% de los encuestados manifestaron la oportunidad de emplearlo en actividades complementarias como fertilización y recolección de frutos en otros cultivos.
 - Con la tecnología Canguaro 2M se han obtenido importantes mejorías en los indicadores de la cosecha manual del café, con menor porcentaje de frutos verdes, menores pérdidas por caída de frutos al suelo, menor número de frutos maduros dejados sin recolectar en un pase e incremento en la cantidad de café recolectado por jornada.
 - Las herramientas ALFA-I e ITOOLS están conformadas por un sistema optoelectrónico para la detección de frutos maduros en la rama, un sistema mecánico de desprendimiento y un tercer sistema que se encarga de sincronizar el funcionamiento de los anteriores. Con ellas es posible cosechar glomérulos de diferentes tamaños y se han desarrollado avances en el sistema de conteo y detección de frutos por estados de desarrollo en una rama de café en el campo.
 - Con el equipo portátil Twist, se puede aumentar la eficiencia de la mano de obra empleada, con modificaciones en la lanza que permitan variar su longitud y facilitar su empleo en cafetales de diferente altura. Con relación a la recolección manual tradicional, en la finca Los Naranjos (Cauca), el rendimiento promedio del operario con el equipo Twist, sin modificaciones, aumentó 201,7%.
 - Con relación a la tecnología con desmucilagador mecánico de varillas, con la tecnología ECOMILL® 1.500, implementada en la Finca las Brisas (Pereira-Risaralda) se obtuvo: 1. Menor consumo específico de agua (68,2%); 2. Menor requerimiento específico de energía, kW-h/t de café lavado (68,5%); 3. Control del 100% de la contaminación generada por las aguas residuales de lavado.
 - Se diseñó una Central para el Beneficio y Secado con capacidad para procesar el café producido por 95 pequeños productores. La Central tiene capacidad para 150.000 kg/año de c.p.s. (12.000 @/año de c.p.s.).
 - Con el Secador Intermitente de Flujos Concurrentes para Café Pergamino (IFC 62) se espera obtener café de alta calidad física y sensorial, con alta uniformidad de humedad final y alta eficiencia térmica.
- PPR0400. Consolidación de la red de distribución de semilla.** Se atendió la demanda de semilla, con calidad, cantidad y oportunidad, que permitió el cumplimiento de los planes de renovación institucionales, de acuerdo a las necesidades de los Comités Departamentales de Cafeteros. Se entregaron de forma directa 73.000 kg de c.p.s. y se coordinó a través de fincas productoras la entrega de 38.000 kg de c.p.s.
- Se definieron los criterios de producción de almácigos de buena calidad para las empresas particulares y se adelantaron acciones ante el ICA para inscribir las variedades en el Registro Nacional de Cultivares, así como el proceso de producción certificada de semilla.
- PPR0500. Alternativas de protección del cultivo**
- Control de la broca del café.** Con el propósito de identificar enemigos naturales de broca y desarrollar metodologías para su cría, se recolectaron especies de coleópteros de la familia Silvanidae que depredan estados inmaduros de broca: *Cathartus quadricollis*, *Monanus* sp., *Ahasverus advena* y *Europs* sp., siendo los dos últimos, nuevos reportes como depredadores de broca. De la familia Anthocoridae se halló *Xylocoris* sp., hasta en un 15% de los frutos evaluados; este depredador, al igual que las especies anteriores, penetra frutos de café por los orificios de entrada que hace la broca y se alimentan de estados inmaduros de la plaga. También se recolectaron la avispa de Uganda *Prorops nasuta* y la avispa de Costa de Marfil *Cephalonomia*

stephanoderis. *P. nasuta* se capturó en promedio en el 40% de los frutos secos brocados del árbol. Se obtuvieron los ciclos biológicos de tres de las especies de depredadores: *Cathartus quadricollis*, *Ahasverus advena* y *Xylocoris* sp. (Hemiptera: Anthocoridae). La depredación promedio de *C. quadricollis* sobre la broca del café en condiciones de laboratorio fue de 96% para huevos y 86% para larvas y pupas. *Xylocoris* sd. presentó en condiciones de laboratorio un promedio de depredación sobre huevos de la broca del 45% y de 95% para larvas y prepupas, respectivamente. Las especies estudiadas son depredadores potenciales para ser involucrados en programas de control biológico por incremento dentro del Manejo Integrado de la Broca, en cultivos de café en el país.

Con respecto a la evaluación de nuevos productos químicos para el control de la broca del café, los nuevos insecticidas clorantraniliprol + tiametoxam y cyantraniliprole, clasificados de acuerdo a su peligrosidad en la categoría III (ligeramente peligrosos), mostraron acciones de control sobre la broca del café comparables con insecticidas organofosforados actualmente recomendados, con un efecto residual de hasta 20 días. Actualmente Cenicafé recomienda estos insecticidas como estrategia de control químico en un Programa de Manejo Integrado.

Control de otras plagas del café. Con el propósito de tener alternativas para el control de la **arañita roja del café *Oligonychus yothersi***, fueron evaluados en el laboratorio y en el campo productos químicos, productos botánicos, productos biológicos y un detergente. Los tratamientos Oberon y Sanmite causaron una mortalidad mayor al 95% al día 4 después de la aplicación. Al día 10, los productos que causaron porcentajes de mortalidad por encima del 95% fueron Oberon, Omite, Vulcano, Borneo y Lathix. Algunos de estos productos tienen diferente modo de acción e ingrediente activo, dando la posibilidad de rotar las moléculas para evitar que la plaga genere resistencia.

Se identificó al bejuco ubí (*Cissus verticillata*) de la familia Vitaceae, como una alternativa para obtener una cría de la chinche de la **chamusquina del café *Monalonion velezangeli***. Sobre esta planta se observó desarrollo de todos los instares ninfales, con porcentajes de mortalidad de tan solo 8,3% y actividad de alimentación constante y cópula. Esta alternativa de cría en el laboratorio permitirá avanzar en los estudios de biología y comportamiento de esta plaga, así como en la evaluación y producción de enemigos naturales.

La presencia de **cochinillas harinosas** afectando plantaciones nuevas ha generado preocupación

en los caficultores. Actualmente se valida una metodología de control usando plantas indicadoras para realizar muestreos destructivos y proteger las plantas sembradas. Con esta metodología es posible detectar la presencia de la plaga con el fin de proceder con control químico dirigido a las raíces de los árboles infectados del lote. El momento de asperjar insecticidas químicos es cuando al menos una planta indicadora contenga cochinillas harinosas. La aplicación del insecticida debe ser dirigida al cuello de la raíz, cuando el suelo esté húmedo, con el fin de garantizar la penetración del producto. La aspersión es generalizada en el lote e incluye las plantas indicadoras. Si no hay humedad es preferible no aplicar el insecticida. Igualmente, se deben de rotar los productos para no crear resistencia.

Manejo de la roya del café y otras enfermedades.

El producto cyproconazol + thiamethoxan en condiciones de alta presencia de la roya muestra una alta acción preventiva contra la enfermedad. Al comparar parcelas no tratadas contra la roya con parcelas tratadas con los fungicidas cyproconazol + thiamethoxan y pyraclostrobin se demuestra la conveniencia que tiene para las plantas el oportuno control de la roya, no solo en la reducción de la epidemia sino en el efecto de obtener una mayor producción de café. Se confirma que una enfermedad como la roya no requiere de manejos ocasionales sino permanentes, si lo que se busca es mantener un cultivo de café sano y productivo durante todo el ciclo de producción de las plantas.

Se identificaron dos nuevas alternativas químicas para el control de los nematodos noduladores (***Meloidogyne* spp**) de las raíces de café, Rugby® 10 G (cadusafos) y Solvigo (thiamethoxam + abamectina), los cuales complementan las recomendaciones de manejo ya existentes para esta enfermedad. En condiciones de invernadero se demostró que no se reducen los niveles de infección de nematodos en plantas de café que son zoqueadas, las cuales por efecto de esta práctica están perdiendo alrededor del 70% de las raíces.

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

Pruebas microbiológicas realizadas *in vitro* permitieron observar el control antagónico de cepas de hongos comestibles y medicinales, de las especies *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju* y *Pleurotus pulmonarius* sobre *Ralstonia solanacearum*, agente causal del moko en el plátano. Se observó un control nematocida o nemostático para juveniles del género *Meloidogyne* spp, (agente causal de las nodulaciones en las raíces), con inmovilizaciones de más del 50% de la población

analizada, luego de 72 horas de contacto entre los nematodos y suspensiones de *Pleurotus ostreatus*, *pulmonarius* y *sajor-caju*. Se desarrolló una metodología que permite la determinación y cuantificación de la acción descomponedora de los hongos de los géneros *Pleurotus* spp. y *Lentinula* spp., en los sustratos evaluados.

PPR0600. Evaluación de germoplasma. Las introducciones silvestres de Etiopía presentaron gran variabilidad en producción y grano supremo, lo cual constituye un potencial promisorio para el desarrollo de variedades altamente productivas.

Se caracterizaron genotipos de la Colección Colombiana de Café-CCC por su eficiencia en absorción, translocación y utilización de nitrógeno. Los genotipos CU1983 y CU1990 presentaron un mayor desarrollo y crecimiento a dosis de N más baja, lo cual se traduce en eficiencia, mientras el genotipo CU1983 mostró una mayor eficiencia en la absorción y uso eficiente del nitrógeno a las diferentes dosis, lo cual le confiere plasticidad. Se observó una correlación positiva entre la biomasa total acumulada y el nitrógeno total de la planta.

Las evaluaciones de diferentes genotipos de la CCC por tolerancia a exceso y déficit hídrico, revelaron comportamientos diferenciales en variables como peso seco y fresco, altura, área foliar, número de hojas y resistencia estomática, lo cual demuestra eficiencias y tolerancias por estrés hídrico de varias accesiones Etiopes, que permitirá avanzar en investigaciones de campo y posteriores programas de hibridación.

El avance en la evaluación de híbridos Nestec, que se lleva a cabo en ocho localidades, mostró comportamiento diferencial en expresiones fisiológicas de crecimiento, tanto por genotipo como por localidad.

Se comprobó que plantas de café (*C. arabica* var. Colombia) con genes de endoquitinasas como exoquitinasas, afectan el desarrollo de artrópodos plaga del café como el minador *Leucoptera coffeellum* y de patógenos como *Hemileia vastatrix* y *Colletotrichum* sp. Estas quitinasas también afectan el desarrollo de la broca del café.

La caracterización de la CCC dio como resultado que el 17,48% de las plantas son de origen diploide, el 68,93% son tetraploides y 11,65% son triploides. Del total de materiales, 14,56% corresponden a cruzamientos interespecíficos, el 22,33% son híbridos intraespecíficos y el 61,17% corresponde a selecciones de la disciplina de Mejoramiento Genético.

PPR0700. Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades. Se iniciaron las siembras en diferentes localidades de nuevas líneas mejoradas para evaluar su adaptación en diferentes ambientes de la zona cafetera. Estas líneas mejoradas, que enriquecerán las variedades comerciales provienen de: 1. Cruzamientos entre la Variedad Castillo® e introducciones Etiopes, que tienen interés por su calidad y por los genes de resistencia a la roya; 2. De selecciones con resistencia a la roya y a CBD; y 3. De cruzamientos con la especie *Coffea canephora* (robustas).

PPR0800 Protección del cultivo de limitantes potenciales de la producción

Biología y dinámica de poblaciones de organismos parásitos. Se consolidó la tendencia de disminución de la incidencia de la **roya del cafeto** como resultado de las condiciones climáticas y la aplicación de las prácticas de manejo integrado. Contrariamente se observó un incremento en las epidemias de roya en Centroamérica, Perú y Ecuador. La prevalencia de plantaciones susceptibles en estos países hace suponer que no hay mayor efecto de nuevas razas de roya, pero sí de manejos agronómicos deficientes y de la variabilidad climática, que han tomado desprevenidos a los productores. En Colombia, el seguimiento realizado en introducciones originales del Híbrido de Timor, así como en derivados de éstos por cruces con la variedad Caturra, indican que las introducciones siguen presentado niveles muy bajos de roya o resistencia completa, confirmando que las nuevas razas no están prevaleciendo ni aumentando su agresividad en el tiempo. Ensayos del comportamiento de la enfermedad bajo sol y bajo sombra vuelven a confirmar que el inóculo existente se comporta de manera más eficiente bajo condiciones de sombrío.

Se realizó secuenciación *de novo* del genoma de la raza II de *Hemileia vastatrix*. Este análisis ha permitido predecir el tamaño del genoma de este hongo en 263 Mb, y la identificación de un total de 14.445 proteínas, de las cuales 44 proteínas secretadas son fuertes candidatos a Genes de Virulencia (V), que definen a las razas, abriendo la posibilidad de hacer una identificación y seguimiento de las razas presentes en el país o en el continente. En la aplicación de modelos de dinámica de poblaciones bajo las condiciones de variabilidad climática, se desarrolló una primera versión de un Índice Compuesto de Infección de Roya (ICIR), que considera las variables climáticas diarias y las relaciona con su efecto en la biología del hongo *H. vastatrix*, agente causal de la roya del cafeto. Los resultados corroboran el concepto del efecto local en el desarrollo de las epidemias, permitiendo diferenciar para un mismo sitio años de mayor o menor amenaza de la enfermedad. La

validación del ICIR permitirá levantar un primer mapa de riesgo de roya para el país, y proveerá una herramienta para las Alertas Tempranas Fitosanitarias, basadas en el comportamiento diario del clima.

Luego de 2 años de experimentación, se corroboró que la presencia y el daño causado por el hongo *Phoma* sp., agente causal de la **muerte descendente**, requiere de unas condiciones ambientales muy propicias y de larga duración, asociadas a eventos de La Niña. Mediante estudios histológicos y de microscopía de barrido, se comprobó que el hongo causante de la enfermedad no penetra por los estomas, sino por heridas o directamente por la haz y por el envés de las hojas. Posteriormente, se observó una fase biotrófica, donde el patógeno invade espacios intercelulares en el parénquima, que es seguida de una fase necrotrofica, con la producción abundante de enzimas para degradar paredes celulares y aprovechar los contenidos del citoplasma vegetal. Los detalles de la biología y la epidemiología de este patógeno permitirán ajustar los modelos de desarrollo de la enfermedad y diseñar mejores estrategias de manejo de la misma en las condiciones ambientales de marginalidad alta.

Se describió una especie nueva para la ciencia de **barrenador del tallo y la raíz del cafeto** en Colombia, *Plagiohammus colombiensis* (Coleoptera: Cerambycidae), reportado en los departamentos de Cesar, Santander, Norte de Santander y Boyacá, en un rango altitudinal entre 900 y 1.400 m. Los árboles afectados se reconocen por los montículos de aserrín en la base del tallo y por los orificios circulares de salida del adulto. El barrenador del tallo ataca árboles de café de todas las edades, siendo los de 18 y 36 meses más propensos al marchitamiento.

Por primera vez se identificaron especies de **musgos asociados a café**, reportándose las especies *Fabronia ciliaris*, *Frullania sphaerocephala*, *Brachiolejeunea leiboldiana*, *Lejeunea flava* y *Metzgeria liebmanniana*. El manejo de estos musgos en los troncos del cafeto se logró mediante aplicación hidróxido de calcio en dosis de 40 g/L tanto en zocas como en árboles, con persistencia de un mes.

Se cuenta con un **cepario de microorganismos** en el que se han preservado hongos asociados a insectos plagas y enfermedades de café y otros cultivos de la zona cafetera. Todas las cepas están preservadas en tres métodos de almacenamiento: Nitrógeno líquido, glicerol-20°C y almacenamiento en PDA y aceite mineral. Durante el 2013 se continuó con la evaluación de estos métodos de preservación. En la **Colección Entomológica** se introdujeron 110 nuevos registros

de insectos plaga y benéficos del cultivo de café en la base de datos *Specify* del Museo Entomológico Marcial Benavides de Cenicafé.

En la búsqueda de **enemigos naturales del minador de la hoja *Leucoptera coffeellum*** (Guérin-Ménéville) (Lepidoptera: Lyonetiidae), el primer muestreo se realizó en 282 fincas del departamento de Antioquia, el cual indica que una especie de avispa parasitoide perteneciente al género *Closterocerus* es el controlador predominante en el departamento, aunque se encontraron ocho géneros adicionales, de los cuales dos pertenecen a especies no conocidas en Colombia. Los resultados parciales permiten recomendar que no se apliquen productos insecticidas, dado que los niveles de daño no superan el umbral económico y el parasitismo natural es de 60%.

Monitoreo de limitantes biológicos. Se diagnosticó la incidencia de **cochinillas harinosas** en los departamentos de Norte de Santander y Valle. Se identificaron preliminarmente las especies de cochinillas presentes en las fincas infestadas y se confirma que *Putobarberies* la especie predominante, evidente en 46% de ellas. También se encontró que el 13% de las fincas tenían árboles afectados por la escama *Toumeyella* sp. (Hemiptera: Coccidae). La presencia de esta especie estuvo concentrada en los municipios de Cucutilla, Arboledas, Labateca y Ragonvalia (Norte de Santander). El 56,4% de las fincas evaluadas tenían lotes de menos de 2 años de edad infestados con cochinillas.

En el mes de junio se observaron brotes de **arañita roja *Oligonychus yothersi*** en el sector de la vereda La Siria (Manizales-Caldas), zona endémica para este ácaro. Las observaciones sugieren que las variables de clima asociadas a los períodos Neutros, sumado a la caída de cenizas volcánica y a las poblaciones de arañita roja remanentes del año 2012, inducen la aparición de focos iniciales con síntomas de daño en cafetales de la región. Se registraron dos especies de coccinélidos depredadores de estados biológicos de arañita roja que no habían sido reportados en café, *Psyllobora confluens* y *Brachiacantha bistrispustulata* (Coleoptera: Coccinellidae), además de una especie del género *Stethorus*.

PPR0900. Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad de café a los subproductos y al aseguramiento de la calidad. Se elaboró el documento técnico para soportar la solicitud ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) de la Denominación de Origen (DO) para el Café de Santander con datos recolectados en los años 2008, 2009 y 2010. Para el Tolima se realizó la formulación

del proyecto Denominación de Origen del Café de Tolima y se tomaron 304 muestras de café pergamino de varia fincas, las cuales se están analizando (NIRS, químicos y sensoriales).

Se desarrollaron mediciones para la estandarización de los equipos NIRS XDS de la RED de la FNC, con respecto los equipos NIRS de Cenicafé (6500 y XDS), se usaron muestras de grano de café verde entero y molido suministradas por Almacafé.

Se desarrollaron 122 fermentaciones de café en laboratorios y 45 a nivel de finca. Se observaron diferencias en las características del mucílago y en la bebida según el sistema, tiempo y temperatura de fermentación. Las fermentaciones sumergidas en agua son más homogéneas y pueden realizarse hasta por 30 horas, mientras que las de sustrato sólido dan una taza más compleja y no deben sobrepasar 18 horas. Para asegurar la calidad del café y los sabores desarrollados en la fermentación es indispensable lavar los granos con agua limpia y suficiente, secar el café con aire limpio y evitar cualquier contaminación del producto hasta su tostación y preparación.

Se generaron los lineamientos básicos de un Modelo de Bio-refinería para el café, que consiste en el desarrollo de estrategias para transformar los subproductos provenientes de la producción del café en productos que le agreguen valor a la cadena productiva del mismo. Se ha logrado la transformación de mucílago, pulpa, tallos y borra de café, en etanol, metano, amonio, biodiesel, plástico y abono orgánico a escala de laboratorio. Se realizará un escalamiento piloto utilizando fermentadores de 100 L.

Se evaluaron las temperaturas y densidades poblacionales para determinar las mejores condiciones para la producción de biomasa y de abono orgánico a partir del cultivo de *Hermetia illucens* sobre pulpa de café. Es más corto el ciclo a temperatura de 25°C, comparado con las temperaturas de 20°C, condiciones donde la emergencia fue más tardía.

PROGRAMA CAFICULTURA Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA

Estaciones meteorológicas. Se realizó el mantenimiento de la red meteorológica cafetera de tipo convencional. Se amplió la Red Meteorológica Cafetera con la instalación de 82 estaciones de tipo automático que se encuentran transmitiendo datos en tiempo cercano al real a la plataforma agroclimática cafetera (Proyecto PCC-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR).

De igual manera, se instalaron cinco estaciones meteorológicas (tipo cuenca), con sensores de humedad relativa, de temperatura, de radiación global, de radiación fotosintéticamente activa, de presión barométrica y de lluvia con el fin de evaluar el efecto del clima sobre la broca del café, aprovechando la diferencia altitudinal de la cuenca del río Risaralda (municipios de Belalcázar, San José y Anserma en el departamento de Caldas).

Junto a CIAgua (Corporación Centro Internacional de Investigación e Innovación del Agua) se desarrolló la plataforma Agroclimática Cafetera y en la actualidad se están haciendo las pruebas sobre la versión para los usuarios.

Dentro de la plataforma agroclimática cafetera AGROCLIMA se estructuró y desarrolló un módulo de alertas tempranas de roya y broca, así como un módulo de alertas por riesgo de deslizamiento, basado en el factor detonante lluvia, soportado en los registros de las estaciones meteorológicas automáticas.

Riesgo agroclimático. Durante el año 2013 se ha avanzado en la regionalización del riesgo agroclimático de la zona cafetera central y occidental, comprendida por los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cuaca y Sur Oeste de Antioquia. En este proyecto se han elaborado los mapas de riesgo al déficit y al exceso hídrico en escenarios de variabilidad climática, se está desarrollando un aplicativo web que le permitirá a los caficultores consultar con su código SIC@ el nivel de riesgo agroclimático en función de escenario de variabilidad climática.

Se ha avanzado en estudios a nivel de microclima de cafetales para evaluar el efecto de los sistemas agroforestales y a libre exposición solar sobre la fijación de dióxido de carbono, uso de agua y componentes microclimáticos que permitirán avanzar en el entendimiento y evaluación de las estrategias de adaptación de la caficultura a la variabilidad climática.

Floración. La floración es un componente de la producción del cafeto, por lo cual es importante conocer los mecanismos ambientales y genéticos que la regulan. Cuantificar los factores ambientales que desencadenan dicho proceso, se constituye en la mejor herramienta para predecir su comportamiento y a futuro poder regularla. Es así como se determinó bajo condiciones controladas la influencia del fotoperíodo y de la amplitud térmica sobre la floración del cafeto. Los resultados sugieren que pequeños cambios en la duración del día (propios de regiones ecuatoriales) tienen un efecto sobre la diferenciación y posterior apertura floral en café, haciendo que estos eventos se presenten de manera precoz, comparado con aquellas

plantas sometidas a días neutros (12 horas luz y 12 horas oscuridad). En cuanto a la amplitud térmica, se observó que el grado de asociación con la diferenciación floral es de poca magnitud. Sin embargo, las plantas sometidas al incremento y posterior disminución gradual de la amplitud térmica, alcanzan el estado de preantesis 40 días antes, comparadas con las plantas con amplitud térmica constante. Los resultados obtenidos hasta el momento, sugieren que la diferenciación floral está más relacionada con el fotoperíodo, mientras que la antesis puede estar asociada en mayor medida con la amplitud térmica.

Uso eficiente de nutrientes. Dentro de la estructura de costos de la producción de café, el componente correspondiente a la fertilización constituye entre el 10% y 12% del costo total, y de éste alrededor del 40% corresponde a nitrógeno (N). Con el objetivo de mitigar este impacto, es necesario implementar estrategias de mejoramiento encaminadas a la obtención de variedades que se destaquen por ser eficientes en el uso de este recurso. Como parte de esta estrategia, se estableció una metodología para caracterizar el germoplasma de la Colección Colombiana de Café, donde bajo condiciones hidropónicas se suministran diferentes dosis de N a la planta. Los resultados sugieren que hay diferencias entre los genotipos evaluados a las diferentes dosis utilizadas, lo cual se traduce en genotipos caracterizados por su eficiencia en absorción, translocación y utilización de nitrógeno.

Criterios fisiológicos para la producción de almácigos. Actualmente, los almácigos se producen utilizando volúmenes considerables de suelo y en bolsas plásticas, con las implicaciones ambientales y sanitarias que esto conlleva. Por tal razón, se determinó la viabilidad en la utilización de tres contenedores (amigables con el medio ambiente) para almácigos de café como son: Bandejas de tubos plásticos, espumas agrícolas y Jiffy's *pellets*, comparados con los tradicionalmente recomendados (bolsa de 13 x 17 cm y bolsa 17 x 23 cm). Se utilizaron criterios fisiológicos para determinar el tiempo apropiado de trasplante. Se determinaron curvas de acumulación de biomasa para las plantas en cada tipo de contenedor. Adicionalmente, se utilizaron algunos descriptores morfológicos que permitieron evaluar el comportamiento en los diferentes contenedores (relación parte aérea/raíz, área foliar/biomasa y longitud del tallo/biomasa). Los parámetros fisiológicos evaluados permitieron establecer que la época de trasplante es dependiente del contenedor utilizado. En contenedores de mayor tamaño, como las bolsas actualmente utilizadas, las plantas pueden permanecer mayor tiempo –hasta 6 meses–, comparados con los de menor volumen como

las espumas, alrededor de 4 meses. La potencialidad de uso de estos contenedores debe ser validada en ensayos de campo.

Indicadores microbiológicos del suelo. Se dio continuidad a estudios en indicadores microbiológicos del suelo, asociados al cambio climático, al tiempo que se explora la posibilidad de hallar microorganismos con potencial para la sustitución parcial de los fertilizantes fosfóricos y nitrogenados. En este sentido se han aislado y conservado 61 cepas de hongos nativos asociadas al fósforo y 37 cepas de bacterias con capacidad de fijar nitrógeno atmosférico.

Suelos de la zona cafetera. Se determinó la susceptibilidad a la erosión de 13 unidades de suelo representativas de la zona cafetera colombiana. Las mayores pérdidas del suelo se registraron en los suelos de las unidades cartográficas Doña Juana (La Unión–Nariño), San Simón (Rovira–Tolima) y Perijá (La Paz–César) con valores promedio de 8,03, 6,9 y 6,8 kg/s-m⁴ respectivamente. En contraste, los suelos de las unidades Llano Palmas y la Unidades Roperero (Palmas y El Socorro, Santander) con valores de 0,4 y 0,6 kg/s-m⁴, respectivamente, presentaron menores pérdidas de suelo y mayor resistencia a la erosión.

Manejo integrado de arvenses. Con el fin de evaluar el efecto del clima en la población de arvenses se realizaron muestreos en lotes cafeteros de las regiones cafeteras Norte, Centro y Sur del país. Los mayores valores de cobertura del suelo por las arvenses ocurrieron en sitios donde el manejo y control de éstas se hizo de manera integrada, con valores promedio hasta del 59%. Se logró reunir información para 216 arvenses, entre las cuales se destaca la presencia de la especie de alta interferencia *Anredera cordifolia*, en diferentes zonas del país, para la cual se brindaron herramientas de identificación y manejo.

CONVENIO HUELLAS DE PAZ

Este proyecto tiene como objetivo la mejora de la estabilización social e integración de grupos étnicos afectados por el conflicto armado a través del acceso al agua potable, la generación de ingresos y la sostenibilidad ambiental en comunidades rurales como medio para la construcción de paz.

Dentro del Convenio Huellas de Paz, en Cenicafé se continúa con la implementación el Sistema Integrado de Gestión Rural – SIGR, en Buenas Prácticas Agrícolas – BPA en los componentes social, calidad (técnico-económico) y ambiental, en las cuatro zonas de producción de los Titulares de Derecho, Antioquia,

Valle del Cauca, Cauca y Nariño. Cabe resaltar que dentro de la implementación del SIGR se incluyó la ejecución de un programa de formación integral dirigido a los Titulares.

Durante el 2013 se ajustó la metodología para las fases del verificar y actuar del SIGR, lo cual se logró a través de la colaboración de las diferentes Disciplinas de Cenicafé, de acuerdo a las particularidades de las intervenciones y los planes de mejoramiento que se llevan a cabo en los predios de los Titulares de Derechos de los cuatro departamentos. Igualmente, se desarrolló la jornada de capacitación con los formadores de las líneas económica y ambiental para socializar la metodología de seguimiento del SIGR.

En conjunto con la Fundación Manuel Mejía e investigadores de Cenicafé se elaboraron tres módulos de formación: Seguridad Alimentaria y Nutricional, Gestión de Recursos Naturales y Conservación y Buenas Prácticas Agrícolas para la producción de café con calidad, de los cuales ya se ha iniciado la implementación de los dos primeros, por parte de las personas Formadores y de los Gestores y Gestoras.

El Convenio, que en su ejecución cuenta con la participación de un grupo interinstitucional e interdisciplinario (Cooperación Internacional - FNC, Comités Departamentales de Cafeteros, Fundación Manuel Mejía y Cenicafé con la colaboración de las Disciplinas de Sostenibilidad, Suelos, Recursos Naturales y Conservación, Fitotecnia, Biometría) y el apoyo institucional de Corporación Campo Limpio y gobiernos locales como Alcaldías y Gobernaciones, está en su fase final, con resultados que contribuyen al logro de los indicadores, se resalta por línea de acción lo siguiente:

Línea social. En el seguimiento realizado a las diferentes zonas del Convenio se evidenció que se han logrado establecer las mesas interinstitucionales y a través de ellas desarrollar proyectos que contribuirán al mejoramiento de la comunidad, dentro de estos proyectos se puede resaltar el manejo de residuos sólidos y peligrosos, en los cuales se han hecho jornadas de recolección de estos desechos. También se destaca el compromiso de los Gestores y Gestoras para el desarrollo de los planes de formación en las tres líneas de acción del Convenio.

Línea técnico - económico. Durante el seguimiento desarrollado a través de los laboratorios de calidades de la Cooperativa de Caficultores de Manizales y de Almacafé - Tulúa, se realizó el análisis de la calidad del café de una muestra representativa dentro de cada zona, con el fin de elaborar planes de acción que contribuyan al logro de los resultados del Convenio.

Específicamente en el tema de renovación y análisis de suelos se desarrollaron entre las disciplinas de Sostenibilidad, Fitotecnia y Suelos, las herramientas que contribuyan al seguimiento de estos resultados para realizar recomendaciones y proponer los planes de acción en los predios de los Titulares de Derechos.

Línea ambiental. En el seguimiento de los resultados de esta línea, la Disciplina de Gestión de Recursos Naturales y Conservación a través de las herramientas desarrolladas conjuntamente con la Disciplina de Sostenibilidad, se han logrado implementar planes de acción para establecer acciones preventivas o correctivas que han contribuido al logro de los resultados del Convenio.

Los resultados alcanzados hasta la fecha son un logro del trabajo interdisciplinario de investigación (disciplinas de Sostenibilidad, Suelos, Recursos Naturales y Conservación, Fitotecnia, Biometría) y el apoyo interinstitucional de la Fundación Manuel Mejía, Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros, Corporación Campo Limpio y gobiernos locales como Alcaldías y Gobernaciones.

PROGRAMA KfW

El objetivo de este proyecto es evaluar el efecto de la implementación de corredores de conservación y un Sistema de Gestión Integrado en Buenas Prácticas Agrícolas para promover la conservación de la biodiversidad y mejorar el desempeño ambiental de los beneficiarios del Programa Forestal KfW – FNC en siete microcuencas cafeteras y la ejecución de un programa de formación integral dirigido a las comunidades.

Los resultados y actividades que se desarrollan en esta investigación contribuirán en las dimensiones ambiental, social y económica. Durante el último período se avanzó principalmente en actividades que contribuyen a las dimensiones ambiental y social: (1) la construcción de una línea base en temas sociales, económicos y ambientales, (2) la implementación de las actividades para la construcción del corredor de conservación (3) El programa de educación, que incluyó la socialización del proyecto y sus objetivos entre las comunidades e instituciones con intereses en las microcuencas; buscando su vinculación a la construcción del corredor de conservación.

Este proyecto se encuentra en las primeras etapas de su ejecución. A continuación se describen los principales avances relacionados con las dimensiones establecidas por Cenicafé.

Contribución en la dimensión ambiental. Para la construcción de los corredores de conservación se implementarán herramientas de manejo del paisaje. Para esta labor, ya se cuenta con viveros en seis departamentos, con plántulas listas para la siembra durante el cuarto trimestre de 2013. Se sembrarán cerca de 1.400 ha en cercas vivas, sistemas agroforestales de café, plantaciones con especies nativas y minicorredores, lo que dará inicio a la construcción de los corredores, contribuyendo a la reducción global de emisiones y a la conservación y permanencia de la biodiversidad en las zonas cafeteras donde se desarrolla el proyecto. Con la Fundación Manuel Mejía e investigadores de Cenicafé se están elaborando tres módulos de formación sobre biodiversidad, manejo del agua y el suelo y producción de café de calidad con criterios de sostenibilidad, que serán implementados por el SENA en cada una de las microcuencas. De otra parte se han desarrollado diferentes publicaciones dirigidas a la comunidad, entre ellas: un calendario del 2013 donde se explican las herramientas de manejo del paisaje a la comunidad, la Biocarta 17: “Construyendo un corredor de conservación en nuestra región cafetera”, un capítulo del libro conmemorativo de los 50 años del Proyecto Forestal KfW en la FNC y un plegable sobre manejo de residuos sólidos. Adicionalmente se realizó una recopilación de documentos sobre aprovechamiento de residuos sólidos para construcción de materas y comederos para jardines, y sobre plantas aromáticas y medicinales.

Contribución en la dimensión social. Este año se establecieron comités comunitarios conformados por los beneficiarios de las microcuencas, para fortalecer el trabajo en equipo, la solidaridad y la cohesión de estas comunidades. Además se elaboraron planes de trabajo donde participan las instituciones educativas ubicadas dentro de las microcuencas y otras instituciones regionales.

El alcance realizado a la fecha es el resultado del trabajo interdisciplinario de investigación (disciplinas de Sostenibilidad, Suelos, Recursos Naturales y Conservación, Fisiología vegetal, Ingeniería Agrícola y Biometría) y el apoyo interinstitucional de la Fundación Manuel Mejía, Comités Departamentales y Municipales de Cafeteros, Fundación Ecológica Cafetera, SENA, Parques Nacionales Naturales, Asocaña, Corporación Campo Limpio, Corporaciones Autónomas Regionales, Instituciones Educativas y gobiernos locales como Alcaldías y Gobernaciones.

DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS

Este año Cenicafé en conmemoración de sus 75 años entregó la versión actualizada del Manual del Cafetero Colombiano, después de 34 años de la última publicación en 1979. En el Manual del Cafetero los investigadores de Cenicafé han registrado las recomendaciones y las tecnologías para ser transferidas al Servicio de Extensión y los Caficultores de Colombia.

El libro está constituido por tres Tomos, en cada uno de los cuales se presenta la siguiente información: El Tomo 1 reúne aspectos Institucionales y generales de la caficultura de Colombia, así como información básica sobre la planta de café, su mejoramiento, el clima, los suelos de la zona cafetera y su conservación; el Tomo 2 contiene las recomendaciones técnicas del sistema de producción de café en Colombia; y el Tomo 3 compila las tecnologías del proceso postcosecha, las prácticas del sistema de producción y los retos que enfrenta la caficultura en Colombia.

El Manual del Cafetero Colombiano fue escrito y preparado por 70 especialistas de Cenicafé, en las siguientes disciplinas del conocimiento: Agroclimatología, Suelos, Fisiología, Mejoramiento Genético, Fitotecnia, Fitopatología, Entomología, Ingeniería Agrícola, Calidad, Gestión de Recursos Naturales y Conservación, Experimentación, Sostenibilidad y Biometría, con el apoyo y la coordinación de la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica y el Comité Editorial de Cenicafé.

Durante la vigencia del 2013 también se publicaron los Avances Técnicos 426 al 430 y la Revista Cenicafé Vol. 62 No 2.

En cuanto a la atención de visitantes, en el 2013 se recibieron 119 visitas a las instalaciones de Cenicafé, donde se atendieron 1.992 visitantes, entre los que se encuentran Caficultores, funcionarios de la Federación Nacional de Cafeteros, Entidades Cooperantes, Centros de Investigación, compradores de café y periodistas. En otras actividades de capacitación de los investigadores se registraron 26 visitas de campo, asesorías y seminarios dictados por los investigadores fuera de Cenicafé. En las Estaciones Experimentales también se presta el apoyo al Servicio de Extensión para llevar a cabo el fomento y la difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé, mediante actividades como giras, días de campo, visitas personalizadas, etc, durante este período se contó

con la presencia de 6.518 visitantes de los cuales el 42% corresponde a caficultores, el 15% a estudiantes y universitarios, y el 12% a Extensionistas, entre otros.

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 23 actividades de capacitación de los Extensionistas de todo el país, a los cuales asistieron 1.105 colaboradores del Servicio de Extensión.

REGISTRO

Registramos el fallecimiento del doctor Jaime Arcila Pulgarín, quien durante más de 30 años fue un investigador incansable y comprometido con Cenicafé en las Disciplinas de Fisiología, Fitotecnia y Experimentación, y quien además fue Director

encargado durante el año 2009. El doctor Jaime Arcila permanecerá en la memoria de los colaboradores de Cenicafé, la Federación Nacional de Cafeteros y los cafeteros colombianos, como referente y ejemplo personal y profesional de una vida dedicada a la investigación, y por su incondicional espíritu de servicio a la caficultura colombiana.

De igual manera, Cenicafé lamenta el fallecimiento de su compañero y colaborador Heverth Eduardo Suárez Arcila, que prestó sus servicios a Cenicafé en el Programa de Caficultura y Variabilidad Climática. Hacemos llegar nuestras expresiones de condolencia a su familia.

Fernando Gast H.

Director Investigación Científica y Tecnológica
Manizales, noviembre 21 de 2013



Producción y
Productividad

Programa Producción y Productividad

LÍNEA PPR0100

Conocimiento de los factores de producción a nivel regional y ajuste en los elementos del sistema

Esta línea de investigación se enmarca dentro del programa de investigación “Producción y productividad” con el objetivo de aumentar la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos ajustados a la oferta ambiental, para esto es necesario establecer una estructura de información especializada tanto de clima, suelos, sistemas de producción a nivel de país como regional, que permitan el diagnóstico y desarrollo de lineamientos de política para la toma de decisiones acordes a las particularidades regionales. Esta línea de investigación estará estructurada mediante infraestructura de datos espaciales, de modo que permita de manera oportuna y eficiente realizar planificación de la estructura cafetera colombiana.

Actualmente sólo se han realizado diagnósticos regionales de la caficultura del país, en especial para los departamentos de Nariño y Huila, basados en información actualizada de clima, suelo y sistema de producción para la estructuración de políticas y la formulación de proyectos de investigación, transferencia y extensión en el cultivo del café, enfocado a la búsqueda de recursos en el Sistema General de Regalías por Ciencia y Tecnología.

Avances en la actividad “Documentar y especializar la información primaria de suelos, clima, topográficos para la zona cafetera del país y los elementos del sistema productivo”.

La base de datos del SIC@ presenta de una forma estructurada el entorno de un renglón estratégico para el país, no obstante, su aplicación en el campo de investigación se ha visto limitada debido a que se requieren campos y variables que permitan entender la estructura del cultivo en diferentes regiones del país.

Con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica y basados en el conocimiento de expertos se zonificó la caficultura del país en cuatro regiones: Zona norte (Boyacá, Santander, Norte de Santander, Cesar, La Guajira y Magdalena), Zona Centro Occidente (Antioquia, Caldas, parte del Tolima, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca), Zona Centro Oriente (parte del Tolima, Meta, Casanare y Cundinamarca) y Zona Sur (Cauca, Nariño, Huila y Caquetá).

Desde el punto de vista de investigación, en la base de datos SIC@, se adicionaron campos para el análisis. La relación de campos se describe en la Tabla 1.

Las dificultades que permiten una estructuración de la base de datos sin errores están orientadas a que existe un número importante de fincas que presentan dificultades respecto a coordenadas geográficas, la base de datos requiere un proceso de limpieza de variables como Ecotopos, que al momento de ser cruzada con archivos ráster y modelos digitales de terreno, hacen incurrir en errores de cálculo relativo al área cafetera.

Tabla 1. Relación de campos adicionados a la base de datos del SIC@, para efectos de análisis.

Cordillera	Vertiente de la cordillera	Distribución de la cosecha
Occidental	Oriental	Cosecha principal primer semestre
Central	Occidental	Cosecha principal primer semestre mitaca segundo semestre
Oriental		Cosecha principal segundo semestre mitaca primer semestre
Sierra Nevada		Cosecha principal segundo semestre

Porte de las variedades	Tipo de resistencia a roya de las variedades
Bajo	Resistente
Alto	Susceptible

Rango de altitud del cultivo (m)	Rango de densidad (Plantas/ha)	Rango de edad de los cafetales
Menor o igual 1.000	De 1.701 a 1.800	Menor o igual a 2.250
De 1.001 a 1.100	De 1.801 a 1.900	2.251 a 3.250
De 1.101 hasta 1.200	De 1.901 a 2.000	3.251 a 4.250
De 1.201 a 1.300	De 1.901 a 2.000	4.251 a 5.250
De 1.301 a 1.400	De 2.001 a 2.100	5.251 a 6.250
De 1.401 a 1.500	De 2.101 a 2.200	6.251 a 7.250
De 1.501 a 1.600	Mayor que 2.201	7.251 a 8.250
De 1.601 a 1.700		8.251 a 9.250
		9.251 a 10.250
		Mayor a 10.250

Regionalización de las recomendaciones de la caficultura Colombiana: Una propuesta metodológica basada en Índices Agroclimáticos. Partiendo de la delimitación de las fincas cafeteras, se generó un área de cobertura adicional (búfer o máscara) de 3 kilómetros y se originó un ráster máscara de la Zona Cafetera colombiana (ZC) con 5.789 píxeles. Se generó un ráster de cosechas ajustado al ráster máscara de la ZC, con dos criterios: Cosecha principal predominante en el segundo semestre (entre julio y diciembre) y cosecha principal predominante en el primer semestre (entre enero y junio). Estos criterios se utilizaron en la construcción de las etapas fisiológicas. Para efectos de consolidar las etapas se presumió que octubre y mayo corresponden a los meses de cosecha principal (meses pico), en zonas con patrón de cosecha en el segundo y primer semestre, respectivamente.

Se definieron tres etapas fisiológicas previas al mes de cosecha principal, con el fin de relacionarlas con los índices climáticos que se definirán adelante, éstas son:

1. Cuatro meses previos a la máxima floración (etapa 1);
2. Cuatro primeros meses de desarrollo del fruto (etapa 2);
3. Cuatro meses previos (etapa 3).

Se utilizó la información de 80 estaciones meteorológicas de la Red Climática Cafetera de la FNC, que contaban al 2010, con más de 20 años de información histórica de precipitación, temperaturas mínima, media y máxima, y brillo solar, en un proceso de interpolación para obtener una línea base climatológica sobre el ráster máscara de la ZC. Se cruzó información del mapa de unidades de suelo, digitalizado del producido en el marco del estudio de ecotopos cafeteros de la FNC, con los resultados de la caracterización realizada por Suárez en algunas de estas unidades, y se generó un ráster con información de retención de humedad.

Para el cálculo del balance hídrico diario se generó una rutina a partir la metodología adaptada por Jaramillo, en la que se incorporó la retención de humedad. Al final de la rutina se obtuvo el índice de humedad del suelo (IHS). El Déficit Hídrico Moderado (DHM) se constituye en el rango $0,5 \leq \text{IHS} \leq 0,8$, mientras el Déficit Hídrico Fuerte (DHF) se establece cuando $\text{IHS} < 0,5$. En cada etapa se contabilizaron, de manera independiente, los días que cumplieran con los criterios de los dos índices, además de la lluvia diaria (pp) acumulada. Se generó una rutina para el cálculo de la Radiación Solar (RS) diaria soportada en la metodología de Campbell y Donatelli. El cálculo de Brillo Solar (BS) a partir de RS se basó en los coeficientes a y b de la fórmula de Angstrom obtenidos por Gómez y Guzmán. Con base en la diferencia entre la duración astronómica del día en horas (N) y el BS se obtuvo el déficit de brillo solar (DBS) y se contabilizó para cada etapa el número de días con $\text{DBS} < 7,2$. A partir

de la información de las temperaturas máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) y media (T_{media}), y con la temperatura base inferior (T_{base}) de 10°C , determinada para el café en Colombia, se generaron los índices de amplitud térmica (AT) o gradiente térmico ($T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$) y el de tiempo térmico (TT) o grados día ($T_{\text{máx}} - T_{\text{base}}$). Para cada una de las tres etapas fisiológicas propuestas se acumuló el TT y el número de días con $\text{AT} < 10$.

Producto de combinar las tres etapas fisiológicas con siete índices climáticos se obtuvieron 21 índices bioclimáticos, los cuales se asociaron a cada uno de los 5.789 centroides del ráster máscara de la ZC, junto con los componentes fisiográficos de aspecto, sombra y pendiente, incorporándose así 24 atributos para cada pixel, además de los correspondientes a su georreferenciación. Para el análisis regional, correspondiente a los departamentos donde se encuentran las Estaciones Experimentales de Cenicafé (EE), se incorporó a cada uno de 706.000 predios cafeteros la información bioclimática de cada centroide, relacionada con el pixel donde se encontraba y se adicionaron los atributos topográficos de aspecto, sombra y pendiente, a partir un ráster del modelo de elevación digital con resolución de 90 metros.

A partir del desarrollo metodológico y de estadística multivariada se obtuvo una primera aproximación de Zonificación Agroclimática para el cultivo de café en Colombia y el área de representación departamental de cada EE. La zonificación nacional permitió diferenciar 12 áreas agroclimáticas en las cuales la respuesta del café estará condicionada a las restricciones o a las aptitudes del ambiente, de los suelos y de manejo. En particular, los grupos presentan rangos de altitud variable, desde los predominantemente bajos como los grupos 6 y 10, en los cuales se acentúa el DHF en la etapa 1, con más del 59% de su caficultura a la sombra, hasta los grupos ubicados prevalentemente en zonas altas (grupos 2, 3 y 12), con predominio de valores de TT acumulados en las etapas 2 y 3, inferiores a 2.500. En la conformación de los grupos existe fuerte influencia del componente altitudinal, sin embargo, la delimitación de la zona norte del país en los grupos 5, 6 y 10, la zona sur de manera preferente en los grupos 4, 11 y 12 y el pie de monte llanero y sur de Huila en el grupo 8, demarcan bien la influencia de las grandes corrientes de aire del Noreste y los sistemas atmosféricos del océano Pacífico y de la Amazonía. El valle amplio que forma tanto la cuenca media del río Magdalena como la del río Cauca, influye notoriamente en la conformación de los grupos 1, 7 y 9, por su parte, los grupos 2 y 3 los rige el componente altitudinal que en promedio es de 1.800 m.

Al tener en cuenta el área cafetera de los departamentos donde se encuentran ubicadas las EE, el área cafetera

que representan los Dominios de Recomendación (DR) de las EE es de 179.000 hectáreas (19,3%), muy inferior a las 565.000 hectáreas propuestas como área de representación de las Variedades Castillo® Regionales. La representación de las EE, contrario al área de influencia de las Variedades Castillo® Regionales, no sigue el patrón de los ecotopos, ésta tiende a ubicarse entre rangos altitudinales, similares a aquellos donde se encuentran las EE, otra situación de la cobertura del DR, es su dispersión dentro de los departamentos.

El poder discriminar mayor cantidad de variables fortalece la decisión del alcance de una recomendación, la estrategia de dividir la zona cafetera por condiciones agroclimáticas permite ajustar criterios para investigación y nivel de aplicación, que inicialmente, soportado en el DR, delimita el alcance actual y marca el alcance de cobertura de la investigación futura. Zonas como Cundinamarca, Huila, Nariño y Norte de Santander que no tienen hoy EE, requieren estratégicamente que se identifiquen los sitios con mayor DR, de tal forma que puedan definirse las zonas con mayor viabilidad para adelantar investigación dentro de cada departamento.

Avances en la actividad “Identificar en los elementos del sistema productivo (variedad, agronomía, cosecha, postcosecha) los posibles puntos/niveles de ajuste para buscar una mayor productividad”

Proyectos presentados al Sistema General de Regalías por Ciencia Tecnología e Innovación (CTeI). Durante la presente vigencia se desarrollaron actividades enfocadas a la estructuración de proyectos de investigación para aplicar al Sistema General de Regalías (SGR) para los departamentos de Huila y Nariño, con el fin de tomar información para el ajuste del sistema de producción de café, cuyo fin está orientado a una mayor productividad.

Departamento de Nariño: “Estructura regional de investigación para la adaptación de la caficultura nariñense, climáticamente inteligente, con criterios de sostenibilidad y calidad”. El objetivo de este proyecto es la aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo de café ajustado a las condiciones particulares de la caficultura nariñense, a través de la Investigación y Desarrollo, como estrategia para el mejoramiento de la competitividad y sostenibilidad de la zona cafetera nariñense y su tejido social.

Este proyecto realiza un diagnóstico y describe la problemática existente actual respecto a la caficultura nariñense, el cual desde la I+D plantea la identificación de las principales amenazas y grados de

vulnerabilidad, desarrollo de estrategias de producción con sostenibilidad social, ambiental y económica para la proyección de una caficultura altamente competitiva en el departamento. El proyecto se encuentra en fase de revisión por parte de la Secretaria de Planeación Departamental.

Departamento del Huila: “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo de café ajustado a las condiciones particulares de la caficultura del Huila”. El actual reto de la Caficultura debe hacer énfasis en la recuperación, estabilización y aumento de la producción y la productividad de los cafetales con sostenibilidad y calidad. Para contribuir a esta meta es necesario: 1. Definir las zonas agroecológicas en función de la información de suelos, clima y fenología del cultivo de café, definir mapas de vulnerabilidad y riesgo, y determinar las condiciones más probables para los próximos años; 2. Establecer alternativas de adaptación para la caficultura huilense, teniendo en cuenta los principales factores determinantes que inciden en la producción y la productividad.

La propuesta se rige bajo un conocimiento agroecológico regional, que incluye la definición de zonas agroecológicas, ajuste de sistemas de producción, nutrición de las plantas de café en función de sus necesidades, evaluación regional de líneas mejoradas de café, fortalecimiento en sistemas de alerta para problemas fitosanitarios y fenológicos del café, fortalecer el estudio de Denominación Regional del Huila y fortalecimiento de una agenda técnica con programas de capacitación para personal técnico y agricultores del departamento.

Actualmente está en proceso de construcción el Plan Operativo del proyecto, para la suscripción del Convenio entre Cenicafé, Comité de Cafeteros y la Gobernación del Huila.

Departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander: “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo de café bajo condiciones de sombrío (región centro oriente)”. Por solicitud de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander, para la formulación de un proyecto para ser sometido al Sistema General de Regalías, en donde el eje central será la investigación en sombrío, ajustada para la zona de los cuatro departamentos, se realizó una caracterización de los sistemas de producción (Tabla 2 y Figura 1).

El área objeto del proyecto equivale al 14,17% del total del área cafetera del país, donde se cubren 23 ecotopos, exclusivamente de la cordillera Oriental.

Tabla 2. Distribución de área cafetera región centro oriente de acuerdo a variedad, rango de edad y luminosidad.

Variedad	Rango de edad (Años)	Luminosidad				Área total (ha)	Distribución
		Sol	Semi sombra	Sombra	Otra		
Resistente	< 1	2,74	8.696	821	0,9	12.259	9,5%
	>= 1 y < 2	2,94	9.896	1.133	1,9	13.967	10,8%
	>= 2 y < 3	734	2.232	2.556	-	5.522	4,3%
	>= 3 y < 4	2,14	5.654	1.23	5,3	9.027	7,0%
	>= 4 y < 5	1,25	3.694	1.496	3,1	6.448	5,0%
	>= 5 y < 6	1,07	2.71	1.69	2,9	5.47	4,2%
	>= 6 y < 7	785	1.821	1.268	-	3.875	3,0%
	>= 7 y < 8	613	1.813	1.187	-	3.613	2,8%
	>= 8 y < 9	440	1.499	1.063	-	3.002	2,3%
	>= 9 y < 10	306	1.115	1.067	0,2	2.488	1,9%
	>= 10 y < 12	394	1.293	1.181	0,3	2.869	2,2%
	>= 12	1,47	5.847	5.43	0,3	12.745	9,9%
Total resistente		14,9	46.271	20.122	15,0	81.285	63,1%
Distribución resistente		11,5%	35,9%	15,6%	0,0%		
Susceptible	<=1	30	79	25	-	134	0,1%
	>= 1 y < 2	47	141	20	7,8	216	0,2%
	>= 2 y < 3	946	2.015	864	0,6	3.825	3,0%
	>= 3 y < 4	198	502	29	4,6	734	0,6%
	>= 4 y < 5	287	893	152	-	1.332	1,0%
	>= 5 y < 6	638	1.028	205	-	1.87	1,5%
	>= 6 y < 7	913	1.113	189	-	2.215	1,7%
	>= 7 y < 8	955	1.356	270	0,6	2.582	2,0%
	>= 8 y < 9	661	1.169	237	0,1	2.068	1,6%
	>= 9 y < 10	520	875	289	0,1	1.684	1,3%
	>= 10 y < 12	561	1.052	407	0,3	2.021	1,6%
	>= 12	2,74	16.913	9.243	4,0	28.904	22,4%
Total susceptible		8,5	27.137	11.929	18,1	47.583	36,9%
Distribución susceptible		6,6%	21,1%	9,3%	0,0%		
Total (ha)		23,4	73.409	32.051	33,1	128.868	100,0%
Distribución		18,1%	57,0%	24,9%	0,03%		

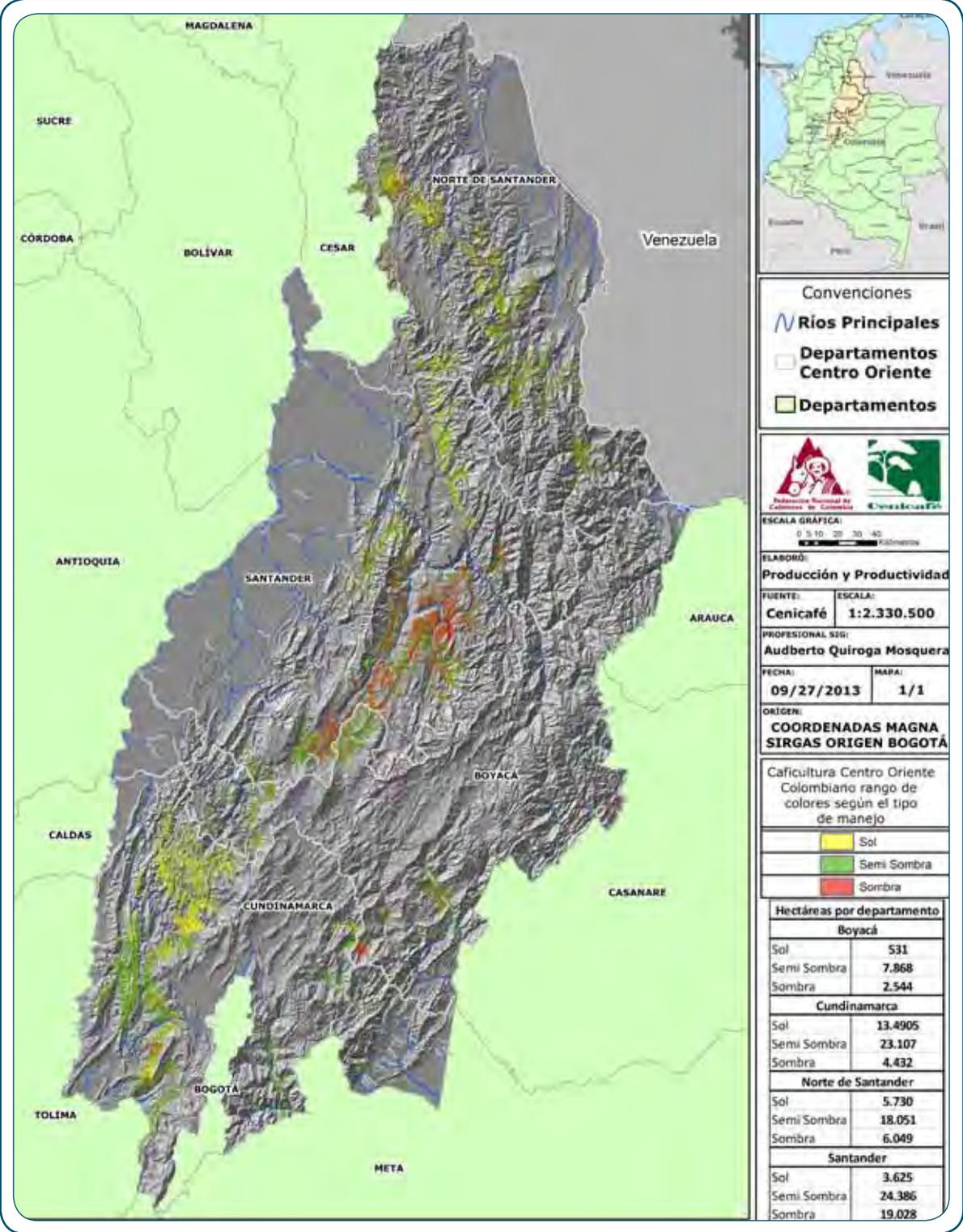


Figura 1. Mapa especializado de la región Centro-Oriente.

LÍNEA PPR0200

Aumento de la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos ajustados a la oferta ambiental, teniendo como referencia la producción potencial

Objetivo de la línea. Aumentar la producción y productividad del café en Colombia, a través de modelos productivos ajustados a la oferta ambiental, teniendo como referencia la producción potencial.

Avances en la actividad “Simulación de la producción potencial de café por hectárea, por zona, en ambientes para años El Niño, La Niña y Neutro”.

Esta actividad tiene como objetivo simular para Colombia la producción potencial de café por hectárea, por zona, en ambientes para años El Niño, La Niña y Neutro. Es así como para cumplir con el objetivo de la actividad, inicialmente, en cada una de las zonas de producción de café en Colombia (Tabla 3), se seleccionaron tres estaciones de clima. Con la información histórica de temperatura media diaria, horas de brillo solar diario y latitud, en períodos de años con dominancia El Niño, La Niña y Neutro (grupos), de cada una de las estaciones en cada zona, se simuló la producción potencial en sacos de café verde por hectárea (de 60 kg), para un ciclo de producción del cultivo de café en Variedad Castillo® de 5 años desde siembra, en cuatro densidades 2.500, 5.000, 7.500 y 10.000 plantas por hectárea. Para ello, se revisó la serie de datos de clima y en el caso de datos faltantes se procedió a completarlos con el promedio para el mes,

en el grupo dado. En la Tabla 4 se ilustra el promedio diario de temperatura y número de horas de brillo solar, con su intervalo, para un coeficiente de confianza del 95%, en cada estación.

El comportamiento de la producción potencial acumulada para cada estación, en cada uno de los grupos indicó, hasta la densidad de 7.500 plantas/ha, que a mayor densidad mayor producción y menor producción por árbol. La producción para las densidades de 7.500 y 10.000 plantas/ha es similar. Pasar de una densidad de 2.500 a 7.500 árboles por hectárea incrementa la producción potencial entre 24,2% y 148,9%.

Para la densidad de 7.500 plantas/ha en las estaciones de la zona cafetera centro norte, la mayor producción acumulada se registra en años Neutro, mientras que en las demás zonas la mayor producción se presenta en años El Niño. Para todos los grupos, la mayor producción potencial se presenta en la zona cafetera centro norte y la menor producción en la zona cafetera centro sur (Tabla 5).

En la Tabla 6 se ilustran los valores mínimo y máximo de la producción acumulada en sacos de 60 kg de café verde por hectárea, para cada grupo, en un ciclo de 5 años del cultivo, de tal manera que el máximo de producción potencial oscila entre 133 y 241,8 sacos de café verde por hectárea.

Proyección. Simular la producción potencial para las demás estaciones climáticas de Cenicafé, determinar el promedio por zona grupo y hectárea, y construir el mapa de producción potencial para Colombia, de acuerdo con la oferta climática. Con esta información se establecerán los criterios agronómicos para acercar la producción de café a la producción potencial, por zona, objetivo de la línea de investigación.

Tabla 3. Nombre, municipio, departamento, altitud, latitud y longitud de las estaciones seleccionadas para simular la producción potencial.

Zona	Estación	Municipio	Departamento	Altitud	Latitud (N)		Longitud (W)	
				(m)	°	'	°	'
Norte	Blonay	Chinácota	N. de Santander	1.250	07	34	72	37
	Francisco Romero	Salazar	N. de Santander	903	07	44	72	47
	Pueblo Bello	Pueblo Bello	Cesar	1.134	10	25	73	34
Centro Norte	Cenicafé	Chinchiná	Caldas	1.310	05	00	75	36
	Granja Luker	Palestina	Caldas	1.031	05	04	75	41
	El Rosario	Venecia	Antioquia	1.635	05	58	75	42
Centro Sur	Paraguaicito	Buena Vista	Quindío	1.203	04	24	75	44
	El Cedral	Pereira	Risaralda	2.120	04	42	75	32
	La Bella	Calarcá	Quindío	1.449	04	30	75	40
Sur	Jorge Villamil	Gigante	Huila	1.420	02	20	75	31
	Ospina Pérez	Consacá	Nariño	1.603	01	15	77	29
	Manuel Mejía	El Tambo	Cauca	1.735	02	24	76	44

Tabla 4. Temperatura media diaria y horas de brillo solar promedio por zona, estación y grupo (ENSO).

Zona	Estación	ENSO	Temperatura diaria (°C)			Brillo solar diario (Horas)		
			L. inferior	Promedio	L. Superior	L. inferior	Promedio	L. Superior
Centro Norte	Cenicafé	Neutro	21,13	21,19	21,24	4,78	4,90	5,02
		La Niña	20,83	20,89	20,95	4,66	4,78	4,90
		El Niño	21,48	21,54	21,59	4,49	4,61	4,72
	El Rosario	Neutro	19,81	19,88	19,96	5,62	5,76	5,91
		La Niña	19,85	19,93	20,00	5,56	5,71	5,85
		El Niño	20,51	20,58	20,65	5,34	5,48	5,62
	Granja Luker	Neutro	22,66	22,71	22,76	5,62	5,75	5,88
		La Niña	22,65	22,71	22,76	5,67	5,86	6,04
		El Niño	23,03	23,09	23,14	5,32	5,44	5,56
Centro Sur	El Cedral	Neutro	15,17	15,22	15,27	2,64	2,75	2,85
		La Niña	14,75	14,80	14,85	2,55	2,64	2,74
		El Niño	15,30	15,35	15,39	2,52	2,61	2,70
	La Bella	Neutro	20,24	20,30	20,35	3,85	3,98	4,12
		La Niña	20,22	20,32	20,43	3,40	3,51	3,63
		El Niño	20,37	20,43	20,49	3,80	3,91	4,02
	Paraguacito	Neutro	21,75	21,80	21,86	4,77	4,90	5,03
		La Niña	21,49	21,55	21,61	4,59	4,71	4,84
		El Niño	22,02	22,08	22,14	4,43	4,55	4,66
Norte	Blonay	Neutro	20,38	20,43	20,48	3,96	4,08	4,19
		La Niña	19,91	19,97	20,03	3,78	3,90	4,03
		El Niño	20,15	20,20	20,26	3,68	3,79	3,89
	Francisco Romero	Neutro	22,03	22,08	22,13	3,05	3,31	3,56
		La Niña	21,75	21,82	21,88	3,88	4,00	4,12
		El Niño	21,87	21,92	21,98	3,88	3,99	4,10
	Pueblo Bello	Neutro	21,09	21,14	21,19	6,27	6,39	6,51
		La Niña	20,77	20,82	20,88	6,64	6,77	6,89
		El Niño	20,98	21,04	21,09	6,09	6,20	6,31
Sur	Jorge Villamil	Neutro	19,87	19,92	19,97	3,35	3,46	3,56
		La Niña	19,55	19,60	19,66	3,11	3,22	3,32
		El Niño	19,96	20,01	20,07	3,06	3,16	3,26
	Manuel Mejía	Neutro	18,47	18,52	18,57	5,26	5,38	5,50
		La Niña	18,20	18,26	18,31	4,61	4,72	4,84
		El Niño	18,67	18,72	18,78	4,66	4,78	4,89
	Ospina Pérez	Neutro	19,32	19,38	19,43	4,98	5,11	5,25
		La Niña	18,91	18,97	19,03	4,25	4,38	4,51
		El Niño	19,54	19,59	19,65	4,28	4,41	4,53

Tabla 5. Producción acumulada en sacos de 60 kilogramos de café verde por hectárea, con 7.500 plantas de Variedad Castillo®, por zona y grupo (ENSO).

Zona	ENSO	Sacos de 60 kg de café verde
Norte	El Niño	225,73
	La Niña	224,74
	Neutro	223,32
Centro Norte	El Niño	226,96
	La Niña	227,66
	Neutro	228,58
Centro Sur	El Niño	200,72
	La Niña	195,99
	Neutro	199,78
Sur	El Niño	225,17
	La Niña	221,94
	Neutro	224,65

Tabla 6. Valores mínimos y máximos de producción acumulada en sacos de café verde por hectárea, en un ciclo de 5 años del cultivo, por zona y estación.

Zona	Estación	ENSO	Mínimo	Máximo	Zona	Estación	ENSO	Mínimo	Máximo
Norte	Blonay	Neutro	166,8	219,4	Centro Sur	El Cedral	Neutro	60,5	146,1
		La Niña	168,8	223,1			La Niña	54,5	138,8
		El Niño	168,9	220,0			El Niño	64,6	149,9
		La Niña (o)	165,3	218,7			La Niña(o)	52,9	133,1
		El Niño (a)	164,6	218,1			El Niño (a)	54,3	136,0
	Francisco Romero	Neutro	179,1	223,9		La Bella	Neutro	167,6	221,7
		La Niña	181,2	228,1			La Niña	164,5	215,3
		El Niño	183,1	229,6			El Niño	169,1	221,3
		La Niña(o)	183,4	230,6			La Niña(o)	165,7	219,2
		El Niño (a)	183,0	229,0			El Niño (a)	164,0	217,6
	Pueblo Bello	Neutro	177,3	227,8		Paraguaicito	Neutro	187,1	235,2
		La Niña	170,7	223,6			La Niña	188,2	237,4
		El Niño	178,2	228,4			El Niño	187,9	235,2
		La Niña(o)	190,8	241,8			La Niña(o)	188,7	238,1
		El Niño (a)	172,9	225,9			El Niño (a)	187,8	236,0
Centro Norte	Cenicafé	Neutro	178,4	228,2	Sur	Jorge Villamil	Neutro	168,5	222,5
		La Niña	169,3	220,7			La Niña	170,8	226,4
		El Niño	189,3	238,4			El Niño	169,7	221,8
		La Niña(o)	183,9	236,5			La Niña(o)	166,5	221,0
	El Rosario	El Niño (a)	180,5	230,1			El Niño (a)	164,0	217,9
		Neutro	174,8	229,5		Manuel Mejía	Neutro	156,3	220,2
		La Niña	170,3	227,6			La Niña	149,2	217,0
		El Niño	169,4	221,2			El Niño	160,5	223,6
		La Niña(o)	168,3	224,1			La Niña(o)	159,4	223,9
	El Niño (a)	168,4	225,1	El Niño (a)			152,2	219,4	
	Granja Luker	Neutro	182,3	228,6		Ospina Pérez	Neutro	173,2	232,3
		La Niña	187,8	235,7			La Niña	161,2	223,9
		El Niño	178,2	222,8			El Niño	174,0	230,9
		La Niña(o)	183,1	229,6			La Niña (o)	169,9	231,3
		El Niño (a)	183,1	228,9			El Niño (a)	170,3	231,3

(o): Eventos de La Niña o El Niño donde predomina La Niña; (a): Eventos de La Niña o El Niño donde predomina El Niño

LÍNEA PPR0300

Aumento de la eficiencia de los factores de producción

El objetivo de esta línea es generar resultados de investigación que permitan aumentar el uso eficiente de los factores de producción de café en Colombia.

Las principales actividades que se desarrollaron en el marco de la línea PPR0300 son:

- Generar recomendaciones que permitan aumentar la eficiencia en los factores de producción de café y, por ende, la productividad en sistemas de producción de café a libre exposición solar, a través de la integración de los factores de producción con especial énfasis en los factores de manejo.
- Generar recomendaciones que permitan aumentar la eficiencia en los factores de producción de café y, por ende la productividad en sistemas de producción de café en sistemas agroforestales (SAF), a través de la integración de los factores de producción con especial énfasis en los factores de manejo.
- Conocer, recuperar y mantener la fertilidad del suelo para una adecuada nutrición de los cafetales.
- Desarrollar y adaptar tecnologías para la recolección, beneficio y secado del café, que permitan mejorar los indicadores técnicos, económicos, ambientales y de calidad del café.
- Evaluar productos bioestimulantes que potencien la eficiencia fisiológica de la planta.

Avances en la actividad “Generar recomendaciones que permitan aumentar la eficiencia en los factores de producción de café y, por ende, la productividad en sistemas de producción de café a libre exposición solar, a través de la integración de los factores de producción con especial énfasis en los factores de manejo”

Evaluación de la edad óptima de eliminación de la yema terminal “descope” en plantas de almácigo. A partir de la implementación de la práctica del descope han surgido preguntas que necesitan ser abordadas en una nueva investigación, con el propósito de avanzar en el conocimiento y desarrollo de la práctica. Entre otros aspectos, las plántulas tienen crecimiento desuniforme, lo cual dificulta realizar la labor en un solo momento de desarrollo en el almácigo, el descope puede causar un estrés que

disminuye el ritmo de crecimiento y ocasiona retraso en la siembra y, con frecuencia, se estimula un mayor número de brotes (tres o cuatro), aun en pares de hojas por debajo de aquellas donde se realiza el descope.

Durante el período de octubre de 2012 y septiembre de 2013, se realizó la segunda réplica de esta actividad en la Estación Central Naranjal (Chinchiná-Caldas), la cual consistió en hacer eliminación de la yema terminal o “descope” en plantas de almácigo desde el primer mes de trasplantadas hasta el octavo mes, bajo condiciones de polisombra o sombra artificial y libre exposición solar. A los 4 meses y a los 6 meses después de trasplantadas las plantas en el almácigo, se realizaron medidas de área foliar y número de brotes o tallos formados y a los 7 y 9 meses se les determinó la biomasa total.

A los 4 meses después de iniciados los tratamientos hubo diferencias estadísticas en el área foliar de las plántulas de café a libre exposición solar y bajo sombra artificial con polisombra, con valores promedio de área foliar de 144,41 y 386,68 cm² por planta, respectivamente.

Se presentaron diferencias estadísticas en el área foliar entre las plantas descopadas el primer y segundo mes, y las plantas descopadas al tercer mes, pero no hubo diferencias estadísticas entre las plantas descopadas en el primer y el segundo mes con el testigo sin descopar, debido a que al momento del descope o eliminación de la yema terminal, la plántula sufre una reducción en el crecimiento y desarrollo momentáneo, que se ve reflejado en el área foliar del mes siguiente, respuesta que no se evidenció en las plantas descopadas al cuarto mes, dado que ese mismo mes se realizó la primera evaluación de área foliar y las plantas sometidas a este tratamiento no habían expresado respuesta a la práctica (Tabla 7).

A los 6 meses después de iniciados los tratamientos se obtuvieron diferencias estadísticas en el área foliar de las plantas en ambas condiciones, observándose que el área foliar fue entre 2,0 y 2,5 veces mayor en plantas bajo sombra artificial que bajo libre exposición solar; no hubo diferencias estadísticas entre las plantas de café descopadas al primer, segundo, tercer, cuarto y quinto mes, respecto a las plantas sin descopar en la condición de libre exposición solar. Bajo condiciones de polisombra se observaron diferencias significativas en el área foliar entre las plantas descopadas al segundo y cuarto mes respecto a las plantas sin descopar, con mayor área foliar en las plantas descopadas.

Al eliminar la yema terminal o descope desde el primer mes de trasplante hasta el quinto mes no se observaron diferencias en la biomasa acumulada en las plantas

Tabla 7. Efecto de la edad de eliminación de la yema terminal o descope sobre el área foliar y la biomasa acumulada bajo dos condiciones (libre exposición solar y sombra artificial).

Condición	Mes de descope después de trasplante	Área foliar total de la planta (cm ²)		Biomasa acumulada (g)
		A los 4 meses	A los 6 meses	
Libre exposición solar	1	126,92cd	321,52a	8,32 a
	2	126,10cd	336,65a	7,99 a
	3	86,78c	267,37a	7,14 a
	4	129,50cd	343,10a	8,70 a
	5		235,27a	8,84 a
	Sin descope		144,41d	325,10a
Polisombra	1	371,15f	719,92bc	18,67 ab
	2	245,93ef	875,94d	16,67 a
	3	302,70e	740,12bc	17,63 ab
	4	371,27f	862,70d	19,81 b
	5		815,47cd	18,87 ab
	Sin descope		386,68f	623,11b

que crecieron a libre exposición solar, pero sí hubo repuesta en las plantas que crecieron en la condición de polisombra, descopadas al segundo y al cuarto mes, con una mayor acumulación de biomasa al cuarto mes. Igual que en la condición de libre exposición solar, no hay diferencias significativas en la acumulación de biomasa al sexto mes entre las plantas descopadas al primer, segundo, tercer y quinto mes de trasplantadas en la bolsa.

Avances en la actividad “Generar recomendaciones que permitan aumentar la eficiencia en los factores de producción de café y, por ende, la productividad en sistemas de producción de café en sistemas agroforestales (SAF), a través de la integración de los factores de producción con especial énfasis en los factores de manejo”

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

Los tratamientos están compuestos por las combinaciones de tres niveles de distancias de siembra del sombrío de *Inga* sp. (Factor A) y tres distancias de siembra del café (Factor B), como se describen en la Tabla 8.

Tabla 8. Tratamientos como resultado de combinar tres niveles de distancias del sombrío con tres de distancias de siembra del café.

Nº	Tratamiento	Descripción
1	A1 B1	Sombrío a 6 x 6 m y café a 1,00 x 1,00 m
2	A1 B2	Sombrío a 6 x 6 m y café a 1,42 x 1,42 m
3	A1 B3	Sombrío a 6 x 6 m y café a 2,00 x 2,00 m
4	A2 B1	Sombrío a 9 x 9 m y café a 1,00 x 1,00 m
5	A2 B2	Sombrío a 9 x 9 m y café a 1,42 x 1,42 m
6	A2 B3	Sombrío a 9 x 9 m y café a 2,00 x 2,00 m
7	A3 B1	Sombrío a 12 x 12 m y café a 1,00 x 1,00 m
8	A3 B2	Sombrío a 12 x 12 m y café a 1,42 x 1,42 m
9	A3 B3	Sombrío a 12 x 12 m y café a 2,00 x 2,00 m

La actividad se instaló en el 2008 en la Finca Las Tapias (El Socorro-Santander). El análisis del promedio de la producción de cuatro cosechas (2009-2012) indica que con 10.000 plantas/ha de café se obtienen las máximas producciones (334, 410 y 310 @/ha de c.p.s.), con el sombrío de *Inga edulis* establecido a densidades de 278, 123 y 70 árboles/ha. Los porcentajes de sombra bajo los cuales se ha desarrollado el cultivo del café, no han superado el 42%, valor máximo establecido para la localidad, lo cual ha permitido altas producciones con las densidades de siembra del sombrío evaluadas.

Fertilización mineral potásica como alternativa complementaria a la fertilización con materia orgánica, en sistemas de producción de café orgánico. Se evaluó la combinación de dos factores, tres densidades de siembra del café (A) y cinco alternativas de fertilización (B). En la Tabla 9 se describen los tratamientos.

La actividad fue establecida en el año 2008, en la Estación Experimental Pueblo Bello (Pueblo Bello-Cesar), (cosechas 2010 a 2013). Los resultados parciales indican que 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 las dosis recomendadas en el análisis de suelo y la fertilización realizada con lombricompostado en mezcla con sulfato de potasio, con la mayor producción en el último tratamiento. Con densidades de siembra de café de 7.800 plantas/ha hubo diferencias entre los tratamientos, que implicaron la fertilización con lombricompostado en mezcla con las dos fuentes de potasio (Tabla 9).

Tabla 9. Producción de café (@/ha de c.p.s) como resultado de combinar tres de distancias de siembra del café con cinco alternativas de fertilización.

N°		Descripción		
		Densidad de siembra del café (plantas/ha)	Fertilización	Producción @/ha de c.p.s.
1	A ¹ B ¹	3.922	Solo Lomb. *	58,7 a
2	A ¹ B ²	3.922	Fertilización química (as*)	73,7 a
3	A ¹ B ³	3.922	Sin fertilización	79,5 a
4	A ¹ B ⁴	3.922	Lomb. + 1ª Fuente de K	66,3 a
5	A ¹ B ⁵	3.922	Lomb. + 2ª Fuente de K	69,7 a
6	A ² B ¹	6.060	Solo Lomb.	80,9 ab
7	A ² B ²	6.060	Fertilización química (as)	52,4 b
8	A ² B ³	6.060	Sin fertilización	87,1 ab
9	A ² B ⁴	6.060	Lomb. + 1ª Fuente de K	99,8 a
10	A ² B ⁵	6.060	Lomb. + 2ª Fuente de K	86,1 ab
11	A ³ B ¹	7.843	Solo Lomb.	100,8 ab
12	A ³ B ²	7.843	Fertilización química (as)	76,0 ab
13	A ³ B ³	7.843	Sin fertilización	85,1 ab
14	A ³ B ⁴	7.843	Lomb. + 1ª Fuente de K	63,1 b
15	A ³ B ⁵	7.843	Lomb. + 2ª Fuente de K	111,1 a

*Lomb=Lombricomposto; as= análisis de suelo

Densidad de siembra óptima en cafetos de porte alto con resistencia a la roya, bajo sombra.

La actividad se estableció en las Estaciones Experimentales Naranjal-Caldas, Pueblo Bello-Cesar y El Tambo-Cauca. Las distancias de siembra del café se diseñaron de manera que se conservara la distancia entre surcos y variara la distancia entre plantas. En las tres localidades la densidad del sombrero se ajustó a 70 árboles/ha. En la Tabla 10 se describen los tratamientos.

Los resultados parciales en las Zonas Centro y Sur, y los resultados finales en la zona Centro indican que con 5.000 plantas/ha (2,0 m x 1,0 m) de la variedad Tabi se obtienen producciones máximas de 113,6 @ de c.p.s. en la Estación Experimental Pueblo Bello, 84,9 @ de c.p.s. en la Estación El Tambo y 70,6 @ de c.p.s. en la Estación Central Naranjal.

Avances en la actividad “Conocer, recuperar y mantener la fertilidad del suelo para una adecuada nutrición de los cafetales”

Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la producción y calidad del café. La actividad se desarrolla en cinco localidades de la zona cafetera colombiana: Estación Experimental Paraguacito (Buenavista-Quindío), Estación Experimental San Antonio (Floridablanca-Santander), Estación Experimental El Rosario (Venecia-Antioquia), finca El Porvenir (Manzanares-Caldas) y finca El Agrado (Montenegro-Quindío). En la Estación Central Naranjal (Chinchiná-Caldas), el presente informe consolida el análisis de la cosecha durante la totalidad del ciclo de producción (4 años).

Tabla 10. Tratamientos de la actividad de siembra óptima en cafetos de porte alto.

Tratamiento	Distancias de siembra del café (m)	Plantas efectivas por parcela
1	2,00 x 3,00	77
2	2,00 x 2,00	121
3	2,00 x 1,50	165
4	2,00 x 1,20	209
5	2,00 x 1,00	220

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

A continuación se describen los resultados para cada sitio:

Estación Central Naranjal. Para las condiciones de la zona central cafetera de Colombia, fraccionar más de dos veces la fertilización requerida para cafetales en

edad productiva según el análisis de suelos, no afectó la producción anual de café cereza (cc) ni el total de producción para el ciclo productivo.

La tendencia general de la producción en cuanto a su distribución a través del tiempo, permitió identificar un pico de cosecha alrededor de octubre, el cual corresponde a la tendencia histórica para la zona, sin presentarse variaciones entre los planes de fraccionamiento de la fertilización.

Estación Experimental El Rosario. Fraccionar la fertilización para cafetales en edad productiva, según el análisis de suelos, no ha afectado la producción anual ni el acumulado de la cosecha obtenida para 3 años (Figura 2).

Finca El Agrado. Al igual que en la Estación Experimental El Rosario, la variación en la producción no se ha visto afectada por el fraccionamiento de la fertilización, no obstante, el suelo donde se encuentra establecida dicha plantación es de característica arenosa (Figura 2).

Estación Experimental Santander. Hubo efecto del fraccionamiento de la fertilización durante 2012, situación que también fue evidente en el acumulado de 2 años de producción. Las mayores producciones se obtuvieron cuando el fertilizante se aplicó fraccionado tres y seis veces por año (Figura 3).

Estación Experimental Paraguaicito y Finca El Porvenir. Hasta ahora no se ha detectado efecto del fraccionamiento en la producción, posiblemente porque la plantación para la fecha de este análisis cumple su segundo año de producción (Figura 4).

Evaluación de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción de café. Mediante el desarrollo de esta actividad se busca determinar para el cultivo de café el efecto de la aplicación de tres dosis de nitrógeno (200, 300 y 400 kg/ha/año), suministradas a través de tres fuentes fertilizantes (urea, nitrato de amonio y urea recubierta con una molécula para inhibir la nitrificación del amonio) y un testigo sin aplicación de N. La actividad se estableció en las Estaciones Naranjal (Caldas), El Rosario (Antioquia), Paraguaicito (Quindío) y Líbano (Tolima). Durante esta vigencia se evaluó en todas las localidades la producción de café cereza, la calidad física del grano, las propiedades químicas del suelo y la concentración de nutrientes en las hojas. Adicionalmente, en la Estación Experimental El Rosario se determinó el efecto de los tratamientos en la concentración de nutrientes en el fruto y en Paraguaicito el peso de los frutos.

A continuación se describen los resultados obtenidos:

Producción de café cereza. En todas las Estaciones, a excepción de Líbano, hubo efecto de las dosis de N en la cosecha obtenida durante el año 2012, pero no hubo respuesta a las fuentes, ni interacción Dosis x Fuente. Se encontró una respuesta de tipo lineal para la Estación Paraguaicito, en tanto que para Naranjal y El Rosario el comportamiento fue de tipo cuadrático (Figura 5). En Líbano se encontró efecto de dosis como de fuentes; en cuanto a dosis se refiere, la respuesta fue de tipo cuadrático y, con respecto a las fuentes, los promedios obtenidos con urea y urea-in fueron estadísticamente iguales y mayores al promedio obtenido con nitrato de amonio.

Los incrementos en la producción fluctuaron entre 20 y 60 kg/parcela. Aunque los anteriores resultados son parciales, la tendencia corrobora que son suficientes 300 kg/ha/año de N para suplir los requerimientos nutricionales de café.

Peso del fruto. El peso del fruto fresco evaluado en la Estación Experimental Paraguaicito, aumentó conforme a las dosis de nitrógeno. Esta respuesta revela que el suministro de N además de afectar el número de frutos por planta, debido a un mayor número de nudos y otras estructuras vegetativas como hojas, también propicia el crecimiento de los frutos. El incremento logrado se calcula en cerca de 6,0% para la dosis más alta (400 kg/ha/año de N).

Relación café cereza: café pergamino seco (cc:c.p.s.). Para la cosecha correspondiente al año 2012, en ninguna de las Estaciones Experimentales hubo efecto de los tratamientos sobre la relación cc:c.p.s. Los promedios fluctuaron entre 4,62 y 4,89.

Factor de Rendimiento en Trilla (FRT). En las Estaciones Naranjal, Paraguaicito y El Rosario no se presentó efecto de los tratamientos. En Líbano el aumento de las dosis de nitrógeno se tradujo en la reducción del FRT, siendo favorable esta respuesta.

Concentración de nutrientes en el fruto. En la Estación El Rosario la aplicación de nitrógeno se tradujo en el incremento de sus concentraciones en el fruto. En contraste, las concentraciones de fósforo, potasio, cinc, cobre y boro disminuyeron de manera significativa. Estas variaciones se relacionan con las concentraciones de los elementos en las hojas.

Propiedades químicas del suelo. La aplicación de nitrógeno disminuyó el pH de los suelos en todas las Estaciones a excepción de El Rosario (Figura 6). Se registraron los siguientes valores de disminución

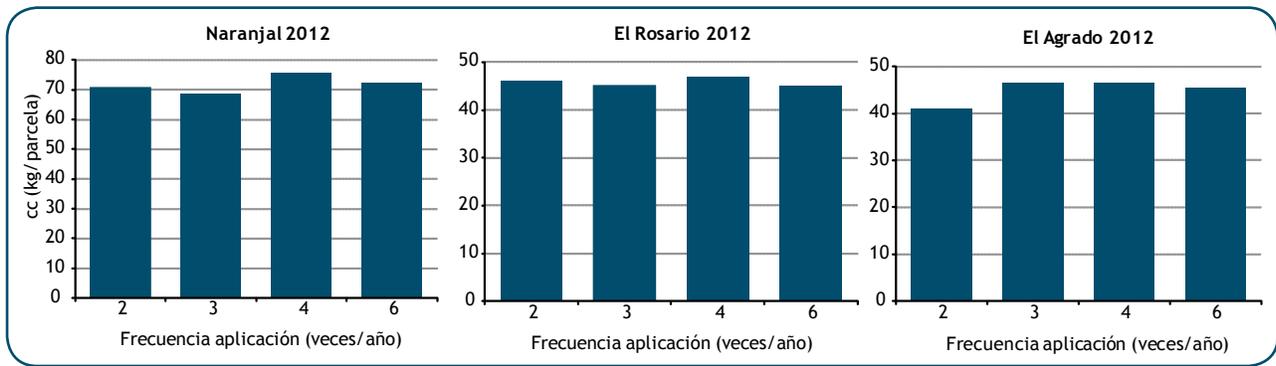


Figura 2. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en las Estaciones Experimentales Naranjal (Chinchiná-Caldas) y El Rosario (Venecia-Antioquia) y la finca El Agrado (Montenegro-Quindío).

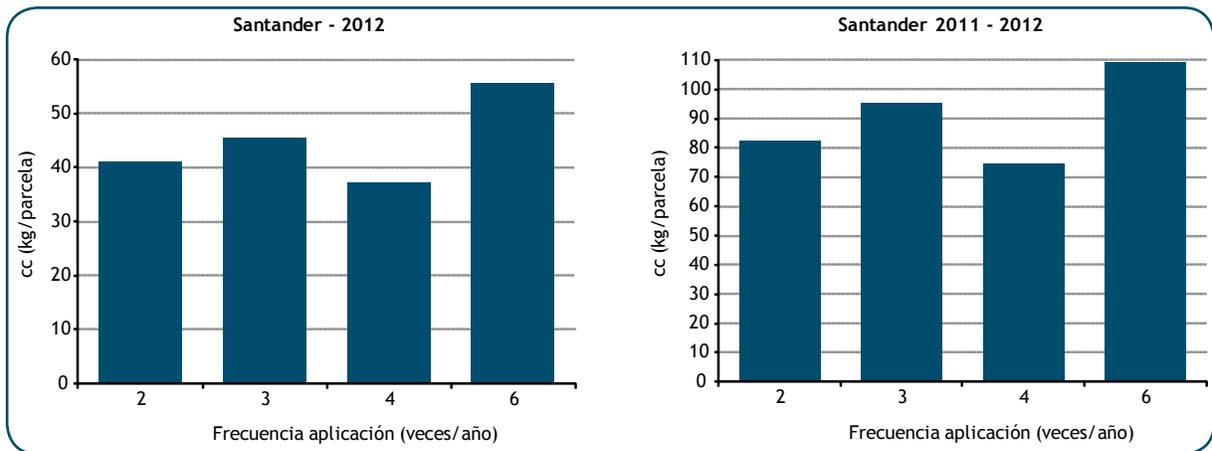


Figura 3. Efecto del fraccionamiento de la fertilización en la Estación Experimental Santander.

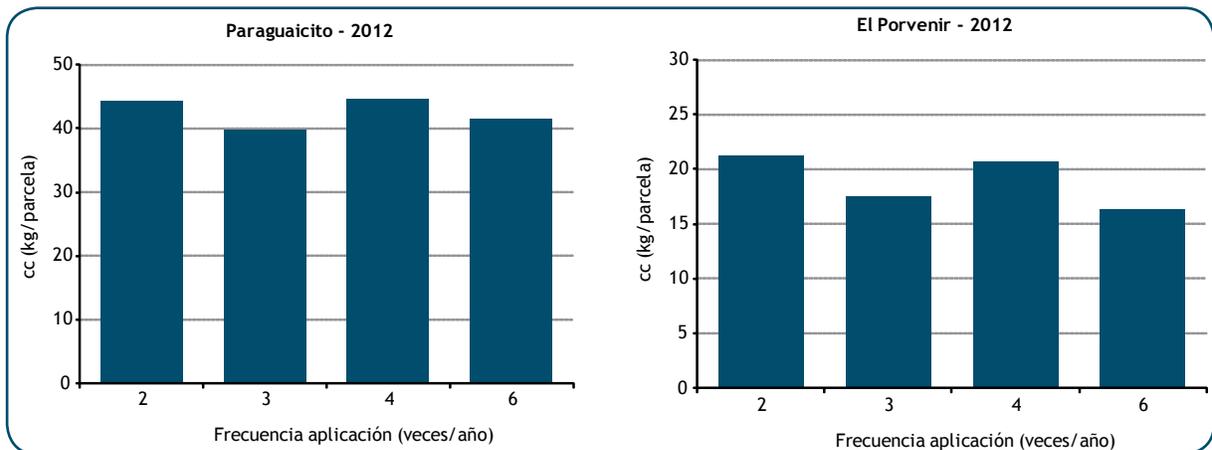


Figura 4. Producción de café cereza, efecto del fraccionamiento de la fertilización en la Estación Experimental Paraguaicito (Buenavista-Quindío) y la finca El Porvenir (Manzanares-Caldas).

de pH: Líbano 0,34, Naranjal 0,21 y Paraguaicito 0,24. Con el incremento de las dosis de nitrógeno se presentaron disminuciones de potasio y calcio, comportamiento que no ocurrió con el magnesio. El aluminio intercambiable tendió al aumento en Naranjal y Líbano, respuesta que se relaciona con la

reducción del pH, y como consecuencia de ello hubo un aumento de la saturación de este elemento. La capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), así como la suma de bases y el porcentaje de saturación de las bases presentaron reducciones parciales.

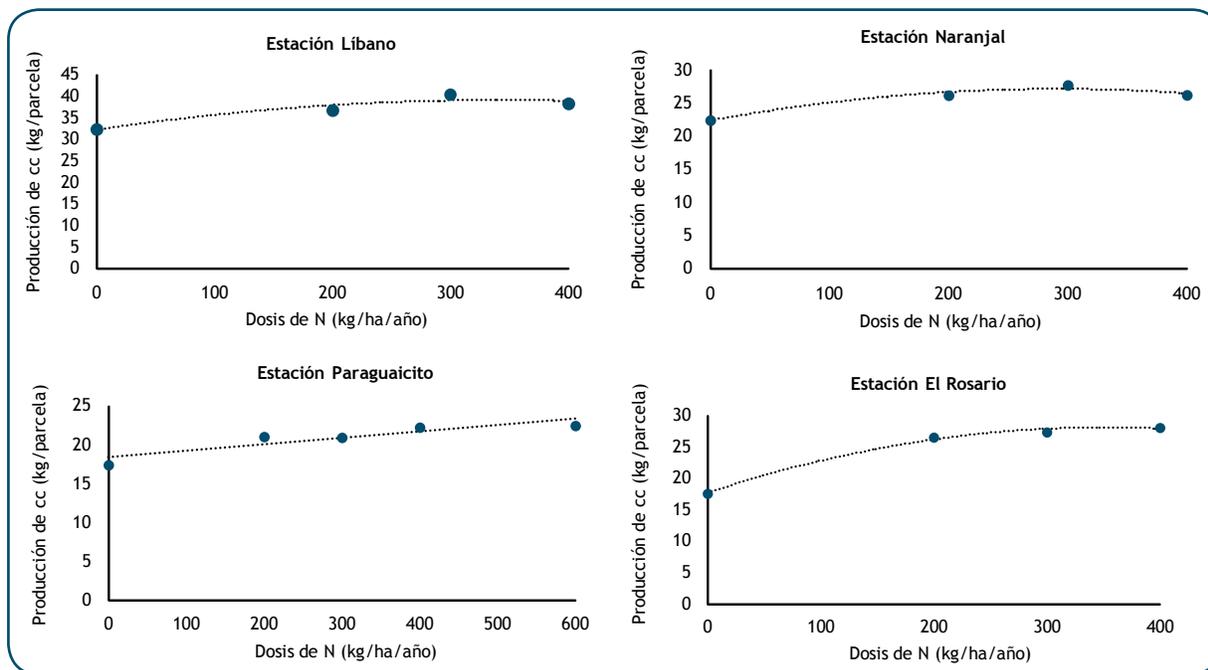


Figura 5. Valores promedio de la producción de café cereza (cc), obtenidos en respuesta a dosis de nitrógeno durante el año 2012 en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé.

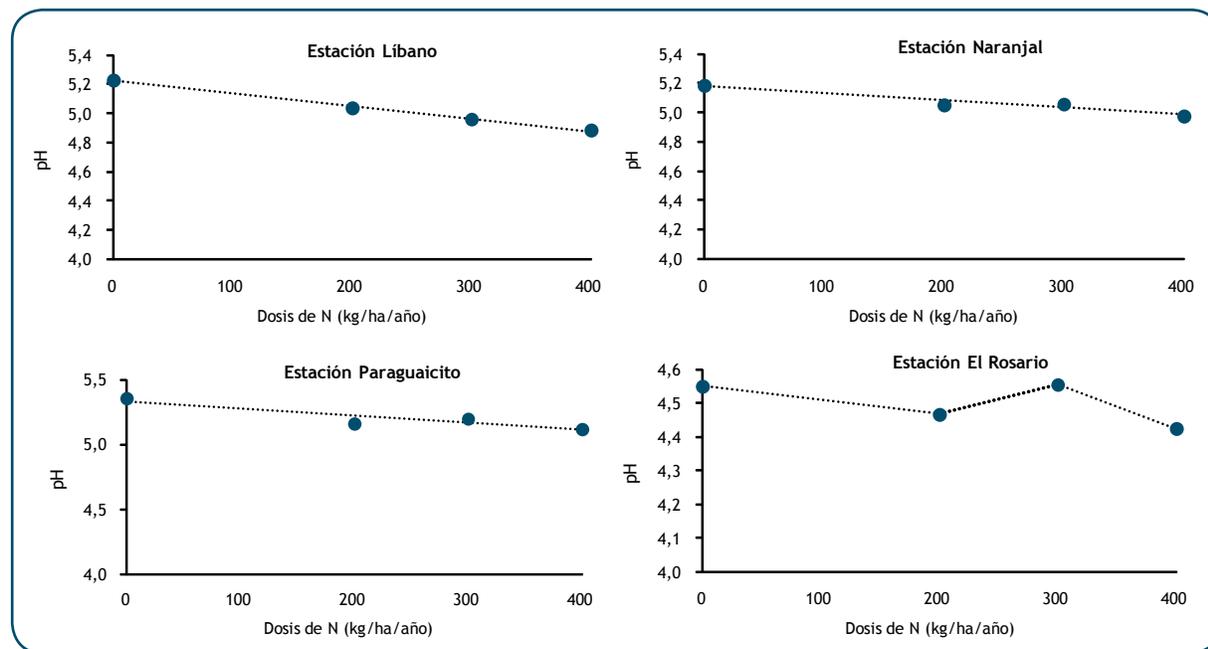


Figura 6. Efecto de las dosis de nitrógeno en el pH de los suelos.

Efecto del cinc en la producción del cultivo.

En zonas de café variedad Colombia se evaluó la aplicación de tres dosis de Zn (5, 10 y 20 kg/ha de ZnO), aplicado al suelo (tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente) y de quelato de Zn aplicado vía foliar (0,5, 1,0 y 2,0 kg/ha) (tratamientos 4, 5 y 6 respectivamente), más un testigo sin aplicación de este elemento (tratamiento 7).

En la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia) y en Gigante (Huila) no hubo efecto de los tratamientos sobre la producción anual y acumulada. En Timbío (Cauca) el promedio del tratamiento 4 fue mayor que los tratamientos 3 y 5, pero ninguno se diferenció del testigo, a excepción de 3 para el año 2011 (Figura 7). La dosis más alta de Zn, aplicado al suelo, puede causar toxicidad.

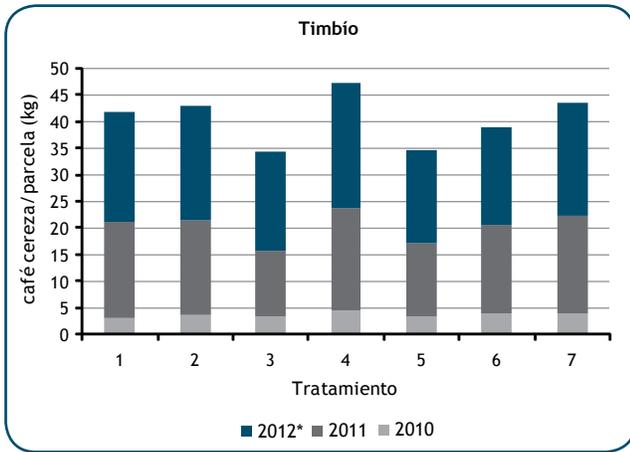


Figura 7. Efecto de la aplicación de cinc (Zn) sobre la producción de café en Timbío (Cauca).

Alternativas para la fertilización de cafetales en producción con fuentes simples en mezcla física y complejos granulados. En esta actividad evaluaron siete alternativas para la fertilización de cafetales (Tabla 11) en cuatro localidades: Estaciones Experimentales San Antonio (Floridablanca–Santander) y El Rosario (Venecia– Antioquia) y la finca El Agrado (Montenegro–Quindío). En todos los tratamientos, las dosis se fraccionaron en dos oportunidades durante el año.

En ninguna de las localidades hubo diferencias entre los tratamientos en la producción de café cereza para el año 2012 (Figura 8).

Efecto de la aplicación combinada de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre la producción del café. La actividad se realizó en las Estaciones Naranjal, Paraguaicito y Santander y la Concentración Jorge Villamil (Gigante–Huila). Se evaluaron 12 tratamientos (Tabla 12).

Se analizó el promedio de la producción acumulada desde junio de 2009 a diciembre de 2012 en Gigante (Huila), desde agosto de 2009 hasta diciembre de 2012 en San Antonio (Santander), desde julio de 2009 hasta diciembre de 2012 en Naranjal (Caldas) y desde enero de

2010 a diciembre de 2012 en Paraguaicito (Quindío). Se realizó prueba de análisis de varianza, comparación de promedios entre tratamientos y prueba de contrastes al 10% según grupos de tratamientos de interés (Tabla 13).

En Naranjal, San Antonio y Gigante hubo efecto de los tratamientos sobre el promedio de la producción acumulada de café cereza. En las cuatro localidades el Tratamiento 12 no presentó diferencias con relación al Tratamiento 11.

La fertilización química al 100% según el análisis de suelo más el suplemento con fertilización orgánica afectó positivamente la producción en Paraguaicito y Gigante, al compararla con la misma fertilización química sin suplemento orgánico (Figuras 9 a y b).

En Naranjal y Santander el grupo de tratamientos 3, descrito como complemento de la fertilización química, fue similar en producción al tratamiento de fertilización química al 100%, en tanto que en Paraguaicito y Gigante el grupo de tratamientos 3 superó al mismo en producción. En Naranjal hubo diferencia entre el grupo de tratamientos 3 frente al grupo de tratamientos 5, lo que demuestra el efecto positivo del complemento orgánico a la fertilización química reducida al 50% y 75% (Figuras 9 c y d).

Predicción de los requerimientos de cal para suelos de la zona cafetera colombiana. Con el propósito de generar recomendaciones para la aplicación de cal a escala regional, en 16 unidades de suelos, contrastantes en sus características, se efectuaron pruebas de incubación. Se detectaron respuestas diferentes al enclamiento (Figura 10).

Adicionalmente, se evaluaron diferentes relaciones suelo:agua para la determinación del pH. En este sentido, para los 256 análisis de pH logrados en las 16 unidades de suelo objeto de estudio, se corrobora que los cambios en la relación suelo:agua para el análisis en el laboratorio no imprimen variaciones significativas en el pH como para sugerir alternativas diferenciales en las recomendaciones (Figura 11).

Tabla 11. Descripción de los tratamientos.

Trat	Producción	Hydrán	Nitrabor	UREA	KCl	DAP	Kieserita	Boro Klip	Kelatex Zn	Calcinit	Análisis de suelos							
											N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	B	Zn
1	1412										240	85	254	0	28	28	2.8	1.4
2		1263									240	51	240	0	38	22	1.3	1.2
3		900	460		115						240	36	240	120	27	16	2.3	1.0
4		900	460								240	36	171	120	27	16	2.3	1.0
5				336	400	87	120		16	453	240	40	240	120	30	25	0	1,4
6				488	400	87	120	11,2	16		240	40	240	0	30	25	2,3	1,4
7											Análisis de suelos							

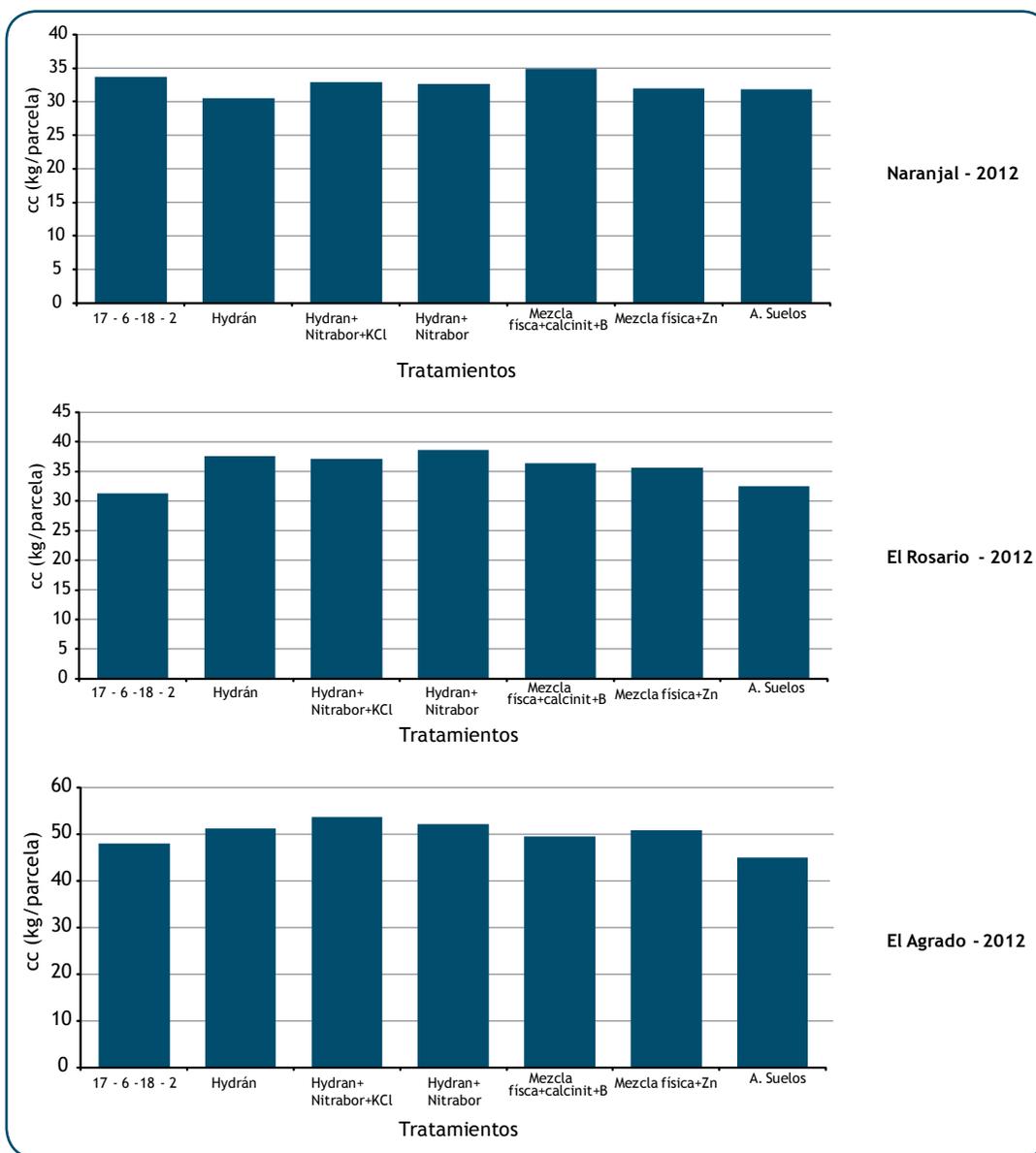


Figura 8. Efecto de fuentes simples en mezcla física y complejos granulados en la producción del café en las Estaciones Experimentales El Rosario y Naranjal y la Finca El Agrado.

Bionutrición de plantas de café (zoca).

Al finalizar la evaluación del segundo ciclo productivo de las plantas de café de la variedad Colombia renovadas por zoca, las variables de crecimiento (altura y número de cruces), incidencia y severidad de mancha de hierro en frutos y producción, mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos al interior de cada grupo (Grupo 1: Nutrición química; Grupo 2: Reducción entre el 25% y el 50% de la nutrición química + una aplicación del insumo biotecnológico al año; Grupo 3: Reducción desde el 75% de la nutrición química + dos aplicaciones del insumo biotecnológico/año; Grupo 4: insumo biotecnológico).

Las plantas a las que se les redujo la nutrición química al 75%, correspondiente a la dosis de 118 kg/ha-año de N, 50 kg/ha-año de P₂O₅ y 130 kg/ha-año de K₂O (298 kg/ha-año) en dos aplicaciones/año) en alternancia con el insumo biotecnológico con ingrediente activo compuesto por las bacterias fijadoras de nitrógeno *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*, la bacteria biotransformadora de proteínas del suelo *Lactobacillus acidophilus*, y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, a una dosis de 1,5 L/ha-año (una aplicación/año), fue el tratamiento donde las plantas presentaron la mayor altura y número de cruces, los menores niveles de mancha de hierro en los frutos y los registros más altos en producción durante todo el segundo ciclo productivo de las plantas (zoca).

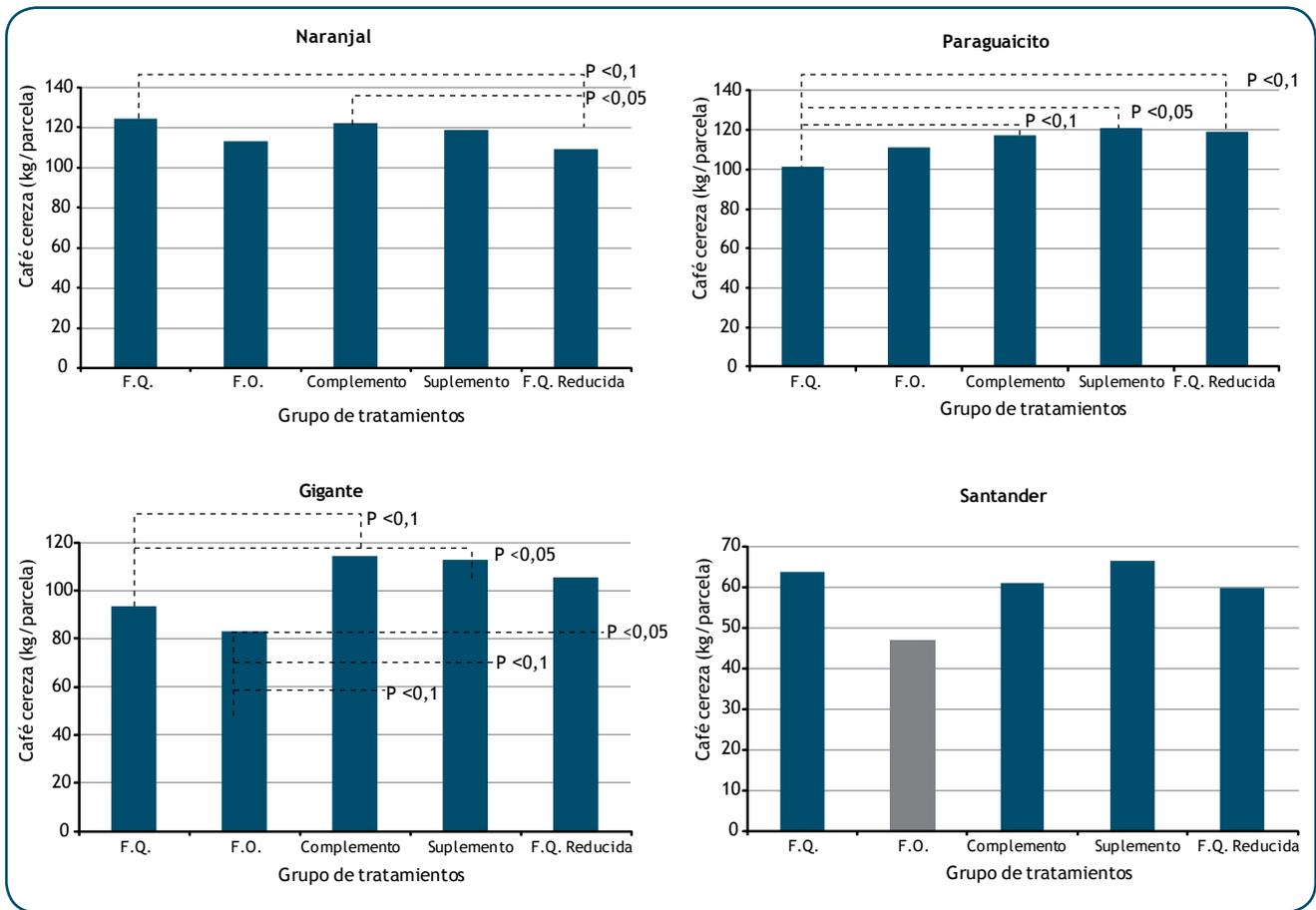


Figura 9. Efecto de diferentes grupos de tratamientos sobre la producción de café. En las Estaciones Experimentales Naranjal (a) y Paraguaicito (b) y la Granja Jorge Villamil (c) las líneas y valores sobre las barras indican la diferencia entre grupos de interés según la prueba de contrastes al 10%. En Santander (d) las barras de igual color indican igualdad estadística según la prueba de contrastes al 10%.

Tabla 12. Tratamientos de fertilización química y orgánica

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

* En base seca

Tabla 13. Grupos de tratamientos de interés para la prueba de contrastes.

Grupo	Tratamientos	Descripción
1	11	Fertilización química 100% (F.Q.)
2	12	Fertilización orgánica 100% (F.O.)
3	3,4,5,6,7,8	Complemento de la fertilización química
4	1,2	Suplemento de la fertilización química
5	9,10	Fertilización química reducida (F.Q. reducida)

La producción acumulada (2009-2012) del segundo ciclo productivo de las plantas con la reducción del 75% de los nutrientes químicos + el insumo biotecnológico, superó la producción de las plantas que recibieron el 100% de la nutrición química correspondiente a 352 kg/ha-año de N, 147 kg/ha-año de P₂O₅ y 386 kg/ha-año de K₂O (885 Kg/ha-año), con 8,1 y 5,9 kg/árbol de café cereza, respectivamente. En relación con la calidad del café, todos los tratamientos al interior de cada grupo, obtuvieron un factor de rendimiento por debajo de 92,8, sin diferencias entre tratamientos.

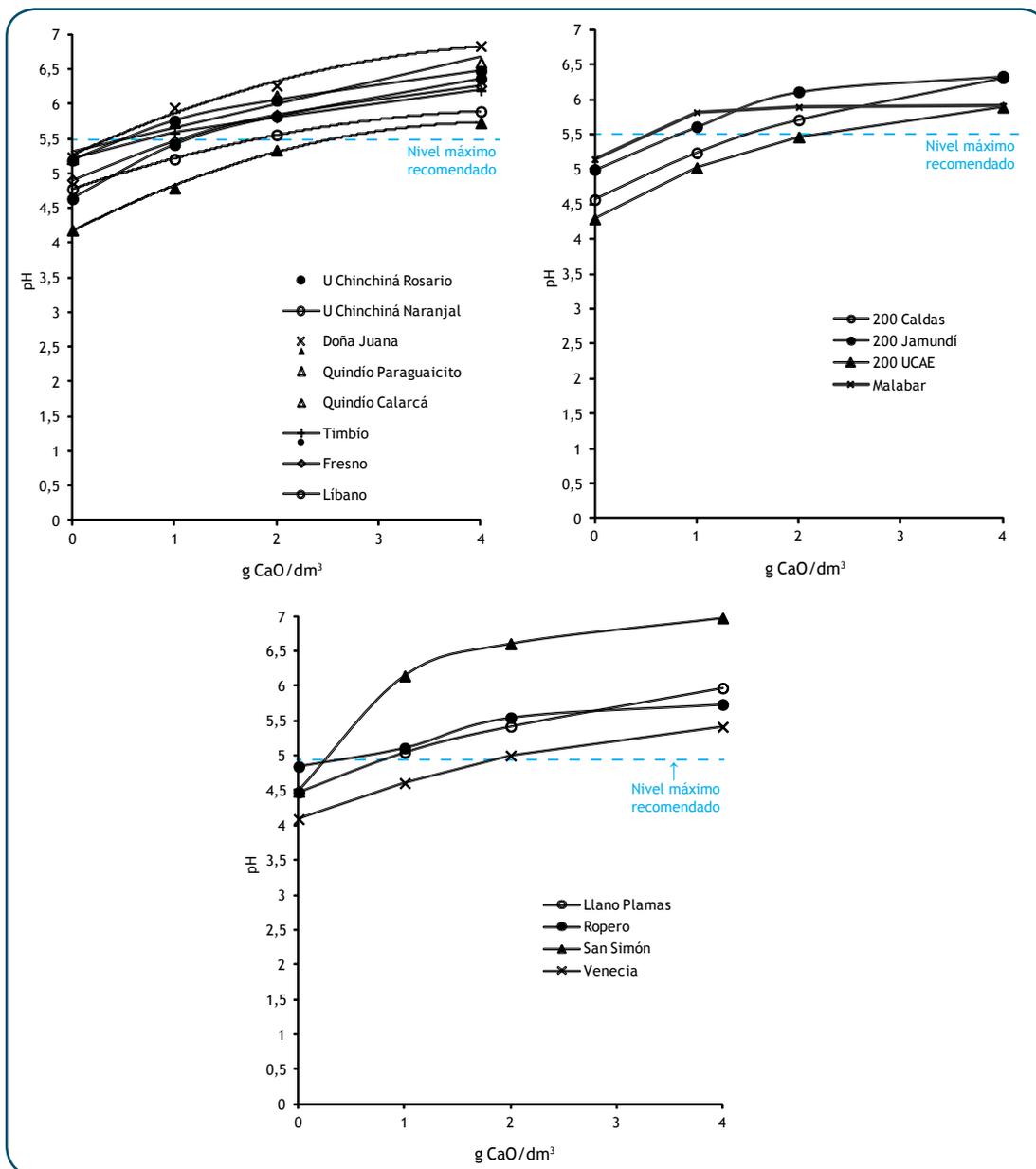


Figura 10. Efecto de la aplicación de cal (referida como CaO) en el pH, en diferentes unidades de suelo.

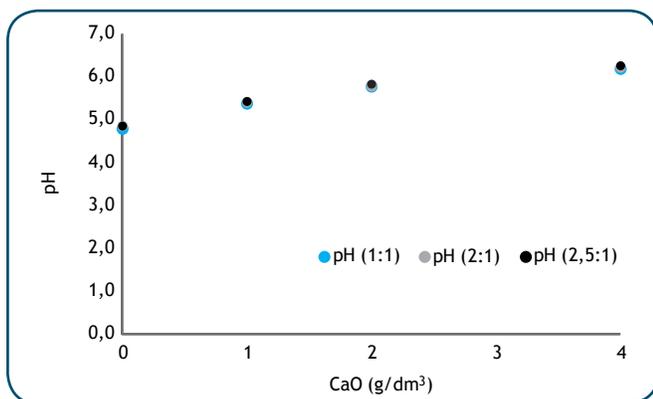


Figura 11. Variación en el pH del suelo bajo tres modalidades de medición del método, en cuanto a la relación suelo: agua se refiere.

Al comparar el segundo ciclo de producción de las plantas (zoca) (años 2007 a 2012) con el primero (plantilla) (años 2002 a 2006), se aprecia que en las condiciones experimentales del estudio, la dosis del nutriente químico se puede disminuir de 466 kg/ha-año de N, P₂O₅ y K₂O hasta 298 kg/ha-año de N, P₂O₅ y K₂O, cuando se aplica en alternancia con el insumo biotecnológico (una aplicación/año) (Figura 12a). Los registros más altos del peso fresco de raíz y parte aérea de las plantas al final del experimento se obtuvieron con la reducción del nutriente químico al 50% (446 kg/ha-año) + el insumo biotecnológico (1,5 L/ha-año) y con la reducción del nutriente químico al 75 % (298 kg/ha-año) + el insumo biotecnológico (1,5 L/ha-año) (Figura 12b).

Los resultados de 10 años de experimentación en la bionutrición de plantas de café abren la posibilidad de incluir bacterias fijadoras de nitrógeno en la nutrición para mejorar la asimilación del nutriente químico, haciendo más funcional y menos costosa esta actividad, manteniendo bajos los niveles de mancha de hierro, una alta producción de café y permitiendo que este cultivo sea mucho más rentable y sostenible.

Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera de Huila. Con el objetivo de conocer la distribución espacial de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del departamento del Huila, Colombia, se utilizaron los resultados de las muestras analizadas entre los años 1990 y 2009. Una vez depurada la información, se construyó una base de datos con 17.232 registros, con la cual se realizó un análisis estadístico descriptivo para cada una de sus variables (pH, materia orgánica, P, K, Ca, Mg, Al y textura), tanto a escala departamental como municipal. Posteriormente, se valoró su fertilidad según los criterios establecidos para el manejo de la nutrición del cultivo de café en Colombia. En el 50% de las muestras analizadas se detectaron problemas de acidez para café ($\text{pH} < 5,0$ y $\text{Al}^{3+} > 1 \text{ cmol}_c/\text{kg}$) y bajos contenidos de materia orgánica ($< 6,0$) y P ($< 10 \text{ mg}/\text{kg}$), mientras que sólo entre el 22% y 24% de los registros contenían niveles muy bajos de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ (menor a 1,5, 0,6 y 0,2 cmol_c/kg , respectivamente). La textura predominante fue FArA (44%), seguido por Ar (20%), FAr (11), ArA (11) y FA (9%).

En la Tabla 14 se consigna la información correspondiente a la estadística descriptiva de las propiedades del suelo, evaluadas a escala departamental.

Avances en la actividad “Desarrollar y adaptar tecnologías para la recolección, beneficio y secado del café, que permitan mejorar los indicadores técnicos, económicos, ambientales y de calidad del café”

Cosecha de café

El Sistema de Soporte Ergonómico para el Coco Recolector de Café – Sercor. Es necesario mejorar las condiciones de la recolección de café durante su desarrollo y desempeño, incorporando aspectos de acondicionamiento de equipos en función de la comodidad y ergonomía en posiciones adoptadas, movimientos repetitivos, tiempo y peso del producto cosechado. A través del tiempo se han introducido materiales modernos, que buscan mejorar y hacer cómodo el trabajo y se han modificado el diseño de equipos, haciendo más ergonómicas las herramientas y adecuadas para los cultivos o para reducir la dureza del trabajo.

El Sercor adaptado como un arnés al coco recolector de café busca mejorar la distribución de la carga en puntos estables del cuerpo, evitando que ésta se concentre en la parte inferior de la espalda (Figura 13). El análisis se desarrolló en cuatro localidades: en la Estación Experimental Paraguacito y la finca San Alberto (Buenavista-Quindío), la Estación Central Naranjal (Chinchiná-Caldas) y la Estación La Catalina (Pereira-Risaralda). La toma de información se basó en la encuesta y el tamaño de muestra, para cada localidad, se determinó de acuerdo al número promedio de recolectores presentes en los períodos o semanas de mayor recolección de café, para los meses de septiembre y octubre, se inspeccionó la labor de recolección a las 10 am. y 3 pm., llamados

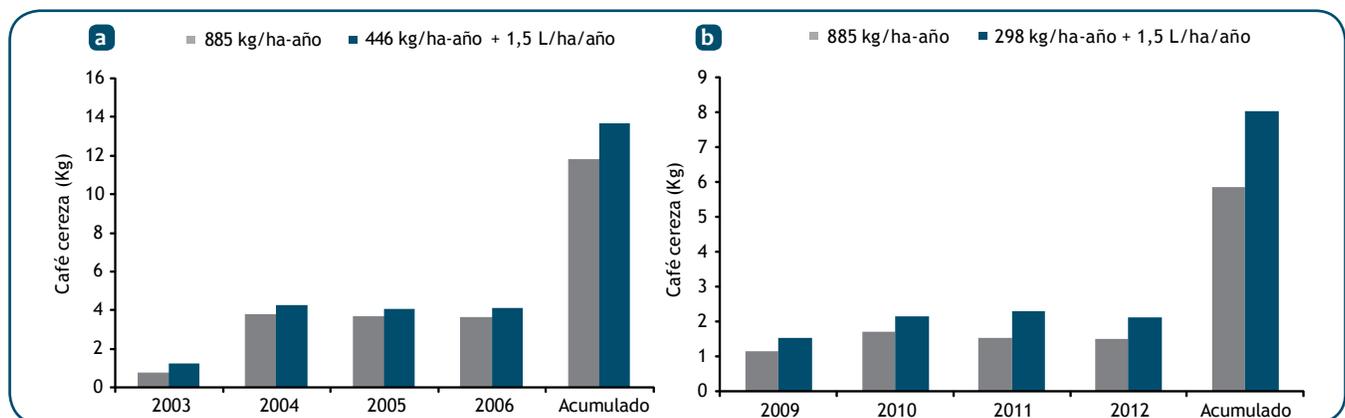


Figura 12. Producción de café cereza/árbol, con las dosis del 100% del nutriente químico y la reducción: **a.** del 50% del nutriente químico (446 kg/ha-año) + el insumo biotecnológico (1,5 L/ha-año) al final del primer ciclo productivo (noviembre de 2006); **b.** 75% del nutriente químico (298 kg/ha-año) + el insumo biotecnológico (1,5 L/ha-año) al final del segundo ciclo productivo (noviembre de 2012).

Tabla 14. Medidas de tendencia central, dispersión, asimetría y curtosis para las características del suelo, evaluadas en la zona cafetera del departamento de Huila.

Parámetro	pH	MO (%)	P (mg/kg)	K	Ca	Mg	Al
				(cmol _c /kg)			
Media	5,05	6,90	31,62	0,39	4,99	1,59	1,36
Mediana	5,00	6,00	10,00	0,32	3,60	1,20	0,70
Moda	5,00	5,30	4,00	0,22	2,00	0,80	0,00
Mínimo	3,50	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	7,80	29,3	999,00	3,00	50,00	31,00	11,20
C.V. (%)	11,59	52,34	215,12	70,19	92,12	88,32	125,84

tiempos de muestreo, y se registró para cada uno de 60 recolectores si estaban utilizando el Sercor.

En promedio, el 87% de los tiempos de muestreo se usó el soporte por parte de los recolectores, con límites que fluctuaron entre el 82% y 92%. En la Estación La Catalina se determinó que en promedio el 65% de tiempos usaron el soporte, en Naranjal el 90%, para la Estación Paraguaicito el 100% y en la finca San Alberto el 94%. Los resultados muestran que entre el 77% y 85% consideran funcional el soporte al momento de ejecutar los desplazamientos horizontales y verticales, respectivamente, el 73% distinguen la facilidad cuando hacen uso del soporte para recoger el café del suelo. El 78% de los recolectores lograron una buena articulación con su cuerpo. Al indagar acerca de si continuarían usando el Sercor, el 80% de los encuestados respondieron positivamente y manifestaron la oportunidad de emplearlo en actividades como fertilización y recolección de frutos en otros cultivos.

Validación de métodos de recolección manual asistida de café. Con la tecnología Canguaro 2M se han obtenido mejorías en los indicadores de la cosecha manual del café en algunos recolectores, principalmente en la recolección de café con menor porcentaje de frutos verdes (< 2,0% - Calidad), menores pérdidas por caída de frutos al suelo (< 2 frutos/árbol - Pérdidas), menor número de frutos maduros dejados sin recolectar en un pase (< 2 frutos/árbol - Eficacia) e incremento en la cantidad de café recolectado por jornada (hasta 30% - Eficiencia).

En el 2012-2013 se conformaron grupos de usuarios de fincas vecinas con el fin de presentar la tecnología a más usuarios, crear escenarios que facilitaran el intercambio de experiencias y acelerar el proceso de adopción. Con este propósito se visitaron los departamentos de Antioquia, Cauca, Huila, Nariño, Risaralda, Tolima y Valle, con un total de 18 municipios, en los cuales se capacitaron 302 caficultores y 28 recolectores. Hasta finales de 2012 se capacitaron en cosecha con Canguaro 2M a 552 caficultores y 63 recolectores, y de este grupo se cuenta con un total de 314 usuarios



Figura 13. Sistema de Soporte Ergonómico para Cocco Recolector de Café (Sercor).

multiplicadores de la tecnología, es decir, aquellos que mantienen un permanente interés en continuar usándola. Para la adopción del Canguaro 2M se requiere de la participación decidida del propietario, del diseño y aplicación de estrategias que permitan favorecer tanto al caficultor como al trabajador.

Desarrollo de una herramienta portátil con visión artificial para la cosecha selectiva de café. Partiendo de modelos anteriores se desarrollaron las herramientas Alfa y Descafé, convirtiéndose en ALFA-I e ITOOLS, respectivamente, cada una con alcances diferentes a nivel de rendimiento y operabilidad. Ambas herramientas están conformadas por un sistema optoelectrónico para la detección de frutos maduros en la rama y por un sistema mecánico de desprendimiento; a su vez, existe un tercer sistema que se encarga de sincronizar el funcionamiento de los anteriores. Con las herramientas diseñadas y construidas a nivel de laboratorio se realizaron pruebas y ajustes en búsqueda de un correcto funcionamiento en el campo y se realizó una medición del desempeño de la recolección con ambas herramientas. Los resultados muestran que tanto la eficacia como la calidad dependen directamente de la oferta de los frutos maduros e inmaduros dentro de cada rama,

sin embargo, debido a los procesamientos de las imágenes fue posible programar una función de riesgo dentro de cada herramienta con el fin de tomar la decisión de cosechar o no frutos maduros rodeados de frutos verdes. El proceso de evaluación y ajustes continúa de tal forma que actualmente se trabaja sobre una herramienta ITOOLS, capaz de cosechar glomérulos de diferentes tamaños y retroalimentar las herramientas con una información de su velocidad, desplazamiento e inclinación.

Adicionalmente, se han desarrollado avances en el sistema de conteo y detección de frutos por estados de desarrollo en una rama de café en el campo, actualmente se está realizando un algoritmo para la segmentación e identificación de frutos por estado de desarrollo y se ha desarrollado un modelo de estimación de la masa de café a partir de las imágenes obtenidas en una sola vista de la rama.

Cosecha de café con equipos portátiles. Se realizaron ensayos en Cajibío (Cauca), con los equipos portátiles Stihl SP-81, Guliver y Twist (original y modificado con menor número de impactadores), en la cosecha de café (Figura 14). Se trabajó en árboles de café variedad Caturra de tercera cosecha, sembrados a 1,2 x 1,4 m, con dos a tres ejes o tallos, en terreno con pendiente ligera (< 15%). Cada equipo se utilizó en 20 árboles, con excepción del Twist modificado para el cual se emplearon 15 árboles. Para la recolección del café cosechado con cada equipo se utilizaron dos mallas de 5,0 m de longitud cada una, unidas longitudinalmente con Velcro®. En cada ensayo, con cada equipo, se determinaron las siguientes variables de respuesta: Masa de café recolectado, tiempo, porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada y porcentaje de café maduro recolectado/árbol. Adicionalmente, se determinó la carga del árbol (g) y la concentración de frutos maduros (%) de cada árbol cosechado y el tiempo empleado en el repase manual. El rendimiento más alto se obtuvo con el equipo Twist original (54,3 kg/h), sin incluir el tiempo empleado en labores con las mallas.

Con relación al promedio observado con recolección manual tradicional en la finca Los Naranjos en el mes de julio del 2013 (10,8 kg/h), con el equipo Twist original, incluyendo el tiempo empleado con mallas, el rendimiento promedio aumentó 201,7%. El café recolectado con el equipo Twist original presentó en promedio porcentaje de frutos verdes más alto (11,5%), el menor valor se obtuvo con el equipo Guliver (4,1%). El equipo Twist podría ser una herramienta a considerar en pases de cosecha principal en la meseta de Popayán, para aumentar la eficiencia de la mano de obra empleada, con modificaciones en la lanza que permitan variar su longitud y facilitar su empleo en cafetales de diferente altura.

Beneficio ecológico del café

Determinación del consumo específico de agua para el lavado del café con tecnología Deslim, en proceso con fermentación natural. Con el fin de obtener información de la tecnología ECOMILL® a nivel de finca, se instaló un equipo con capacidad para 1.500 kg/h de café lavado, en el municipio de Pereira (Risarcaldá, finca Las Brisas) (Figura 15). Se procesaron 354.067 kg de café cereza, generando un total de 123.923 litros de aguas residuales de lavado (mucílago + agua adicionada con el equipo), que fueron manejados en su totalidad sin producir contaminación de las fuentes de agua. Con relación a la tecnología con desmucilagador mecánico de varillas existente en la finca, con ECOMILL® 1.500 se obtuvieron los siguientes resultados: 1. Menor consumo específico de agua (68,2%); 2. Menor requerimiento específico de energía, kW-h/t de café lavado (68,5%); 3. Control del 100% de la contaminación generada por las aguas residuales de lavado.

Luego de un año de operación en la finca se puede afirmar que la nueva tecnología es confiable en su funcionamiento y resistente a las condiciones de operación, gracias a su diseño y a los materiales utilizados. Los mejores resultados en calidad física y sensorial se obtienen con clasificación en el estado de cereza, preferiblemente con el Separador Hidráulico



Figura 14. Equipos utilizados en cosecha de café. a. Derribadora; b. Guliver; c. Twist.



Figura 15. a. Equipo ECOMILL® 1.500 instalado en la finca Las Brisas (Pereira); b. y c. Visita de caficultores y de técnicos del Servicio de Extensión.

desarrollado en Cenicafé, utilizando despulpadoras en buen estado, con adecuado mantenimiento y previa calibración, con limpieza del café despulpado (utilizando zaranda con las dimensiones apropiadas al tamaño de los granos) y con buen control en la etapa de fermentación para definir el punto de lavado. Adicionalmente, se debe verificar y, en caso de ser necesario, calibrar el caudal de agua a utilizar en el equipo, según el modelo. Se recomienda incluir dispositivos para controlar el flujo de agua en todos los modelos.

Se dio a conocer la tecnología ECOMILL® 1.500 a caficultores de los departamentos de Risaralda y Valle del Cauca, funcionarios de la FNC, funcionarios de entidades certificadoras, compradores de café, Cooperativas de Caficultores y fabricantes de equipos para el beneficio del café. A través del programa de El Profesor Yarumo se presentó la tecnología a los cafeteros colombianos. Actualmente, cuatro empresas colombianas tienen licencia de la FNC para fabricar los tres modelos de la tecnología ECOMILL®.

Estudio de técnicas para la conservación del café pergamino húmedo durante la comercialización.

Se identificó que la calidad física y sensorial de las muestras de café pergamino húmedo recolectadas el 85,3% de las muestras presentaron un contenido de almendra sana menor al 75%, indicando la baja calidad de las muestras, así mismo el 67,5% de las muestras presentaron baja calidad en taza, de las cuales 52% presentaron defecto, siendo el defecto terroso, relacionado con almacenamiento bajo alta humedad y la baja calidad del agua usada en proceso, el que ocurrió con mayor frecuencia (46,2%), seguido de los defectos inmaduro y fermento, que se presentaron en la misma proporción 23,1% cada uno. Se encontraron muestras altamente contaminadas por microorganismos, con valores de UFC por gramo hasta de 10^8 y 10^9 para mohos y levaduras y aerobios mesófilos, así como para coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli*, hasta 2.400 NMP/g. Respecto a la pérdida de materia seca se identificó una pérdida acumulada promedio de 3,34% y 3,65% en un tiempo de 96 horas, para café bajo agua y café sin agua, respectivamente. Con la

información obtenida se evidencia que con el esquema de comercialización de café pergamino húmedo se obtiene café de baja calidad, y además pone en riesgo la inocuidad del producto. Así mismo se obtienen pérdidas económicas por las pérdidas de materia seca.

Se adelanta la evaluación de tres técnicas para la conservación del café húmedo: Aplicación de agua ozonizada, refrigeración y secado a niveles intermedios (45%, 40% y 35%). En cada una se tienen las siguientes variables de respuesta: Unidades formadoras de colonia (UFC), porcentaje de almendra sana, porcentaje de tazas limpias y porcentaje de pérdida de materia seca. Se realizaron todos los ensayos previstos con la técnica de aplicación de agua ozonizada, obteniendo el mejor resultado con una concentración de 0,2 mg/L y tiempo de aplicación sobre el café de 15 minutos. Con este tratamiento, el 95% de las muestras tratadas, con demora en el inicio del secado de hasta 4 días, presentaron calificación total mayor a 75 puntos en la escala de la SCAA, que las clasifica como de calidad usual buena. No se detectaron diferencias significativas en las variables porcentaje de almendra sana y porcentaje de pérdida de materia seca, entre los tratamientos con agua ozonizada y el testigo (lavado con agua limpia y secado inmediato). En las UFC para coliformes totales y para aerobios mesófilos, la carga microbiana obtenida en todos los tiempos de almacenamiento fue estadísticamente igual a la observada en las muestras con café recién café lavado (sin almacenamiento), es decir, con la aplicación de agua ozonizada se controló el crecimiento bacteriano en café pergamino húmedo durante 96 horas de almacenamiento.

Se iniciaron las pruebas con secado de café a niveles intermedios (45%, 40% y 35%, base húmeda) y almacenamiento en un cuarto con promedios de temperatura y humedad relativa de 21,5°C y 81,2%, respectivamente, durante 24, 48, 72 y 96 h. El café de cada tratamiento, 10 kg, se empacó en costales de fique. Al finalizar el tiempo de almacenamiento definido en cada tratamiento, el café se llevó hasta contenido de humedad del 10% al 12% utilizando un secador con temperatura de 38±2°C. Se observó que durante el almacenamiento la humedad del café se redujo entre 2,1% y 2,3%, para las muestras con contenido inicial de humedad de 45% y 40%, respectivamente, y entre 3,4% y 4,0% para las muestras secadas hasta 35%.

Diseño y construcción de una central comunitaria para el beneficio húmedo del café utilizando tecnología que no contamina las fuentes de agua.

Se diseñó una Central para el Beneficio y Secado, con capacidad para procesar el café producido por 95 pequeños productores. La Central tiene capacidad para 150.000 kg/año de c.p.s. (12.000 @/año de c.p.s.).

En el diseño se tuvieron en cuenta criterios técnicos, ambientales, económicos y sociales. Se utilizará la tecnología desarrollada por Cenicafé en las diferentes etapas del proceso de beneficio, principalmente la tecnología ECOMILL®, con las cuales se espera obtener un impacto mínimo sobre el medio ambiente y generar beneficios sociales y económicos a los productores. Durante este período se realizaron las actividades relacionadas con el anteproyecto arquitectónico, diseño del proceso, diseño y selección de los equipos que hacen parte del proceso y se procedió con la adquisición y construcción de los mismos.

Secado del café

Secador intermitente de flujos concurrentes para café pergamino.

Se diseñó un secador de flujos concurrentes (de café y aire de secado) e intermitente, con capacidad para 62 kg de c.p.s. (SIFC-62). El equipo consta de una cámara de secado de 0,35 m de diámetro y altura de 0,65 m, con volumen neto de 0,059 m³; una cámara de reposo de 0,35 m de diámetro y altura de 1,20 m, con volumen de 0,115 m³; una tolva intermedia para uniformizar el flujo de grano en el interior del secador y disminuir el flujo ascendente de aire de secado (contraflujo) y una tolva de descarga diseñada para permitir flujo uniforme de la masa. Los granos recirculan durante el proceso de secado, utilizando un elevador de cangilones. En un instante dado el aire de secado se suministra solamente al 31,4% de la masa de café, cuando pasa a través de la cámara de secado. En el resto del secador los granos experimentan un proceso de difusión de humedad que contribuye a disminuir los gradientes de humedad en su interior y al pasar nuevamente por la zona de secado se obtienen tazas de extracción de humedad altas. El aire de secado fluye en la misma dirección de los granos. Con este tipo de secadores se espera obtener café de alta calidad física y sensorial, con alta uniformidad de humedad final y alta eficiencia térmica.

Mecanización del cultivo del café

Evaluación de un dispositivo manual para recoger frutos de café caídos el suelo.

Se evaluó un dispositivo para recoger frutos del suelo (canastilla) en la Estación Central Naranjal, en dos lotes sembrados con Variedad Castillo® (Figura 16). Un lote con árboles de 3 años, dos ejes (o tallos) por árbol y distancia de siembra de 1 x 2 m; el otro lote, zoca de 2 años, dos ejes por árbol y distancia de siembra de 1,5 x 1,5 m, con pendiente del terreno del 10% al 20%. En cada lote se evaluó el efecto de dos condiciones de los platos (con hojarasca y limpio) y cinco cantidades de frutos en cada plato (3, 6, 9, 12 y 15), en total 10 tratamientos, en las



Figura 16. a. Canastilla utilizada para recoger frutos de café en el plato del árbol; b. Frutos recogidos.

variables de respuesta frutos no recogidos con la canastilla y tiempo empleado con ésta en cada árbol. En cada tratamiento se tuvieron 15 réplicas. Los mejores resultados con la canastilla se obtuvieron con platos limpios, con hasta nueve frutos en cada uno, en plantaciones cuyas ramas todavía no han cerrado completamente las calles, por la mayor facilidad para localizar los frutos en los platos de los árboles. En estas condiciones el porcentaje de frutos recogidos con la canastilla puede variar entre 80% y 95%. El tiempo promedio empleado por árbol con el dispositivo es de 8,2 y 9,5 s, con plato limpio y con hojarasca, respectivamente. Considerando los tiempos anteriores, un factor de ajuste de 1,5 teniendo en cuenta el tiempo empleado en otras actividades como descargar los frutos recogidos a un recipiente y desplazarse entre árboles, 8 h efectivas de trabajo por jornada y densidad de 5.000 árboles/ha, con la canastilla se podría recoger frutos en 2.927 y 2.526 árboles/jornada de trabajo, respectivamente. En consecuencia, para recoger frutos en platos de café, en una hectárea, con densidad de 5.000 árboles/ha, se requieren dos jornales.

Avances en la actividad “Evaluar productos bioestimulantes que potencien la eficiencia fisiológica de la planta”

Caracterización de la aplicación combinada de reguladores fisiológicos y nutrientes foliares sobre la producción de *C. arabica* Variedad Castillo®. Entre 2011 – 2013, se caracterizó la aplicación foliar combinada de diez reguladores fisiológicos/nutrientes (Tabla 15) en la Estación Central Naranjal, con miras a seleccionar los productos que tengan potencialidad y escalarlos a ensayos más grandes que incluyan un ciclo de producción. En cuanto al promedio del número de

flores en estado de preantesis por nudo y por rama seleccionada por árbol, se observó que en la parcela 5 cada nudo produce 0,6 flores más que la parcela testigo (1) (Figura 17). No hubo diferencias entre los tratamientos en la distribución de la floración registrada entre 2011-2012, comparada con la parcela testigo. Para 2011, se registraron dos eventos de floración, en marzo (que dio origen a la cosecha principal 2011) y en diciembre (mitaca 2012). En 2012, la floración estuvo concentrada entre febrero y marzo. Este resultado sugiere que los productos evaluados no tienen un efecto significativo sobre la concentración o dispersión de la floración del cafeto.

Para las variables número de frutos y producción de café cereza por rama y por árbol seleccionado, en 2011 se registró que la parcela tratada con el bioestimulante 3 muestra diferencias con respecto al control, siendo el tratamiento con el menor número de frutos y menor producción por rama (Figuras 18 y 19). Al comparar los resultados obtenidos entre 2011 y 2012, se observa un mejor comportamiento en algunos tratamientos. Es así, como la parcela tratada con el bioestimulante 11 registró el mayor promedio de número de frutos y producción por rama (290 frutos y 505 g) comparado con la parcela testigo (262 frutos y 412 g).

Para todas las parcelas se determinó el peso del café cereza, conversión café cereza – café pergamino seco (cc/cps), factor de rendimiento (cantidad de c.p.s. que se necesita para obtener un saco de 70 kg de café verde), así como el análisis granulométrico.

Durante los dos años evaluados, se encontró consistentemente que las parcelas tratadas con los bioestimulantes 5, 6, 7 y 11, presentan el mayor promedio de peso del fruto y son diferentes al testigo (Figura 20).

Tabla 15. Descripción de los reguladores fisiológicos/nutrientes caracterizados.

TTO	Ingrediente activo	Dosis	Tipo aplicación
1. Testigo	-	-	-
2	10% p/p (12,7% p/v) de nitrógeno total (N) en forma de nitrógeno orgánico (proteico). 62,5% p/p (79,4% p/v) de materia orgánica total (s.p. natural). 10,3% p/p (13% p/v) de aminoácidos libre	1 L/ha + 1L/ha	Foliar / 1 aplicación (1) Estado B3 / Plena floración
3	Ácidos ECCA Carboxy® CaO; B.	(1) 1 L/ha + 0,5 L/ha (2) 1 L/ha + 0,5L/ha	Foliar / 2 aplicaciones (1) B3 / Plena floración (2) 20 días después de floración
4	Triá, Kin, GA, IAA, Biot, A. Fol., Niac., Ac. Pantoy., Vit B1, B6, B12... CaB	1 L/ha + 1L/ha	Suelo-Foliar / 2 aplicaciones (1) Estado B3 / Plena floración (suelo) (2) 20 días después de la primera aplicación (foliar)
5	CIT, GA, IBA, IAA, Cofactores Ca B	(1) 0,25L/ha + 0,25 L/ha (2) 0,25 L/ha	Foliar / 2 aplicaciones (1) Estado B3 / Pétalos caídos (2) 4 meses después de la primera aplicación (llenado de fruto)
6	AATC, AT, Glicina B, Ca, Zn, K	(1) 5cc/L + 2cc/L + 1,5 cc/L + 1 cc/L (2) 5 cc/L + 5 cc/L + 5 cc/L + 1,5 cc/L	Foliar / 2 aplicaciones (1) Estado B3 / Plena floración (2) 5 meses después de la primera aplicación
7	AG3 Ca B	200 ppm + 12,5 cc/L	Foliar / 1 aplicación Estado B3 (Latencia) / Plena floración
8	P, K, Ca, Mg, S, B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Si, Zn	1,2 g /planta	Foliar 6 aplicaciones/año
9	AG; AIA, ZEA, Fe, Zn, Mg, Mn, B, S	(1) 1 L/ha + 0,5 L/ha (2) 1 L/ha + 0,5 L/ha (3) 1 kg/ha + 1 L/ha + 0,5 L/ha	Foliar / 2 aplicaciones (1) Estado B3 / Plena floración (2) 20 días después de floración (3) 4 meses después de floración
10	P, K, Ca, Mg, S, B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Si, Zn	(1) 25g/L + 10 cc/L + 1 cc/L (2-3) 25 g/L (4) 25 g/L	Foliar / 4 aplicaciones (1) Estado B3/floración (Feb) (2-3) 4-6 semanas post floración & Llenado de frutos (Sep) (4) 2 m antes de floración (Nov-Dic)
11	Azoxystrobin Difenconazole	1 L/ha + 0,5 L/ha	Foliar / 2 aplicaciones (1) Inicio floración (2) 15 días después de la primera aplicación

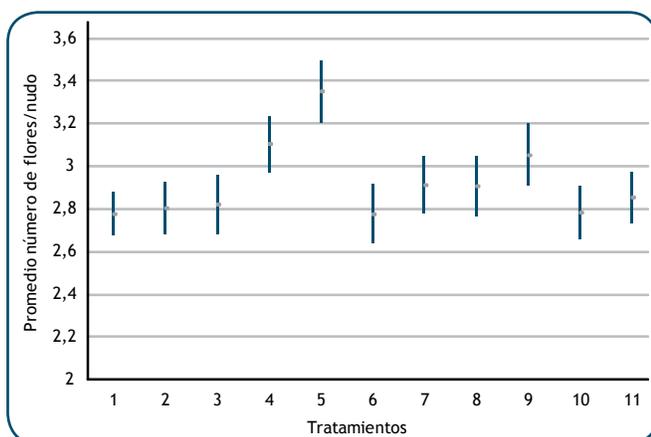


Figura 17. Número de flores por nudo por rama seleccionada.

No se observaron diferencias significativas en la conversión de cc/c.p.s.; sin embargo, durante el período evaluado (2011-2012), la parcela tratada con el bioestimulante 5 presentó un promedio de conversión menor (4,68) comparada con la parcela testigo (5,01).

No hubo diferencias entre los tratamientos y el testigo en términos del factor de rendimiento de c.p.s. a café verde. Los tratamientos donde se observó un mejor factor de rendimiento fueron el 9 (84,40) y el 11 (84,70), comparados con el testigo (86,06).

Al evaluar tamaño de grano se determinó que en promedio el 83% de los granos de las parcelas tratadas con los bioestimulantes 5 y 7 fueron clasificados como supremo (retenidos por mallas # 18 y # 17), comparado con el 73% de los granos de la parcela testigo obtuvieron esta misma clasificación.

Se realizó el análisis indirecto a través de NIRS de 16 compuestos químicos relacionados con la calidad del café (cafeína, trigonelina, lípidos, palmítico, esteárico, oleico, araquídico, behénico, CQA3, CQA4, CQA5, CQTotal, ácidos clorogénicos y sacarosa). Al analizar los dos períodos evaluados (2011-2012), se observa consistentemente que el bioestimulante presenta diferencias significativas comparadas con el testigo en

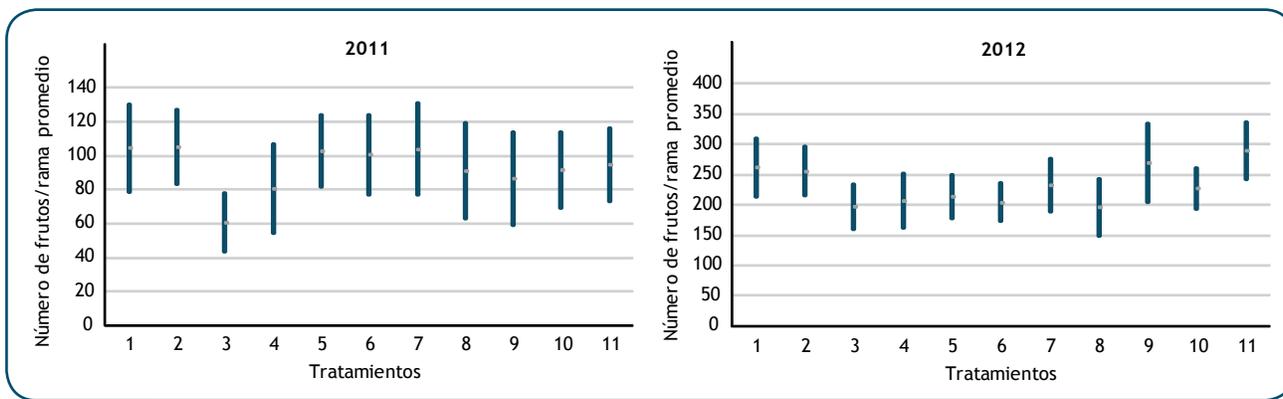


Figura 18. Número de frutos por rama por árbol seleccionado.

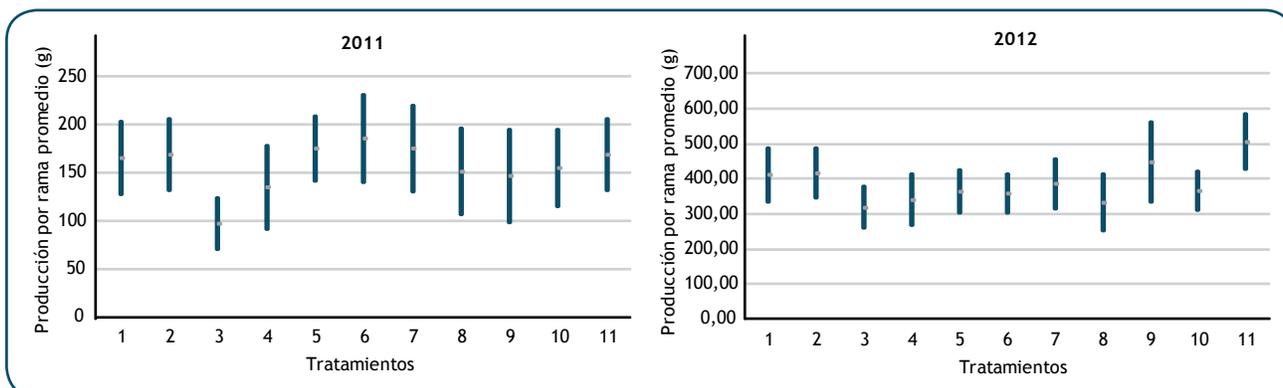


Figura 19. Promedio de la producción de café cereza (g) por rama y por tratamiento por año de evaluación.

contenido de sacarosa (7,44 vs 6,78), palmítico (30,88 vs 32,96), oleico (5,81 vs 6,38) y CQTotal (30,88 vs 32,96).

En Almacafé (Chinchiná-Caldas) y El Agrado (Montenegro-Quindío) se realizaron las pruebas de catación de las muestras recolectadas en cada una de las parcelas experimentales, durante en los tres picos de la cosecha principal, en el período de evaluación. Al tratarse de Variedad Castillo® se observó una muy buena taza en todas las muestras provenientes de los diferentes tratamientos y el testigo, con puntajes que oscilaron entre 79-83. Se determinaron notas especiales para algunas de las muestras tratadas (Tabla 16).

Se obtuvo la producción por parcela por tratamiento correspondiente a 2 años de evaluación (2011-2012). Al analizar los resultados de producción de 2011, se observa que sólo la parcela tratada con el bioestimulante 5 presenta una producción mayor (330,31 @/ha de c.p.s.) comparada con la parcela testigo (245,74 @/ha de c.p.s.) (Figura 20). En 2012, se observa que la parcela tratada con el bioestimulante 11 presenta mayor producción (503 @/ha de c.p.s.) comparada con la parcela testigo (447,08 @/ha de c.p.s.). La parcela tratada con el bioestimulante 3 produjo menos que la parcela testigo

durante el período de evaluación (Figura 20). Al analizar la producción acumulada se observa que el tratamiento 5 produce 23% más comparado con el testigo, lo cual se debe a su buen comportamiento durante el año 2011. Sin embargo, pese a que en el 2011, en términos de producción el tratamiento 11 presentó una producción 26% menor que el testigo, en 2012 mostró un incremento significativo superando a la parcela testigo (Figura 21).

Se realizó un análisis de los costos de aplicación de cada uno de los tratamientos experimentales, encontrando que los más costosos corresponden a las aplicaciones de los tratamientos 8 y 10, los cuales incluyen un mayor número de aplicaciones por año, así como más productos por aplicación. Los tratamientos con menor costo de aplicación son 2 y 5.

Los resultados obtenidos durante esta investigación no originan una recomendación de uso. Sin embargo, puede concluirse que la metodología evaluada sirvió para discriminar dentro de un grupo relativamente grande de bioestimulantes, aquellos que tienen potencial para ser llevados a ensayos bajo un diseño experimental, en un ciclo completo del cultivo. Es así como los tratamientos seleccionados para ser escalados son el 5 y el 11.

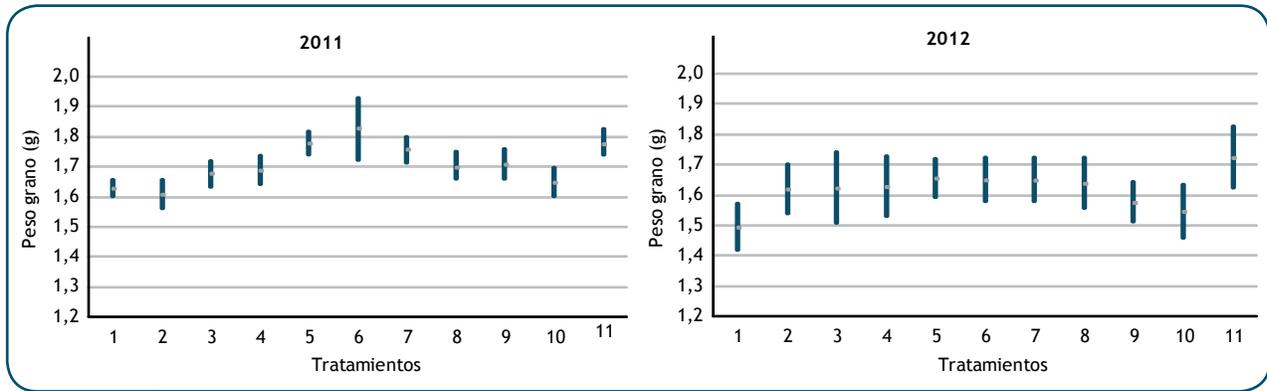


Figura 20. Promedio del peso del fruto (g) por tratamiento y año de evaluación.

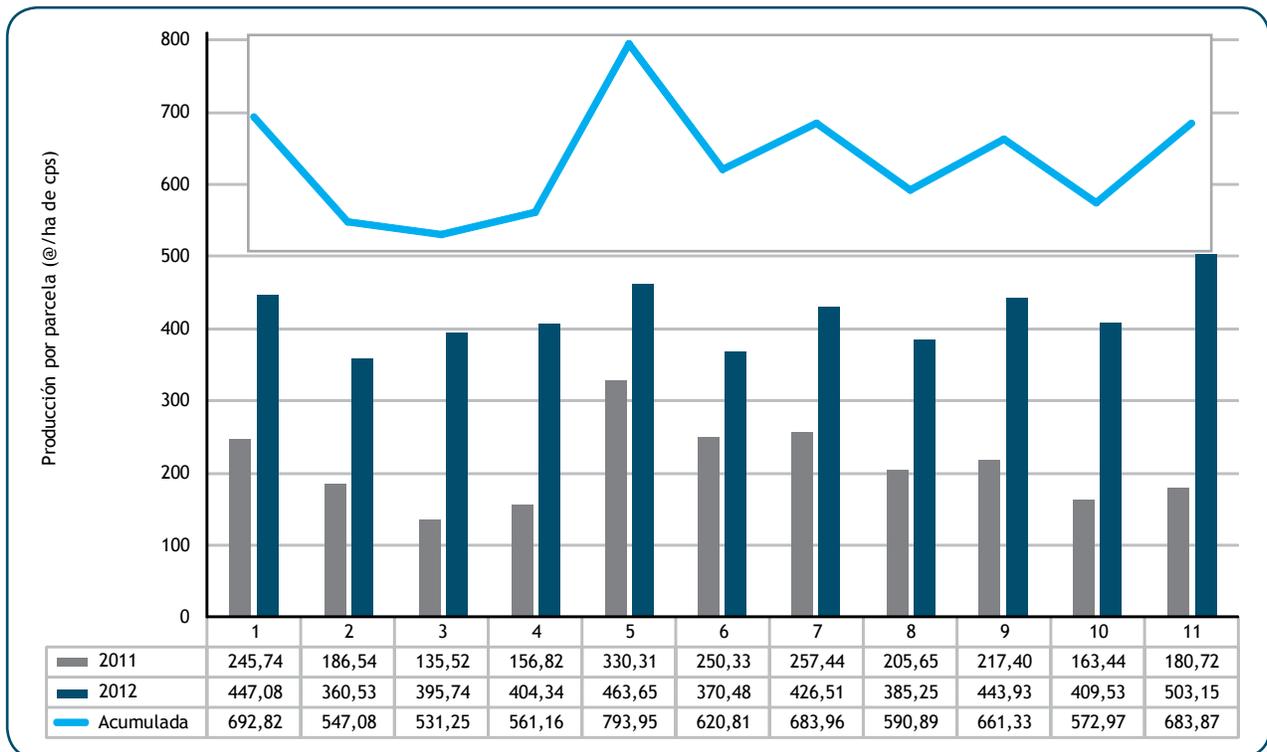


Figura 21. Producción (@/ha de c.p.s.) por tratamiento y por año de evaluación (2011-2012).

Tabla 16. Análisis sensorial realizado por el panel de catación del Agrado (Montenegro-Quindío) de muestras de café provenientes de parcelas tratadas con diferentes bioestimulantes.

Tratamiento	Puntaje Total	Notas
1 (Testigo)	80,5	Estándar
2	82,5	Fragancia y aroma a vainilla, cuerpo cremoso, residual limpio
3	80,5	Cuerpo medio, residual seco, algo desbalanceado
4	82,5	Fragancia chocolate, sabor chocolate, cuerpo cremoso, buen balance
5	80,1	Estándar
6	79,0	Estándar
7	82,8	Fragancia chocolate, cuerpo cremoso, sabor chocolate, residual seco
8	82,1	Fragancia floral chocolate, acidez limpia, cuerpo cremoso
9	80,5	Estándar
10	81,8	Fragancia vainilla, sabor vainilla nuez, cuerpo cremoso, taza estable balanceada
11	79,2	Cuerpo pesado, residual seco
CC	86,3	Fragancia limón, acidez cítrica, cuerpo medio, sabor limoncillo, buen residual

LÍNEA PPRo400

Consolidación de la red de distribución de semilla

El objetivo general de esta línea es contribuir a recuperar, estabilizar y aumentar la producción de café en Colombia, mediante el suministro suficiente y oportuno de semilla con calidad y trazabilidad, para la renovación del parque productor.

Las contribuciones de la línea se fundamentaron en:

- Atender la demanda de semilla con calidad, cantidad y oportunidad, que permitan el cumplimiento de los planes de renovación institucionales, de acuerdo a las necesidades de los Comités Departamentales de Cafeteros para las vigencias actuales y futuras.
- Incorporar nuevas tecnologías, equipos e infraestructura para asegurar un beneficio más ágil, económico y de excelente calidad.
- Definir los criterios de calidad para la producción de almácigos de buena calidad para las empresas particulares.
- Registrar ante el ICA las variedades mejoradas de café y el proceso de producción de semilla seleccionada.

Para el cumplimiento del objetivo se adelantaron las siguientes actividades a mediano, corto y largo plazo:

Sembrar los lotes con semilla básica de variedades de café actuales y futuras desarrolladas por Cenicafé, en las Estaciones Experimentales (EE) y las fincas de caficultores. La semilla se producirá con BPA y trazabilidad, para la distribución a los Comités de Cafeteros del país.

Con base en las recomendaciones de Cenicafé y la experiencia de las Disciplinas en la producción de colinos de café, se inició la elaboración de un protocolo y una guía para la producción de almácigos en empresas particulares.

Se adelantaron acciones ante el ICA para inscribir las variedades en el registro nacional de cultivares, así como el proceso de producción certificada de semilla y la información complementaria relacionada con la novedad, distinguibilidad, homogeneidad y estabilidad, que de acuerdo con la resolución 970 de 2010, deben cumplir las variedades.

Parque productor de semilla, distribución y fomento. Cenicafé juega un rol importante en la estrategia de producir y distribuir la semilla de Variedad Castillo® y sus compuestos regionales para la renovación del parque productivo, es así como esta actividad se lleva cabo en 77 ha en las Estaciones Experimentales (Tabla 17) y en 50 fincas de caficultores avalados por Cenicafé, que conforman la red productora de la FNC. En las Estaciones Experimentales el 60% del área corresponde a la Variedad Castillo® y el 40% a las Variedades Castillo® Regionales y Tabi, con un total de 369.186 de sitios, para un promedio de 6.373 sitios/ha. El 60% del parque está en estado reproductivo y el 40% en estado vegetativo.

Una vez concluido el año cafetero 2012 – 2013, se resalta la distribución de semilla de variedades mejoradas de café a los diferentes Comités de Cafeteros (Tabla 18), la cual fue de 72.980 kg procedentes del parque productor de las Estaciones Experimentales de Cenicafé. En las fincas de caficultores de la red productora de semilla de la FNC se generaron 38.012 kg, para un total de 110.992 kg de semilla para los programas de renovación de la caficultura colombiana. Los Comités que más demandaron semilla fueron Tolima, Antioquia, Cauca y Valle con el 15%, 12%, 11% y 10%, respectivamente.

Tabla 17. Parque productor de variedades mejoradas. Estaciones Experimentales.

Estación Experimental	Variedad	No. Sitios	Total (ha)
El Rosario	Variedad Castillo®	20.012	2,84
El Rosario	Variedad Castillo® El Rosario	19.828	3,36
La Catalina	Variedad Castillo®	48.094	9,55
La Catalina	Variedad Castillo® Naranjal	10.917	2,25
La Catalina	Variedad Castillo® El Rosario	3.787	0,95
Libano	Variedad Castillo®	45.606	9,52
Libano	Variedad Castillo® La Trinidad	2.866	0,55
Naranjal	Variedad Castillo®	104.503	21,55
Naranjal	Variedad Castillo® Naranjal	20.839	4,72
Naranjal	Variedad Castillo® Paraguaitico	15.182	3,85
Naranjal	Variedad Castillo® Pueblo Bello	5.593	1,39
Naranjal	Variedad Castillo® El Rosario	16.734	4,23
Naranjal	Variedad Castillo® Santa Bárbara	8.556	2,11
Naranjal	Variedad Castillo® El Tambo	7.918	1,97
Naranjal	Variedad Castillo® La Trinidad	5.558	1,38
Naranjal	Tabi	10.000	2,84
Paraguaitico	Variedad Castillo®	7.500	0,9
Pueblo Bello	Variedad Castillo® Pueblo Bello	3.600	0,72
San Antonio	Variedad Castillo®	4.142	0,92
San Antonio	Tabi	5.95	0,27
El Tambo	Variedad Castillo®	7.356	1,05
Total		369.186	76,92

Tabla 18. Distribución de semilla de variedades mejoradas. Estaciones Experimentales y Fincas de la Red de la FNC.

Comité	Semilla (kg de c.p.s.)		
	Cenicafé	Fincas	Total
Antioquia	8.345	5.070	13.415
Boyacá	2.800	0	2.800
Caldas	3.824	0	3.824
Cauca	4.276	7.565	11.841
Cesar-Guajira	5.266	1.700	6.966
Cundinamarca	6.468	7.80	7.248
Huila	3.988	643	4.631
Magdalena	397	610	1.007
Nariño	180	1.400	1.580
Norte de Santander	2.744	4.354	7.098
Oficina Coordinadora Caquetá	150	0	150
Oficina Coordinadora Casanare	500	0	500
Oficina Coordinadora Meta	800	0	800
Quindío	210	1.687	1.897
Risaralda	2.565	293	2.858
Santander	8.155	1.570	9.725
Tolima	10.939	5.417	16.356
Valle	3.988	6.923	10.911
Otros	2.385	0	2.385
Gerencia Técnica	5.000	0	5.000
Total	72.980	38.012	110.992

LÍNEA PPR0500

Alternativas de protección del cultivo

Identificación de enemigos naturales y competidores de la broca del café. Con el propósito de identificar enemigos naturales de broca y desarrollar metodologías para su cría, se recolectaron depredadores y parasitoides a partir de 8.000 frutos secos brocados del árbol y del suelo, provenientes de seis localidades en Caldas, Risaralda y Quindío. Se recolectaron cuatro especies de coleópteros de la familia Silvanidae que depredan estados inmaduros de broca: *Cathartus quadricollis*, *Monanus* sp., *Ahasverus advena* y *Europs* sp., siendo los dos últimos nuevos reportes como depredadores de broca (Figura 22). De la familia Anthocoridae se halló *Xylocoris* sp. hasta en un 15% de los frutos evaluados; este depredador, al igual que las especies anteriores, penetra frutos de café por los orificios de entrada que hace la broca y se alimentan de estados inmaduros de la plaga. De la familia Bethyilidae se recolectaron la avispa de Uganda *Prorops nasuta* y la avispa de Costa de Marfil *Cephalonomia stephanoderis*. *P. nasuta* se capturó en el 52%, 35% y 32% de los frutos secos brocados del árbol en las Estaciones Experimentales Paraguaicito, La Catalina y Naranjal, respectivamente. *C. stephanoderis* se encontró de forma natural parasitando la broca en una finca del municipio de Chinchiná (Caldas), 12 años después de su liberación en el campo. Se registraron

otros depredadores y competidores tales como hormigas *Crematogaster*, *Solenopsis* y *Pheidole*, el gorgojo del café *Araecerus fasciculatus* y especies de artrópodos saprófagos y micetófagos como la mosca *Lycoriella* sp., los escarabajos *Carpophilus* sp., *Litargus* sp. y el ácaro del moho *Tyrophagus putrescentiae* asociado con el hongo *Aspergillus* sp. presente en los túneles y galerías en frutos brocados del suelo.

Cría de enemigos naturales para el control de la broca del café. Se obtuvieron los ciclos biológicos de tres especies de depredadores: *Cathartus quadricollis*, *Ahasverus advena* (Coleoptera: Silvanidae) (Figuras 23 a y b) y *Xylocoris* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) en condiciones controladas de laboratorio (24°C y 70±2% HR). Para esto se evaluaron tres dietas a base de maíz, avena y café molido para *Cathartus* y *Ahasverus* y café pergamino brocado de 20 días de infestado para *Xylocoris* (Figura 23b). La duración del ciclo de vida (huevo a adulto) de *C. quadricollis* fue de 37 ± 2,5 días en maíz. La oviposición acumulada hasta el día 30 fue de 36 huevos en promedio por hembra. El promedio de oviposición por día fue de 1,5 huevos por hembra. La tasa reproductiva neta (*Ro*) tuvo un valor de 25,5 teniendo en cuenta la tasa de nacimientos (fecundidad por hembra individual) y de sobrevivencia en las colonias del laboratorio. En la dieta de avena el ciclo fue de 42,4 ± 2,3 días, la oviposición fue de 0,4 huevos promedio por hembra y por día. La tasa reproductiva neta (*Ro*) tuvo un valor de 12,5. En la dieta de café molido no se alimentó ni ovipositó *C. quadricollis*. La depredación promedio de *C. quadricollis* en condiciones de laboratorio fue de 96% de huevos, 91% de larvas 1,87% de larvas 2 y 81% de prepupas. Los adultos no fueron depredados.

Las hembras de *A. advena* colocaron en la dieta de maíz en promedio 0,9 huevos diarios. La oviposición acumulada fue de 27 huevos por hembra en un período de 30 días. La tasa reproductiva neta (*Ro*) tuvo un valor de 17,3 teniendo en cuenta la tasa de nacimientos y de sobrevivencia. El radio sexual fue de 1:1 (macho:hembra) en las colonias del laboratorio. El ciclo de vida de *A. advena* en dieta de maíz, desde huevo hasta adulto, fue de 44 ± 1,6 días y de 48 ± 1,3 en dieta de avena a 24°C y 70-72%HR. Esta especie en la dieta de café no ovipositó ni se reprodujo.

El tiempo promedio de desarrollo del ciclo de vida de *Xylocoris* sp. fue de 32,7 ± 1,5 días. Las hembras colocaron los huevos por fuera del grano. Los adultos y las ninfas penetraron los orificios de entrada de la broca en busca de presas. El período de preoviposición fue de 3,0 ± 0,4 días y un período de incubación de 5,2 ± 1,1 días. Las hembras colocaron un promedio de 33 huevos en un período de 30 días. El promedio de fecundidad por día fue de 1,7 huevos por hembra. El

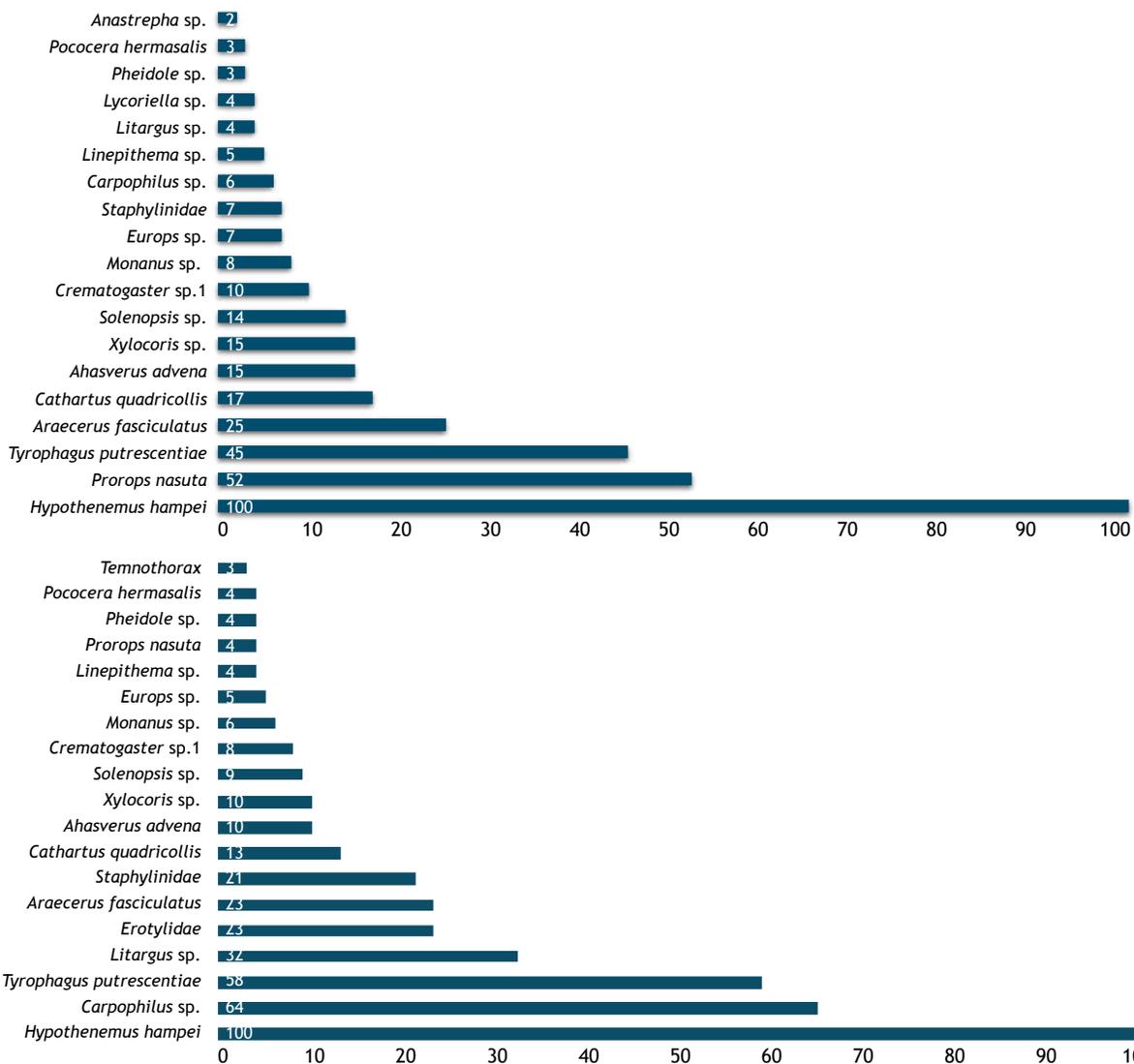


Figura 22. Proporción porcentual de enemigos naturales y competidores de la broca del café en frutos del árbol y del suelo en Paraguaicito, Quindío. **a.** *Hypothenemus hampei*. **b.** *Araecerus fasciculatus*. **c.** *Cathartus quadricollis*. **d.** *Ahasverus advena*. **e.** *Monanus* sp. **f.** *Europs* sp. **g.** Staphylinidae. **h.** *Litargus* sp. **i.** *Xylocoris* sp. **j.** *Carpophilus* sp. **k.** Ertylidae. **l.** *Prorops nasuta*. **m.** *Cephalonomia stephanoderis*. **n.** *Crematogaster* sp. **o.** *Solenopsis* sp. **p.** *Pheidole* sp. **q.** *Lycoriella* sp.

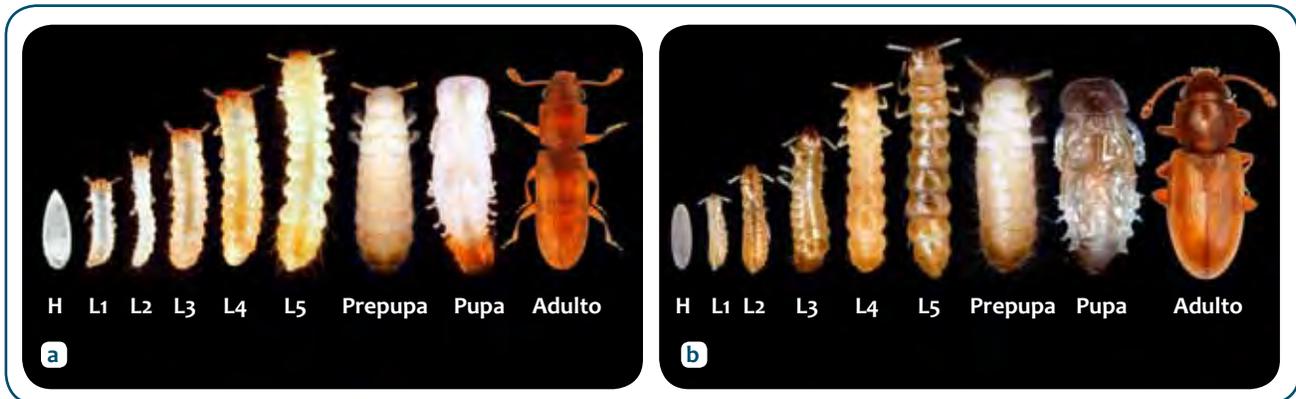


Figura 23. Estudio del ciclo de vida de dos depredadores de la broca del café. a. *Cathartus quadricollis* y b. *Ahasverus advena* mostrando los diferentes estados de desarrollo desde huevo hasta adulto.

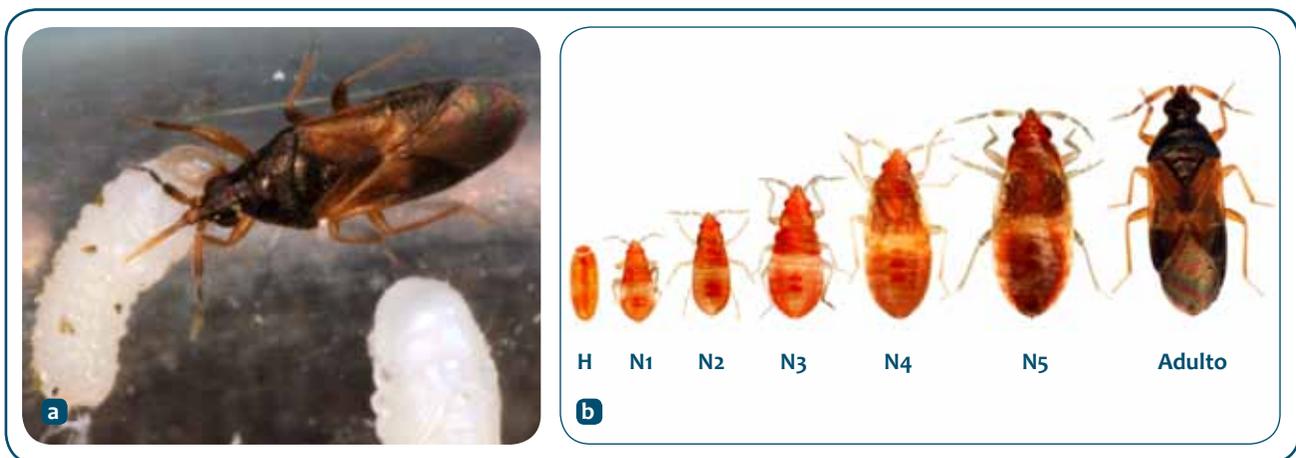


Figura 24. *Xylocoris* sp. a. Adulto depredando larvas de broca; b. Ciclo de vida mostrando los diferentes estados de desarrollo ninfal desde huevo hasta adulto.

radio sexual fue de 1:1 (macho:hembra) en las colonias del laboratorio. *Xylocoris* sp. presentó en condiciones de laboratorio un promedio de depredación sobre huevos de la broca del 45%, de larvas 1 del 100%, de larvas 2 del 97% y de prepupas el 88%. Los adultos de broca no fueron depredados. Las ninfas y los adultos tienen un aparato bucal picador-chupador, armado de un palpo labial largo compuesto de dos estiletos, que utilizan para inyectar enzimas digestivas para licuar las presas en 12 horas y poder succionar el contenido interno del cuerpo (Figura 24). Las especies estudiadas son depredadores potenciales (Figura 25) para ser involucrados en programas de control biológico por incremento, dentro del Manejo Integrado de la Broca en cultivos de café en el país.

Evaluación de productos químicos, botánicos y biológicos para el control de arañita roja *Oligonychus yothersi* (Acari: Tetranychidae). Con el propósito de tener alternativas para el control de la arañita roja del café *Oligonychus yothersi*, en condiciones de laboratorio fueron evaluados nueve

productos químicos (Borneo, Lathix, Oberon, Omite, Vulcano, Milbeknock, QI Agri, Sanmite y Cascade), tres productos botánicos (Capsialil, Citroemulsión y Prohorticola), cinco productos biológicos (Bovetropico, Brocaril, Lilicplant, Micosplac y una mezcla de cepas), así como un detergente. Cada producto se evaluó en cuatro concentraciones, las cuales fueron comparadas contra un testigo absoluto. De los 18 productos evaluados, Borneo, Lathix, Oberon, Omite, Vulcano, Milbeknock, Sanmite, Citroemulsión y el detergente mostraron mortalidades superiores al 95%, a los 4 y 10 días después de la aplicación, según prueba de t ($p < 0,05$) (Tabla 19).

Estos resultados fueron validados posteriormente en el campo, donde se asperjaron los productos y concentraciones eficaces en el laboratorio. Se compararon contra un testigo absoluto y otro relativo (agua). Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes al testigo absoluto, excepto el testigo relativo, Citroemulsión y el detergente. Los tratamientos Oberon y Sanmite presentaron una mortalidad mayor al 95%,

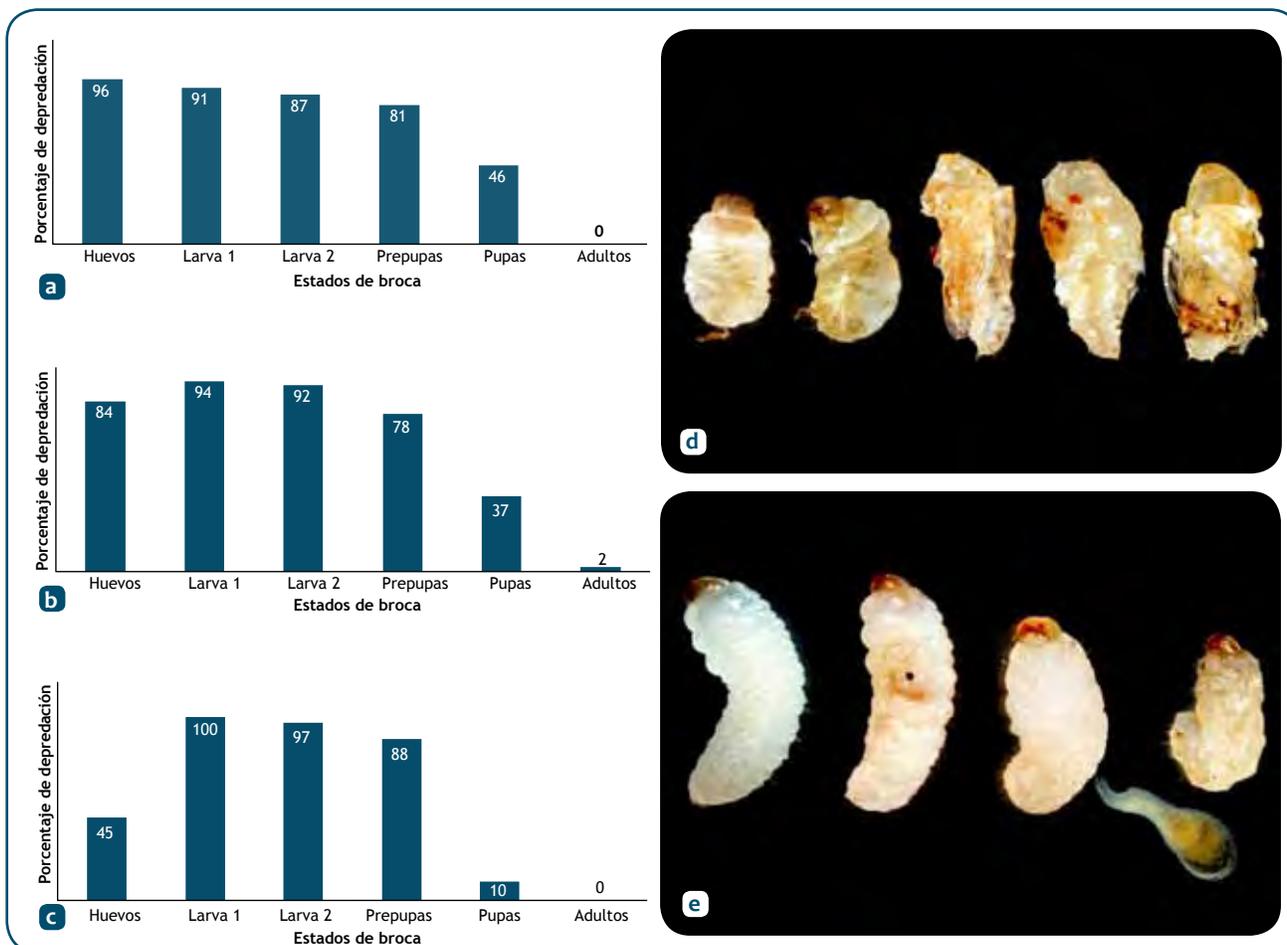


Figura 25. Porcentajes de depredación de estados de broca en condiciones de laboratorio. a. *Cathartus quadricollis*; b. *Ahasverus advena*; c. *Xylocoris* sp.; d. larvas y pupas de broca depredadas por *Cathartus quadricollis*; e. larvas de broca depredadas por *Xylocoris* sp.

Tabla 19. Productos eficaces para el control de araña roja en condiciones de laboratorio.

Producto	cc/L	Día 4			Día 10		
		Mortalidad (%)	LI	LS	Mortalidad (%)	LI	LS
Borneo	0,4	99,7	99,3	100	100		
Lathix	0,9	98,0	95,6	100	100		
Oberon	1,5	100			100		
Omite	1,5	100			100		
Vulcano	3	100			100		
Milbeknock	0,6	98,4	95,9	100	100		
Sanmite	1	100			100		
Citroemulsión	3	96,1	90,9	100	100		
Detergente	0,75	80,4	59,4	100	98,4	95	100

4 días después de la aplicación, y a los 10 días, los productos que presentaron porcentajes de mortalidad por encima del 95% fueron Oberon, Omite, Vulcano, Borneo y Lathix. El producto Sanmite disminuyó su eficacia a los 10 días (Tabla 20).

Existen por lo menos seis alternativas de productos con efecto acaricida que presentaron porcentajes

de mortalidad en el campo mayores al 95%, siendo eficaces para el control de araña roja. Algunos de estos productos tienen diferente modo de acción e ingrediente activo, dando la posibilidad de rotar las moléculas para evitar que la plaga genere resistencia. A pesar de lo anterior, no se puede desconocer que ninguno de ellos tiene licencia ICA para el cultivo del café, lo cual es una limitante en el momento de recomendarlos.

Tabla 20. Acaricidas que presentaron porcentajes de mortalidad mayores al 95%, en condiciones de campo a los cuatro y 10 días después de la aplicación.

Acaricida	cc/L	Día 4			Día 10		
		Mortalidad (%)	LS	LI	Mortalidad (%)	LS	LI
Testigo absoluto		18,9	22,9	14,8	19,6	25,4	13,9
Borneo	0,4	71,2	80,6	61,7	94,0	98,6	89,4
Lathix	0,9	83,8	89,5	78,1	98,0	100	95,5
Oberon	1,5	99,7	100,0	99,5	100,0		
Omite	1,5	100,0			94,4	99,4	89,3
Sanmite	1	99,7	100,0	99,3	51,4	63,9	38,9
Vulcano	3	95,8	98,8	92,8	100,0		

Cría de *Monalonia velezangeli* para la producción de sus enemigos naturales. Se encontró el bejuco ubí (*Cissus verticillata*) de la familia Vitaceae (Figura 26), muy común en la zona central cafetera, como hospedante de la chinche *Monalonia dissimulatum* (Hemiptera: Miridae). Esta planta se está cultivando en el laboratorio para la cría de la chinche de la chamusquina del café *Monalonia velezangeli*.

Se ha encontrado que todos los instares ninfales de *M. velezangeli* se desarrollaron sobre *C. verticillata*, con porcentajes de mortalidad de 8,3%. Se produjeron 55 adultos de 60 ninfas de los instares I y II sobre este hospedante, en condiciones de laboratorio (temperatura de 23°C, humedad relativa de 75%, luminosidad del 80% y fotoperíodo 12/12), con una longevidad de los adultos de 30 días. Se observó actividad de alimentación constante y cópula dentro de las jaulas de cría. Estos resultados contrastan con lo observado en el cultivo del café, donde la longevidad no supera los 16 días. Esta alternativa de cría en el laboratorio permitirá avanzar en los estudios de biología y comportamiento de esta plaga, así como en la evaluación y producción de enemigos naturales.

Validación de una estrategia de manejo integrado de la cochinilla harinosa de la raíz *Puto barberi*. La presencia de cochinillas harinosas afectando plantaciones nuevas de café ha generado preocupación en los caficultores. Actualmente se valida una metodología de control usando plantas indicadoras para realizar muestreos destructivos y proteger las plantas sembradas. Las plantas indicadoras provienen de material vegetal del mismo almácigo, las cuales se siembran en medio de las calles del cafetal (Figura 27). Los resultados en tres lotes ubicados en las Estaciones Experimentales Naranjal y La Catalina, han demostrado que con la evaluación de 12 plantas seleccionadas al azar mensualmente (lotes de media hectárea), es posible detectar la presencia de la plaga con el fin de proceder con control químico, dirigido a las

raíces de los árboles del lote. Este procedimiento permite garantizar la oportunidad del control y define la frecuencia de las aplicaciones. El momento de asperjar insecticidas químicos es cuando al menos una planta indicadora contenga cochinillas harinosas. La aplicación del insecticida debe ser dirigida al cuello de la raíz en suelo húmedo con el fin de garantizar la penetración del producto. La aspersión es generalizada en el lote e incluye las plantas indicadoras. Si no hay humedad es preferible no aplicar el insecticida. Igualmente, se deben de rotar los productos para no crear resistencia.

De los tres lotes evaluados, en dos de ellos, ubicados en La Catalina, se lograron disminuir las poblaciones de cochinillas harinosas con tres aplicaciones de insecticida, sin tener que hacer resiembras en estos lotes. En el lote de Naranjal se han realizado cinco aplicaciones con insecticidas; sin embargo, se han encontrado plantas con cochinillas pero con poblaciones muy bajas, dos a tres cochinillas por árbol. En lo que respecta a las cochinillas encontradas sigue prevaleciendo *Puto barberi*, aunque se han incrementado poblaciones de *Dysmicoccus texensis*.



Figura 26. Puntos de alimentación de las ninfas y adultos de *M. velezangeli* sobre *Cissus verticillata*.



Figura 27. Plantas indicadoras en las calles del Lote El Jueje- Estación Experimental La Catalina. a. A los 3 meses; b. A los 8 meses.

Evaluación de nuevos productos químicos para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Los insecticidas clorantraniliprol + tiametoxam (Voliam Flexi®) y cyantraniliprole (Preza®), clasificados de acuerdo a su peligrosidad en la categoría III (ligeramente peligrosos) han sido estudiados por Cenicafé en su capacidad de controlar la broca del café. Estos insecticidas fueron evaluados en bioensayos de eficacia y residualidad en el laboratorio y el campo. Los resultados indican acciones de control comparables con insecticidas organofosforados, actualmente recomendados; sin embargo, poseen un efecto residual de hasta 20 días. Debido a los modos de acción de estos insecticidas, que afectan los aspectos biológicos mediados por músculos (alimentación y movilidad), es frecuente observar en el campo frutos atacados sin presencia del insecto, donde la broca no alcanzó a dañar las almendras (Figura 28). Actualmente Cenicafé

recomienda estos insecticidas como estrategia de control químico en un Programa de Manejo Integrado.

Manejo de la roya del cafeto y otras enfermedades aéreas. El producto cyproconazol +thiamethoxan (Verdadero WG 600) se continúa investigando en la variedad Caturra en condiciones de alta presencia de la roya, mostrando en el segundo año de experimentación una alta acción preventiva contra la enfermedad, empleando el calendario de aplicaciones para cosecha principal de segundo semestre del año. Ese sistema de aplicación está ejerciendo una mayor protección sobre el follaje contra la roya que cuando se aplica en el momento de ocurrir la floración principal de las plantas.

La alternancia de los fungicidas cyproconazol + thiamethoxan y el cyproconazol+azoxystrobin (Amistar ZTRA 28SC) para el control de la roya del cafeto requiere de mayor tiempo de experimentación, debido a que la efectividad biológica de las aplicaciones contra la roya presenta inconsistencias que todavía no hace esta estrategia lo suficientemente confiable.

En esas mismas plantas de café variedad Caturra así como en lotes de Variedad Castillo® se están realizando mediciones de la fenología del cultivo, con el fin de determinar a través de diferentes variables de crecimiento de las plantas el efecto bioactivador del producto cyproconazol + thiamethoxan.

El segundo año de investigación en plantaciones de café de la variedad Caturra situadas en tres localidades diferentes (Concordia-Antioquia; Belén de Umbría-Risaralda y Filandia-Quindío), en altitudes entre 1.600 y 1.900 m con condiciones ambientales diferentes, confirma que la roya en la medida que las plantas tienen



Figura 28. Actividad de la broca en frutos tratados con los nuevos insecticidas. Nótese la cicatrización de la perforación luego del abandono de la broca colonizadora.

una alta carga productiva registra una fase exponencial, que presenta múltiples secuencias en sus ciclos de infección, llegando a niveles de roya que no son muy altos (40%) pero que están impactando la producción de café. En esas mismas condiciones, al comparar parcelas no tratadas contra la roya con parcelas tratadas con los fungicidas cyproconazol +thiamethoxan y pyraclostrobin (Comet®) se demuestra la conveniencia que tiene para las plantas el oportuno control de la roya, no solo en la reducción de la epidemia sino en el efecto de obtener una mayor producción de café. Se confirma que una enfermedad como la roya no requiere de manejos ocasionales sino permanentes, si lo que se busca es mantener un cultivo de café sano y productivo durante todo el ciclo de producción de las plantas.

Nematodos noduladores en café. Se identificaron dos nuevas alternativas químicas para el control de los nematodos noduladores (*Meloidogyne* spp.) de las raíces de café, cadusafos y thiamethoxam + abamectina, los cuales complementan las recomendaciones de manejo ya existentes para esta enfermedad. En invernadero se demostró que no se reducen los niveles de infección de nematodos en plantas de café que son zoqueadas.

Llaga estrellada. Con el fin de detener el avance de este patógeno de suelo, recuperar áreas infestadas y garantizar la supervivencia de nuevas siembras de plantas de cacao, en lotes con alta incidencia de la enfermedad se evaluaron prácticas de manejo y diferentes productos biológicos y químicos. Después de 6 meses del inicio de la observación los resultados preliminares expresados como supervivencia de plántulas sembradas en los focos de infección y supervivencia de árboles adultos, vecinos al foco de infección, muestran que la extracción del inóculo más la adición mensual en forma de *drench* de productos a base de microorganismos benéficos como: *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus medaterium*, *Bacillus agglomeran*, *Azotobacter* spp, microorganismos eficientes y fertilizantes orgánicos como biol de lombriz y lombricol, podrían ser promisorios en el manejo del patógeno, tanto en cacao como en café o cualquier otro cultivo (Figura 29). Tratamientos T2 y T6, con la erradicación del árbol infectado y adición mensual de la mezcla de los microorganismos mencionados.

Desarrollo de inóculos microbianos con acción nematicida, bactericida y descomponedora de residuos de cultivo de café y plátano, in situ. El propósito de este experimento es producir inoculantes o bioinsumos de naturaleza microbiana para la degradación de materia orgánica procedente de cultivos del café y del plátano. La elaboración de bioinsumos con actividad de regulación sanitaria y descomposición de

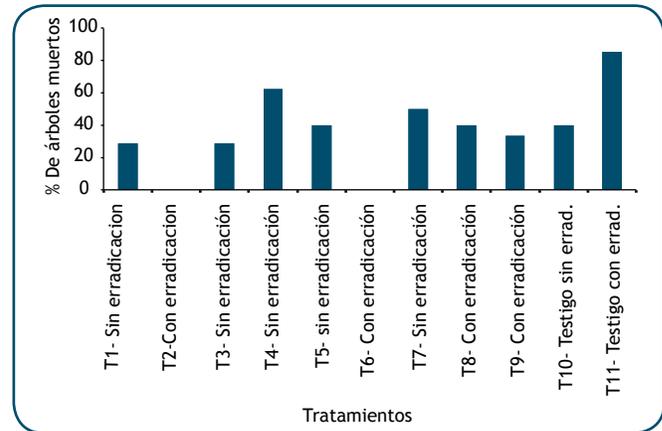


Figura 29. Porcentaje de árboles de cacao muertos por ataque de *Rosellinia* pepo situados alrededor del foco de infección, y que se encontraban aparentemente sanos al inicio del ensayo. *Tratamientos T2 y T6, con la erradicación del árbol infectado y adición mensual de la mezcla de microorganismos.

residuos del cultivo de café y de plátano, directamente en el plato del árbol, cobra importancia, en términos de la sanidad de estos residuos generados en la postcosecha, en cuanto éstos se constituyen en reservorio de la broca del café y de la bacteria *Ralstonia solanacearum*, agente causal del “moko”, en el cultivo del plátano.

Pruebas microbiológicas realizadas *in vitro* permitieron observar un control antagónico de cepas de hongos comestibles y medicinales, de las especies *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju* y *Pleurotus pulmonarius* sobre *Ralstonia solanacearum*, agente causal del *moko* en el plátano. Se evidenció en enfrentamientos duales con cajas de petri como unidad experimental, invasión masiva de los hongos sobre colonias de *Ralstonia solanacearum* y en algunos casos pequeñas fructificaciones en estos medios sintéticos, reflejando así, el potencial controlador de estos hongos sobre el agente causal del *moko* en el plátano.

En condiciones *in vitro*, empleando cajas de petri como unidad experimental, se logró observar un control nematicida y/o nemostático para juveniles del género *Meloidogyne* spp. (agente causal de las nodulaciones en las raíces), logrando inmobilizaciones de más del 50% de la población analizada, con tan solo 72 horas de contacto entre los nematodos y suspensiones de *Pleurotus ostreatus*, *pulmonarius* y *sajor-caju*.

Se desarrolló una metodología que permite la determinación y cuantificación de la acción descomponedora de cada uno de los hongos de los géneros *Pleurotus* spp. y *Lentinula* spp., en los sustratos evaluados, teniendo en cuenta la relación C/N y el contenido de lignina y celulosa. Así como parámetros de pH, humedad, temperatura, porcentaje de materia orgánica y cenizas.

Se estandarizó la metodología para la determinación de celulosa en café y plátano y se adecuaron los montajes para la degradación de los sustratos de café y plátano inoculados con los hongos en fresco y deshidratado, y se llevó a cabo la extracción de los extractos enzimáticos para la posterior cuantificación de las enzimas lacasa y celulasa.

Con los logros obtenidos en el campo investigativo se quiere dar un atributo de diferenciación a la caficultura, promoviéndola como cultivo de alto rendimiento y buenas condiciones fitosanitarias, que a su vez, se vean reflejados en la productividad y la economía de los caficultores, además de fomentar la implementación de tecnologías limpias y amigables con el medio ambiente, para la conservación y manejo adecuado de los recursos naturales.

LÍNEA PPRo600

Evaluación de germoplasma

Avances en la actividad “Identificar genotipos promisorios en términos de rendimiento y uso eficiente de recursos (nutrientes, agua, carbono y radiación)”.

Caracterización del germoplasma introducido de Etiopía. El objetivo es determinar la estructura de la diversidad genética de las introducciones silvestres de Etiopía y en las variedades cultivadas

del banco de germoplasma de Cenicafé y definir una colección núcleo.

Durante la presente vigencia se finalizó la toma de datos de producción para los experimentos de dos introducciones. En las Figuras 30 y 31 se observa la distribución del promedio de la producción para las cuatro cosechas (2009- 2010, 2010-2011 y 2011-2012, 2012-2013), para cada una de las 50 accesiones de cada experimento y las de los testigos 1 y 2. La gran variabilidad que presenta el germoplasma representa el potencial para el desarrollo de variedades altamente productivas.

En el experimento 1 se observa que existen accesiones con producción semejante o superior al testigo 2. El análisis de varianza para 50 accesiones mostró diferencias significativas entre genotipos. Al realizar la prueba de comparación de Dunnett se encontró que las accesiones E. 621 y E. 324 fueron superiores al testigo 1 (Figura 30). Las accesiones E.621, E.324, E.316, E.520, E.299, E.57, E.479, E.47, E.46, E.533, E.69, E.319, E.411, E.42, E.125, E.412, E.555, y E.527 fueron tan productivas como el testigo 2, que tuvo un promedio de producción de 7,0 kg de café pergamino seco.

El análisis de varianza en otro grupo de 50 accesiones sembradas en el experimento 2 en Naranjal, mostró diferencias altamente significativas entre genotipos. Al realizar la prueba de comparación de Dunnett se

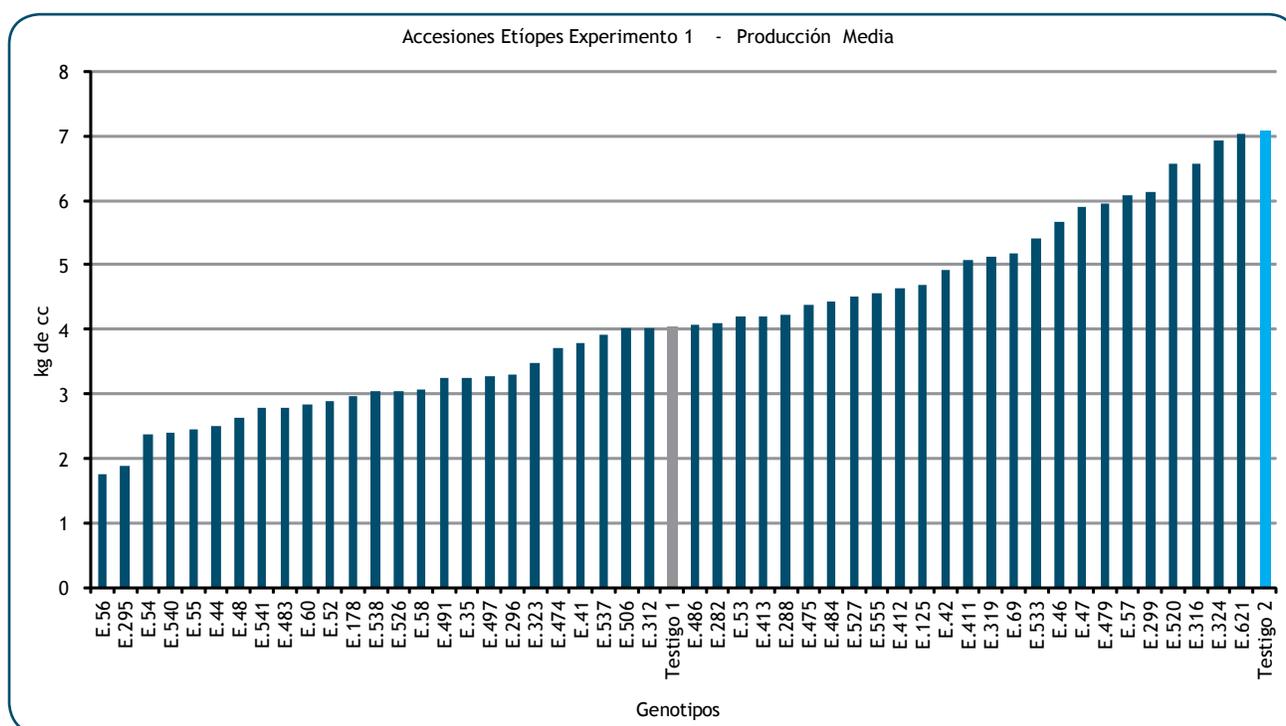


Figura 30. Producción de 50 accesiones del germoplasma y los testigos. Experimento 1.

encontró que las accesiones E.124, E.270, E.148, E.404, E.551 y E.407 tuvieron una producción significativamente diferente y superior al testigo 1 (Figura 31). Las accesiones E.124, E.270, E.148, E.404, E.551, E.407, E.30, E.417, E.129, E.152, E.126, E.264, E.477, E.131, E.546, E.554, E.487 y E.406 fueron similares al testigo 2, que tuvo en promedio 6,01 kg de café pergamino seco.

En las Figuras 32 y 33 se presenta el porcentaje de café supremo para las 100 accesiones sembradas en los dos experimentos. Hubo una gran variación entre las accesiones silvestres para el porcentaje de café supremo. En estos experimentos el promedio para Típica fue de 71% y para *C. canephora* fue de 39%. Las accesiones más productivas tienen un tamaño de grano muy pequeño, por lo que no pueden utilizarse directamente.

Actualmente se encuentran en proceso muestras de estas 100 introducciones con el fin de realizar pruebas de calidad en taza.

En otros cuatro experimentos sembrados en la Estación Central Naranjal, que contienen 200 accesiones del germoplasma Etíope, se continuó el registro de producción así como la evaluación por roya utilizando la escala de Eskes. Se espera identificar accesiones sobresalientes para ser utilizadas como progenitores en el programa de mejoramiento genético.

Selección de genotipos promisorios, en términos de uso eficiente de recursos (nutrientes, agua, energía), que puedan ser utilizados como parentales en el mejoramiento de café.

Con el objetivo de brindar herramientas de selección al programa de mejoramiento basada en características fisiológicas, en julio de 2013, se inició la evaluación sistemática de características morfoagronómicas y fisiológicas sobre 27 accesiones de la Colección Colombiana de Café. Se registraron variables de crecimiento (longitud y diámetro del tallo, diámetro de la copa, área foliar, número de ramas, número de nudos por rama), floración y variables fisiológicas (fotosíntesis, temperatura del dosel, potencial hídrico de la hoja, determinación indirecta de la clorofila -SPAD-, fluorescencia de clorofilas -FLUORPEN-, medidas de estrés -GREENSEAKER-, ángulos de inserción de ramas y hojas, así como la caracterización espectral y del estado de desarrollo de los genotipos evaluados).

Evaluación de la Colección Colombiana de Café (CCC) en términos de Uso Eficiente de Nitrógeno (EUN).

Dentro de la estructura de costos de la producción de café, el componente correspondiente a la fertilización constituye entre el 10% y 12% del costo total, y de éste alrededor del 40% corresponde a nitrógeno (N). Con el objetivo de mitigar este impacto, es necesario implementar estrategias de mejoramiento encaminadas a la obtención de variedades que se destaquen por ser eficientes en el uso de este recurso. Como parte de esta estrategia, se estableció

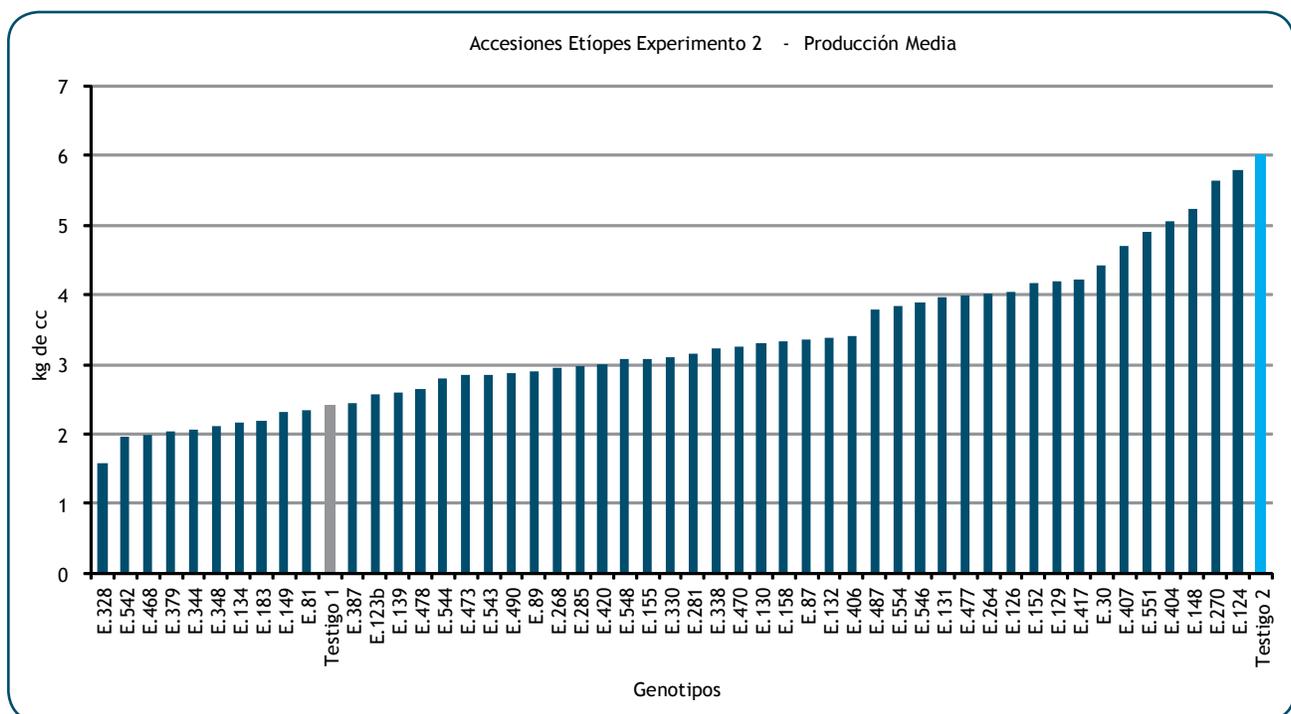


Figura 31. Producción de 50 accesiones del germoplasma y los testigos. Experimento 2.

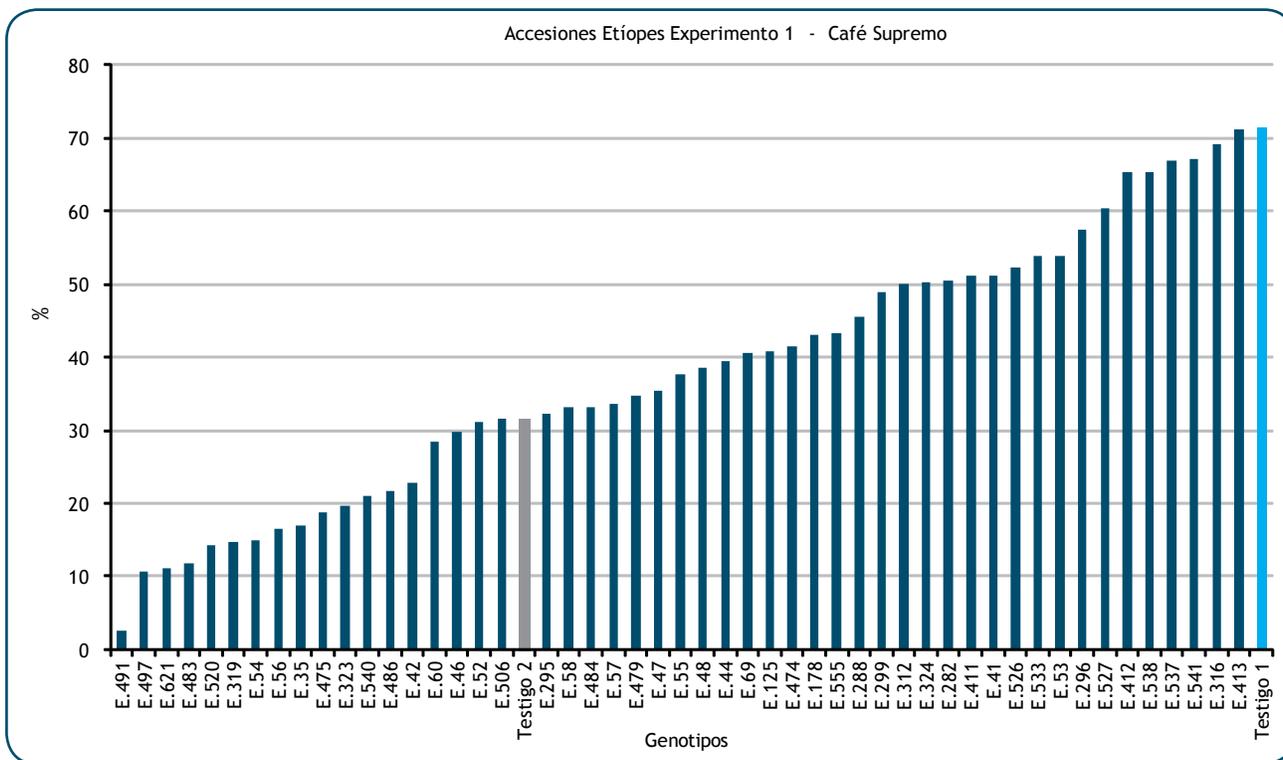


Figura 32. Porcentaje de café supremo para 50 accesiones del germoplasma y los testigos. Experimento 1.

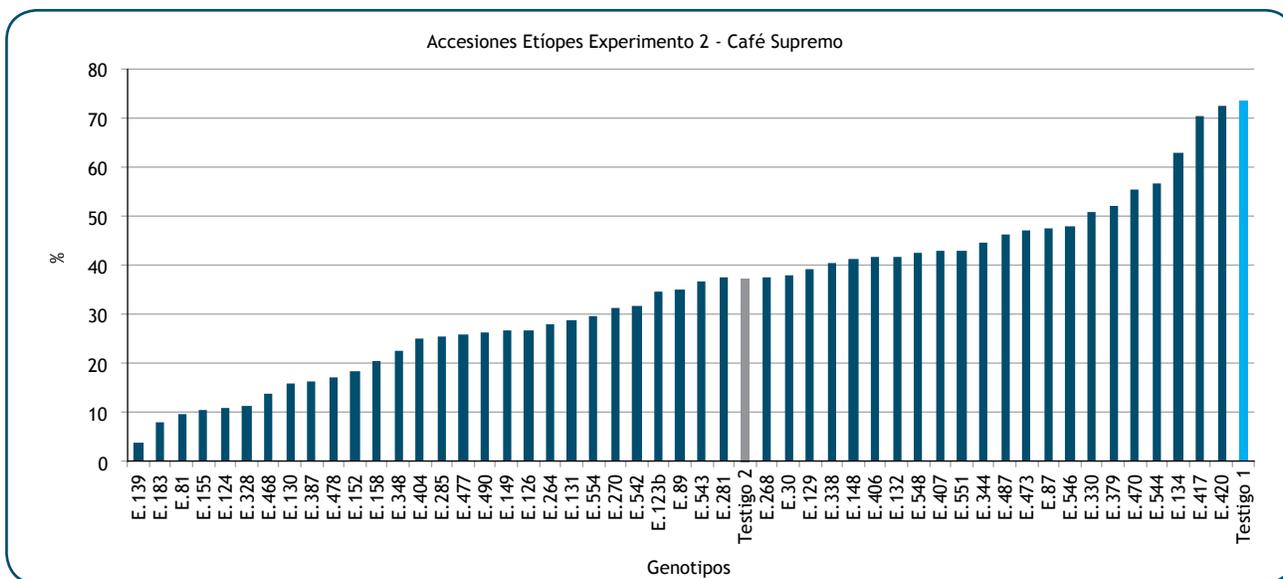


Figura 33. Porcentaje de café supremo para 50 accesiones del germoplasma y los testigos. Experimento 2.

una metodología para caracterizar el germoplasma de la CCC, donde bajo condiciones hidropónicas se suministran diferentes dosis de N a la planta, con el fin de identificar genotipos promisorios en la utilización de este recurso que puedan ser utilizados para el mejoramiento de café.

A partir de variables de crecimiento (altura de la planta, número de hojas, área foliar, biomasa acumulada fresca y seca), contenido de nitrógeno total en cada órgano (hojas, tallos y raíces) y dosis de nitrógeno suministradas (1,6; 8,0 y 16,0 mM), se determinó la EUN en cinco accesiones de la CCC (CU1825, CU1990,

CU1991, CU1983, GEISHA). Los resultados sugieren que hay diferencias significativas entre los genotipos evaluados a las diferentes dosis utilizadas. Lo cual se traduce en genotipos caracterizados por su eficiencia en absorción, translocación y utilización de nitrógeno. Todas las variables de crecimiento medidas muestran diferencias estadísticas entre las dosis suministradas de nitrógeno para cada uno de los genotipos y la mayor respuesta se da en la dosis más alta (16 mM).

Las raíces de los genotipos CU1983 y CU1990 presentaron un mayor desarrollo y crecimiento a dosis de N más baja (1,6 mM), lo que sugiere que las plantas deben explorar más para obtener N para su metabolismo y crecimiento, respuesta adecuada de la

planta cuando se enfrenta a condiciones sub-óptimas para su desarrollo (Figura 34).

El genotipo CU1983 muestra una mayor eficiencia en la absorción y uso eficiente del nitrógeno a las diferentes dosis (Figuras 35 y 36). De igual manera, es el genotipo con mayor acumulación de biomasa y mayor contenido de nitrógeno en la raíz. Esta característica le permite una ventaja significativa frente a los demás genotipos evaluados en el momento de la absorción de nitrógeno disponible en el sustrato.

Hubo una correlación positiva entre la biomasa total acumulada y el nitrógeno total de la planta (Figura 37), con un rango del r^2 entre 0,75 - 0,86.

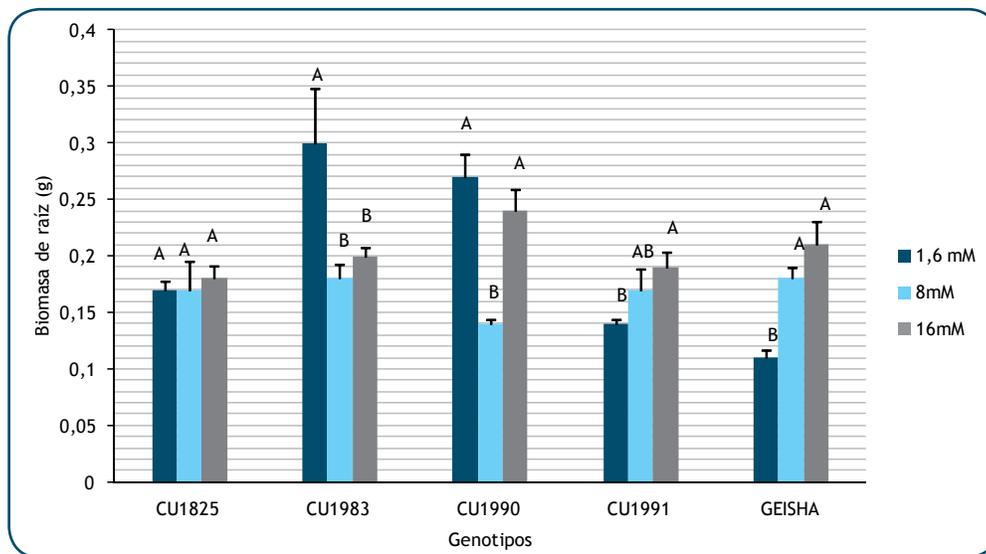


Figura 34. Comparación de materia seca de raíz por genotipo de café y dosis de N evaluada. Las barras indican el error estándar y las letras diferentes indican diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

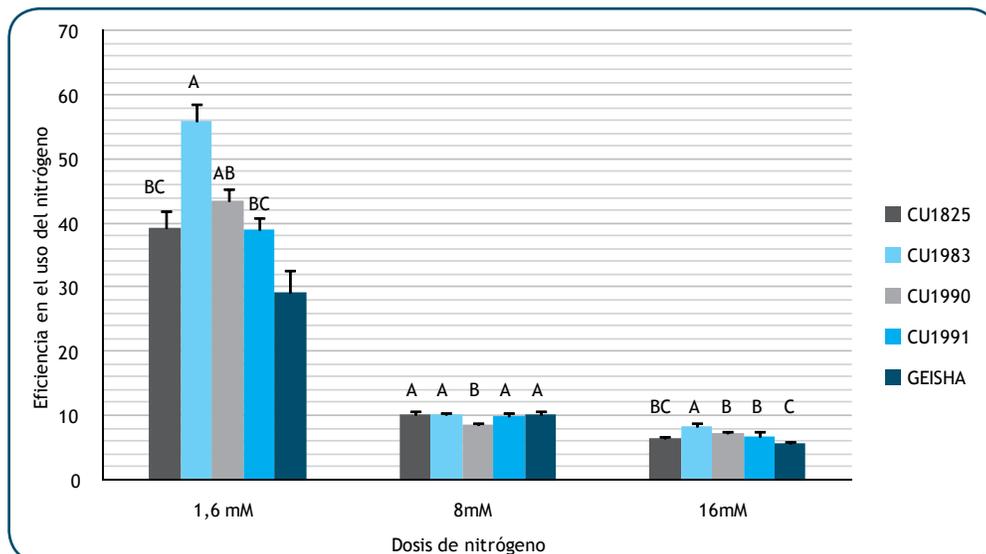


Figura 35. Eficiencia en la absorción de nitrógeno por dosis por genotipo de café evaluado. Las barras indican el error estándar y las letras diferentes indican diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

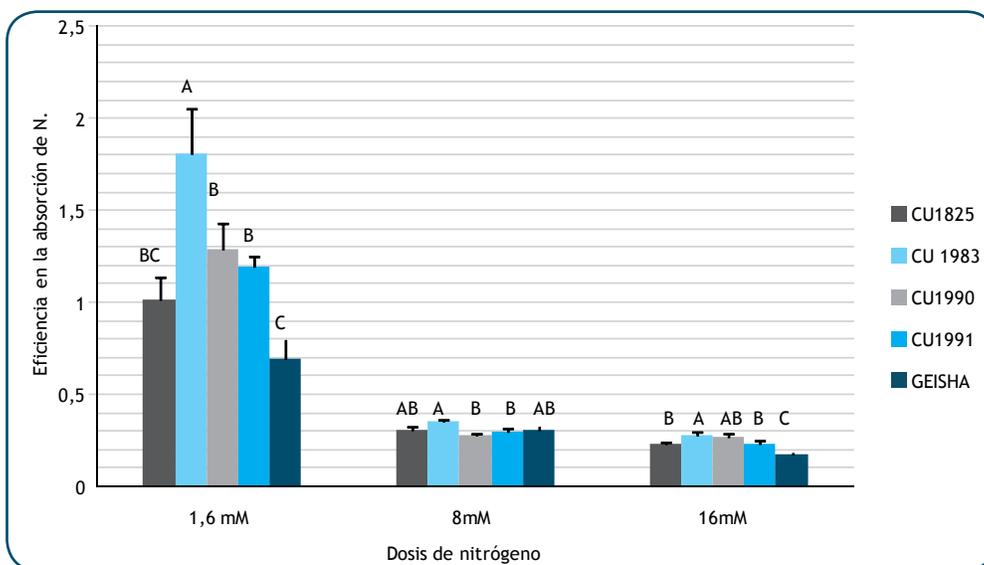


Figura 36. Eficiencia en el uso del nitrógeno por dosis por genotipo de café evaluado. Las barras indican el error estándar y las letras diferentes indican diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

La segunda fase de esta investigación estará enfocada en la validación en el campo de la metodología de selección temprana de materiales promisorios por su UEN. Adicionalmente, el sistema de cultivo hidropónico de plántulas de café permitió iniciar investigaciones sobre los factores genéticos de la planta de café que determinan la eficiencia en el uso de fertilizantes, principalmente nitrógeno.

Identificación de accesiones de *Coffea arabica* tolerantes a exceso y déficit hídrico. En Colombia, la producción de café disminuyó drásticamente, de 11,3 millones de sacos (60 kg) de grano verde en 2008 a 7,1 millones de sacos en 2012, por condiciones asociadas directa o indirectamente con los eventos del fenómeno de La Niña, los cuales alternan con los eventos de El Niño. Una alternativa para mitigar los daños ocasionados por la acción de estos fenómenos es la obtención de variedades tolerantes a exceso y a déficit hídrico, para lo cual es necesario identificar en la CCC introducciones que se destaquen por su resistencia a una o a ambas condiciones. Con ese objetivo se sembraron en invernadero 21 introducciones y 11 controles, bajo un diseño factorial en parcelas divididas, tres niveles de disponibilidad de agua: Exceso, control y déficit, con cuatro repeticiones. Se midieron las variables: Temperatura de la hoja, altura de la planta, número de hojas, área foliar, resistencia estomática, longitud de la raíz, pesos fresco y seco de la raíz y el tallo, y uso eficiente de agua.

Se registró que el peso y la altura de la accesión E.480, fue estadísticamente igual al control ($p > 0,05$), tanto en déficit como en exceso hídrico; mientras que en altura las accesiones E.566 y E.570 fueron similares

al control ($p > 0,05$). En déficit hídrico, las accesiones ET.56, E.177, ET.42, E.480 y E.577 no disminuyeron su área foliar con relación al control, y en exceso la E.570 no redujo su área foliar. En déficit hídrico las accesiones E.012, E.177, E.480, ET.26, ET.42 y ET.56 tuvieron un número de hojas mayor que los controles. Mientras que en exceso hídrico las accesiones E.570 y E.480 no redujeron el número de hojas con respecto del control. La resistencia estomática de la accesión E.480 fue mayor que las demás introducciones, seguida por las accesiones E.566, E.577, E.557, E.568, E.141, E.405, E.575 y E.573, esto indica que cerraron sus estomas como un mecanismo de defensa que les permitió disminuir la pérdida de agua por transpiración. En déficit hídrico las accesiones ET.26, ET.56, E.177, E.012, Ar.15, ET.42, E.037, E.566 y E.480 mostraron la mayor eficiencia en el uso de agua, es decir, que necesitaron un menor volumen de agua para conseguir una biomasa mayor. En exceso hídrico las accesiones E.141, E.480 y E.020 tuvieron la mayor eficiencia en el uso de agua. Estos resultados serán confirmados en invernadero y en experimentos de campo.

Premium Quality-Driven Variety Selection Between Nestec & FNC – Cenicafé. El experimento se encuentra establecido en ocho localidades (Tabla 21), distribuidas en cinco Estaciones Experimentales de Cenicafé y en tres fincas de los Comités Departamentales de Cafeteros del Valle, Nariño y Huila, y en una finca de un agricultor del municipio del Socorro (Santander). En cada localidad se encuentran establecidos dos lotes en función del porte de las plantas, el lote con los genotipos de porte bajo está conformado por las accesiones: CU1815, CU1990, CX2197, CX2720, CX2848, DG376, GPFA104, GPFA107, GPFA108, GPFA109 y GPFA110; los

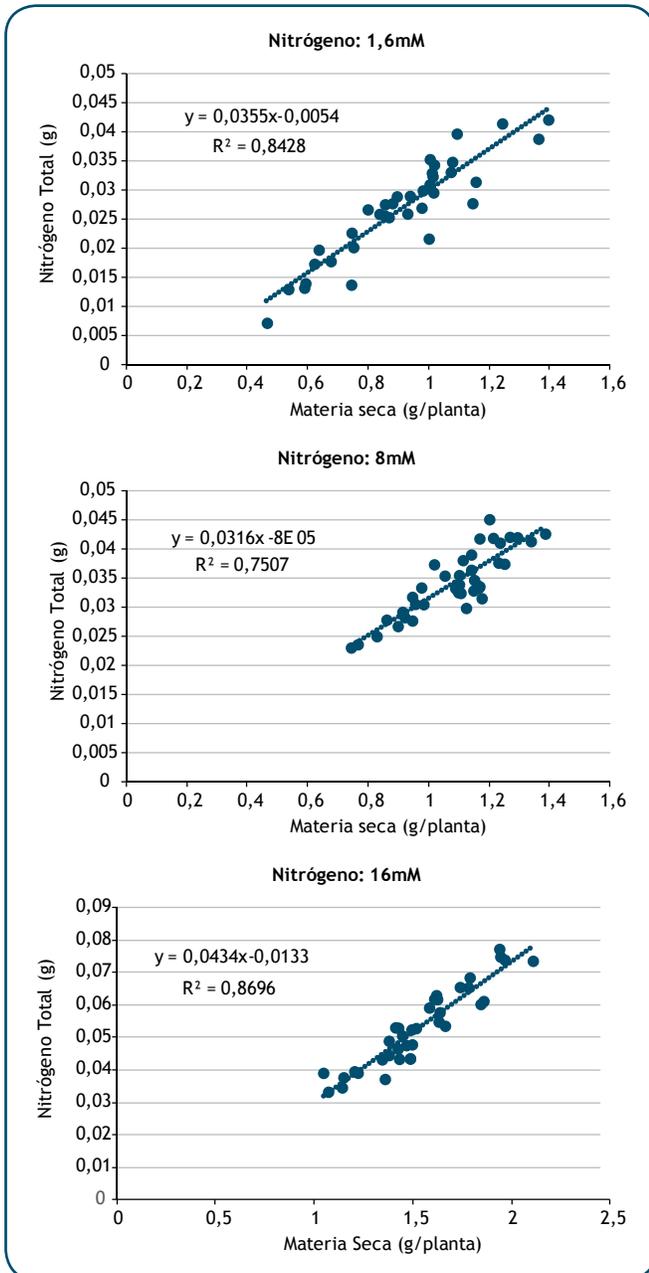


Figura 37. Relación entre materia seca de la planta y nitrógeno total bajo las diferentes concentraciones de nitrógeno evaluadas.

materiales de porte alto son 2007_5, GPFA113, GPFA114, GPFA115, GPFA116, Res_Rust y TABI; en la Tabla 21 se relacionan los genotipos evaluados de Nestec.

En este experimento se registran diferencias altamente significativas entre localidades y entre los genotipos evaluados en la variable altura de la planta. La localidad de mayor crecimiento fue Naranjal (Caldas), seguido de La Sirena (Valle del Cauca) y Pueblo Bello (Cesar); las localidades de menor crecimiento fueron El Tambo (Cauca) y Consacá (Nariño). Los genotipos utilizados como testigos fueron los de mayor altura (CX2848, CU1815) en contraste con los genotipos Nestec, que presentaron las menores alturas (inferiores a 81 cm).

La variable longitud entre cruces presentó diferencias significativas entre localidades y entre genotipos; el promedio de esta variable fue de 4,14 cm. La localidad con la mayor longitud entre cruces fue Pueblo Bello, seguido de Naranjal y La Sirena, mientras que en las localidades de El Tambo, San Antonio (Santander) y Consacá, se registraron los menores promedios. Los genotipos con menores promedios fueron el GPFA107, CX2197 y GPFA109.

Para la variable número de cruces se encontraron diferencias significativas entre las localidades, los genotipos y la interacción, esta situación se evidenció en las localidades de Naranjal, con 21 cruces en promedio, y Consacá, San Antonio y El Tambo, con 11 cruces en promedio.

Los genotipos DG376, GPFA110 y GPFA104 presentaron los mayores valores promedio de área foliar de la hoja, 47,496 cm², 46,929 cm² y 43,929 cm², respectivamente; en contraste con los genotipos GPFA109, CX2720 y CX2197 que presentaron promedios de 34,076 cm², 33,847 cm² y 33,233 cm², respectivamente. La localidad de San Antonio fue la de mayor área foliar con 63,397 cm², seguido de El Rosario con 52,476 cm²; las localidades de Naranjal y Gigante (Huila) presentaron 31,295 cm² y 28,957 cm², respectivamente.

Tabla 21. Relación de genotipos evaluados por cada una de las localidades.

Genotipo	Sitios experimentales							
	Naranjal (Caldas)	Consacá (Nariño)	El Tambo (Cauca)	Gigante (Huila)	Pueblo Bello (Cesar)	El Rosario (Antioquia)	La Sirena (Valle)	San Antonio (Santander)
GPFA.114	X	X	X	X	X			
GPFA.110	X	X	X	X	X	X	X	
GPFA.108	X	X	X	X	X	X	X	X
GPFA.107	X	X	X	X	X	X	X	X
GPFA.109	X	X	X	X	X	X	X	
GPFA.104	X	X	X	X	X	X	X	X
GPFA.116	X	X	X	X	X	X	X	X
GPFA.113	X	X	X	X	X	X	X	X
GPFA.115	X	X	X	X	X	X	X	X

Avances en la actividad “Identificar genotipos con resistencia/tolerancia a factores bióticos limitantes, actuales o potenciales para el desarrollo del cultivo”

Búsqueda de nuevos genes de resistencia contra plagas y enfermedades en genotipos derivados de cruzamientos entre *C. arabica* x *C. liberica*.

Durante el período se recolectó semilla de al menos 15 cruzamientos diferentes derivados de cruza intra e interespecíficos introgresados por la especie *C. liberica*. Este material se utilizará para evaluar la resistencia de estos genotipos a la roya y nematodos.

Evaluación de plantas de café en condiciones de invernadero expresando genes de quitinasas para conferir resistencia a plagas y enfermedades.

Se cuenta con un grupo de plantas de café *C. arabica* var. Colombia BI625 que contienen genes heterólogos de endoquitinasas y exoquitinasas. Estas plantas constituyen el primer material de café con posible resistencia frente al minador de la hoja de café, la roya del cafeto y posiblemente otras plagas como la broca, y enfermedades del café (Figura 38). Además, se tienen plantas de *C. arabica* var. Colombia BK 620 que contienen genes heterólogos de alfa tubulina/inhibidor de tripsina y plantas control BK-620. Este gen también confiere resistencia a insectos.



Figura 38. Plantas de café *C. arabica* var. Colombia con genes de exoquitinasas en condiciones de invernadero.

Determinación de la capacidad embriogénica y generación *in vitro* de plantas de materiales híbridos productos de los cruzamientos de diez líneas de *C. arabica* Etíope y tres líneas *C. arabica* Variedad Castillo®.

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 diez líneas de *C. arabica* Etíopes x tres líneas *C. arabica* Variedad Castillo®, se realizó la siembra de explantes de hojas de estos cruzamientos en medios de Inducción de Tejido Embriogénico (TE). Después de 6 meses, en 12 de los cruzamientos sembrados (37%) se inició la regeneración.

Hasta el momento ninguna de las tres líneas madre han regenerado. Se han generado embriones y plántulas en cuatro de los cruzamientos (CX2385xE114, CX2848xE069, CX2848xE464 y CX2848xE29) (Figura 39). Los resultados iniciales indican que los híbridos provenientes de las plantas madre CX2848 muestran una mayor capacidad de regeneración.

Caracterización de una muestra de la Colección Colombiana de Café por compuestos químicos asociados a la calidad. Desarrollo de métodos directos e indirectos para explorar la Colección Colombiana de Café (CCC) por contenido de cafeína.

La actividad se realiza en el marco de la Convocatoria para proyectos de carácter innovador de investigación o de transferencia de tecnología, Agenda Complementaria de CTI Agropecuaria-2013. La labor incluyó un diagnóstico de la CCC en función de la cantidad de materiales presentes en la colección, el tipo de ploidía (diploides, triploides o tetraploides) y una evaluación del estado agronómico de la colección.

La evaluación se realizó siguiendo una escala de estado agronómico la cual incluyó tres categorías:

- **Bueno (B):** La planta presenta buen estado agronómico, sin problemas sanitarios visibles, buen estado nutricional, presenta hojas sanas para el muestreo y frutos en cantidad suficiente para la muestra requerida.
- **Regular (R):** La planta presenta deficiencias nutricionales, con problemas sanitarios visibles, presenta pocas hojas sanas y frutos en cantidad limitada para la muestra requerida.
- **Malo (M):** La planta presenta deficiencias nutricionales graves, con problemas sanitarios visibles severos, presenta pocas hojas sanas y no tiene frutos para la muestra requerida.



Figura 39. Regeneración del híbrido CX2848xE464. **a.** Pre-embriónes en medio de regeneración; **b.** Plántulas en medio de germinación sólido.

La CCC está conformada por un 17,48% por plantas de origen diploide ($2n=22$), las especies representantes son *Coffea canephora*, *Coffea liberica* y *Coffea eugenioides*; el 68,93% de la CCC está conformada por tetraploides ($2n=44$), la especie característica es *Coffea arabica*; el 11,65% de la CCC está conformada por plantas triploides ($2n=33$) producto del cruzamiento entre especies diploides y tetraploides (Tabla 22). De los 103 materiales que conforman la colección, el 14,56% corresponden a cruzamientos interespecíficos, el 22,33% son híbridos intraespecíficos de la especie *Coffea arabica*, el 61,17% corresponde a selecciones realizadas en diferentes programas de mejoramiento genético en café en el mundo, y el 1,94% corresponde a injertos entre diferentes especies de café.

De las 702 plantas evaluadas el 72% presentaron condiciones adecuadas, mientras una tercera parte de

las plantas de los injertos presentan condiciones malas para la investigación.

De cada material se tomaron hojas del tercer par de hojas del ápice hacia el tronco, en la totalidad de ramas de la planta, las hojas requeridas fueron etiquetadas y empacadas en bolsas de papel para la lectura inmediata en el equipo NIRS, en el rango de longitud de onda de 400 - 2.500 nm (NIRS XDS, NIRSystems, Silver Spring, Maryland, USA). A la fecha se tiene una base de datos con 515 espectros NIRS de hojas frescas, de los 103 materiales de la CCC. De las hojas que se encuentran liofilizadas se tiene una base de datos con 235 espectros.

De cada material y de todas las plantas que presentaron frutos de café, se ha capturado información espectral de 37 muestras y se tiene una base de datos con 185 espectros NIRS.

Tabla 22. Estado de la CCC en función del tipo de material y el nivel de ploidía de los materiales a estudiar.

Tipo de material	Nivel de ploidía	Cantidad	Estado			Total de plantas
			Buena	Regular	Mala	
Híbrido interespecífico	Diploide	3	100%	0%	0%	21
	Triploide	12	80%	16%	4%	82
Total Híbrido interespecífico		15	84%	13%	3%	103
Híbrido intraespecífico	Tetraploide	23	70%	19%	12%	156
Total Híbrido intraespecífico		23	70%	19%	12%	336
Selección	Diploide	15	66%	11%	24%	93
	Tetraploide	48	72%	16%	12%	336
Total selección		63	71%	15%	14%	429
Injerto	Tetraploide/Diploide	1	57%	14%	29%	7
	Tetraploide/Tetraploide	1	43%	14%	43%	7
Total injerto		2	50%	14%	36%	14
Total de materiales		103	72%	15%	13%	702

Línea PPR0700

Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades

Construcción de un mapa genético en café y su utilización para la detección de QTL. Se finalizó la toma de la producción a partir de la recolección quincenal, en cada una de las poblaciones F3, sembradas en cinco localidades.

A partir de la matriz con la genotipificación de la población F2 de Caturra x CCC1146, que incluye 300 plantas y sus progenitores, utilizando 1.683 marcadores, de los cuales 338 son microsatélites, 505 SNP, 459 codominantes y 46 dominantes, y 840 marcadores DaRT que son dominantes, se construyó el mapa genético de *C. arabica*.

Para esto, se seleccionaron 1.326 marcadores en los que la información alélica para los progenitores estaba completa: 454 SNP codominantes, 491 DaRT, 43 SNP dominantes y 338 SSR; posteriormente, se establecieron cuáles marcadores cumplían con la segregación 1:2:1 para los codominantes y 1:3 para los dominantes. De 363 marcadores que tuvieron distorsión en la segregación, se eliminaron 301 por presentar

desviaciones altamente significativas de la segregación esperada. Con los 1.025 marcadores restantes: 336 SSR, 115 SNP, 188 codominantes y 27 dominantes y 474 Dart se inició el mapeo.

Se utilizaron diferentes valores de LOD y diferentes frecuencias de recombinación, con los resultados se seleccionaron un valor de LOD de 6,0 y una frecuencia de recombinación de 0,35 para la determinación de los grupos de ligamiento. Después de agrupar los marcadores en estos grupos, se estimó la distancia entre ellos y se hicieron todas las correcciones necesarias para finalmente obtener un mapa robusto con 22 grupos de ligamiento y 848 marcadores (Figura 40).

Análisis de QTL. Se hicieron análisis preliminares de QTL, con el fin de identificar marcadores ligados a características agronómicas de interés. El análisis de QTL se hizo utilizando el mapa con los 848 marcadores y el software R/qtl. Se presentan los resultados para la producción, para los cuales se generaron las cinco bases de datos el rendimiento por localidad para las 300 plantas F2 y la información del mapa. Se utilizó el promedio de las 20 plantas de cada progenie. En primer lugar se hizo escrutinio de los datos. En la Figura 41 se observa la distribución de la producción en las cinco localidades.

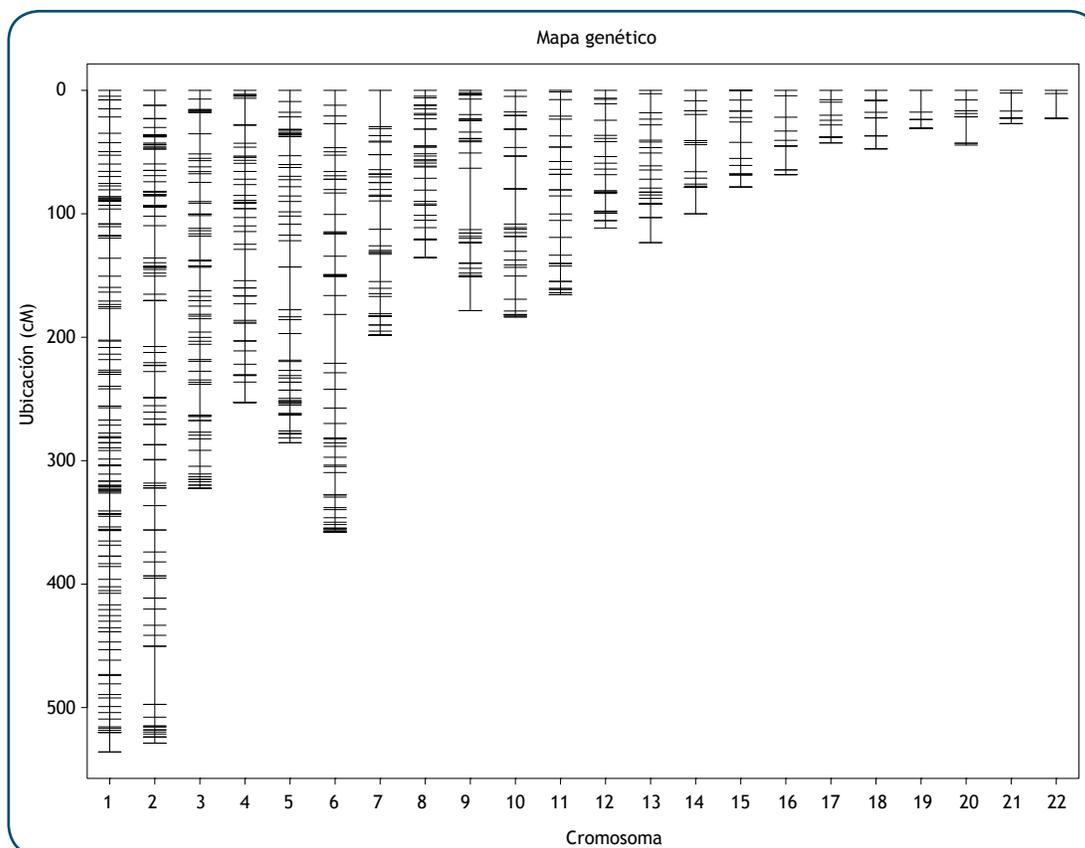


Figura 40. Mapa conteniendo 848 marcadores después de realizar los ajustes y reordenamiento.

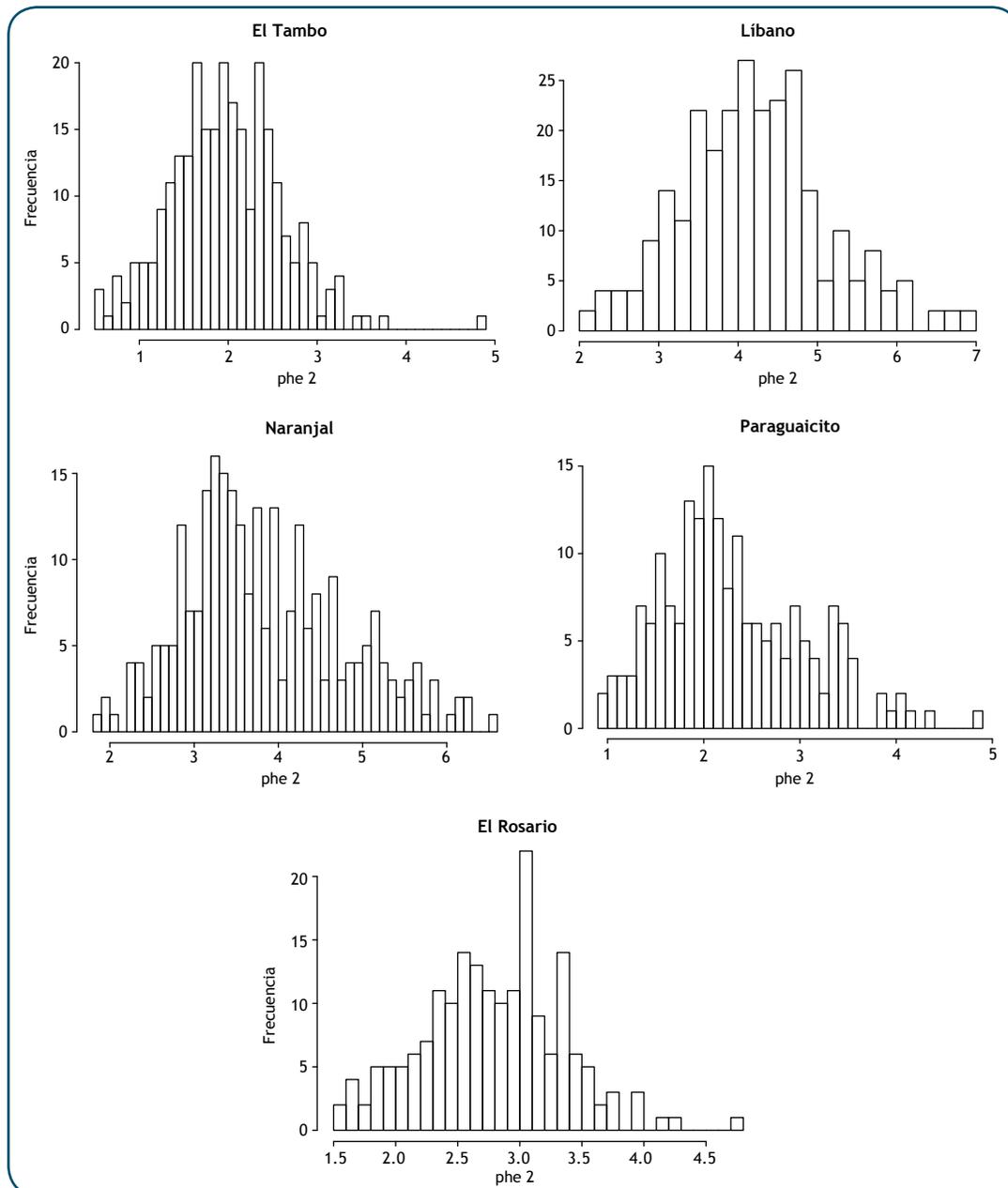


Figura 41. Distribución de la producción en progenies F₃ de Caturra x CCC1146, en cinco localidades.

Se observa que aunque algunas distribuciones son sesgadas, en general, el rendimiento se distribuyó como una variable cuantitativa. Debido a este sesgo, los datos fueron transformados. Posteriormente se hizo el análisis de QTLs tanto con los datos transformados, como con los datos sin transformar. Los resultados fueron los mismos, con o sin transformar los datos. En la Figura 42 se presentan los resultados con los datos originales. Se observa que existe interacción QTL por ambiente. En la Estación Experimental El Rosario se presenta un QTL en el cromosoma 2 para un valor de LOD de 3,97, y en la Estación Paraguaicito se presenta el mismo QTL para un LOD de 4,13. En las otras tres localidades se

presenta el pico pero con un valor mucho menor del que corresponde al umbral de significancia.

Con base en estos resultados, se hará una correlación múltiple con los datos fenotípicos de las localidades. En las localidades donde encuentra correlación positiva y significativa se hará el análisis de QTL con los promedios de las localidades y se compararán los resultados con los de cada una. Se espera con esto que los resultados de QTL sean más robustos. Igualmente, se correlacionarán las variables fenotípicas con el fin de conocer si es posible utilizar los resultados de QTL de una de variable para seleccionar por la otra.

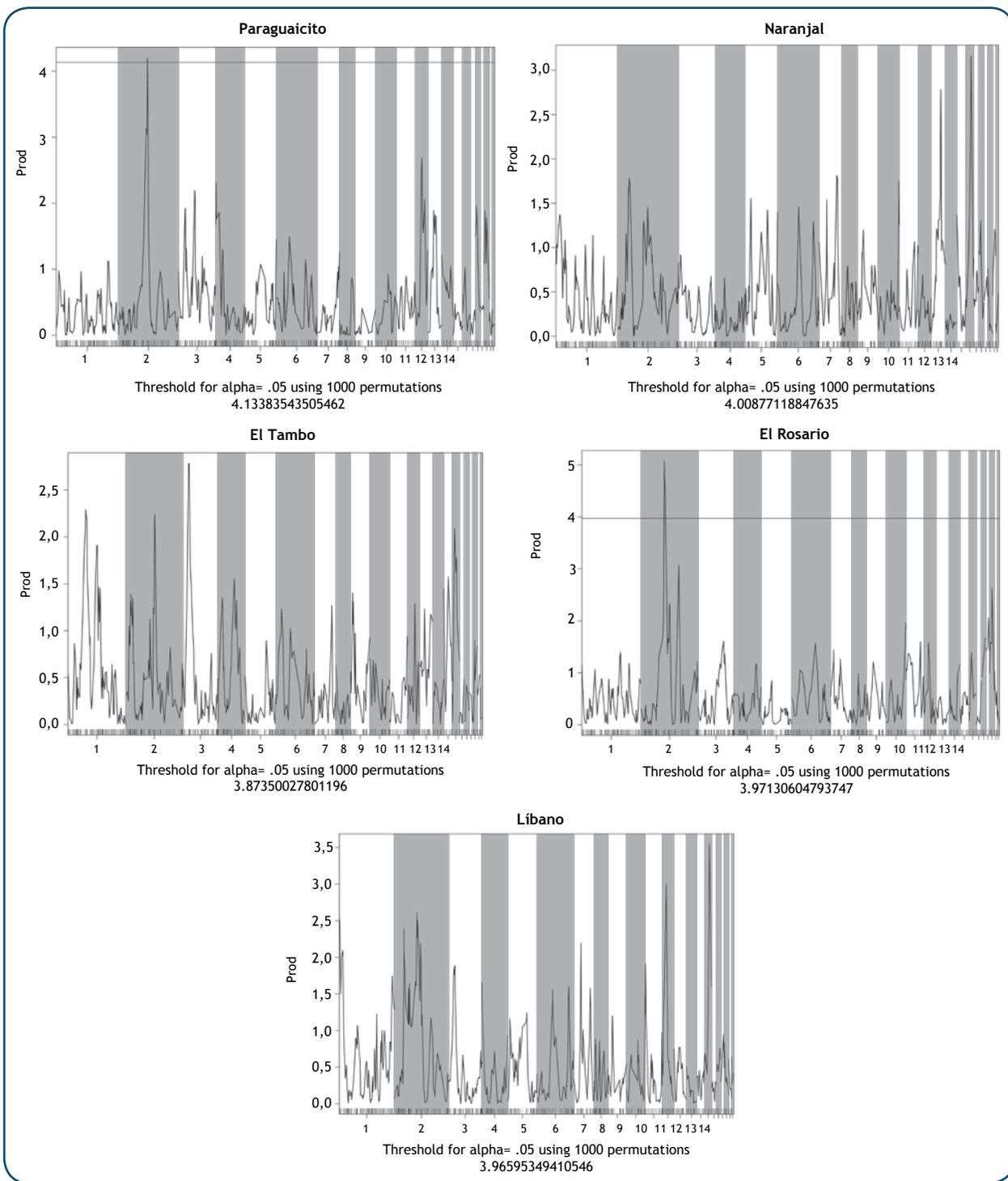


Figura 42. QTL para la producción, se observa el valor de LOD a partir del cual los QTL son significativos. Este umbral se presenta en las Estaciones Experimentales Paraguaicito y El Rosario como una línea horizontal.

Poblaciones F2 de cruzamientos de Caturra por introducciones Etopes con baja oviposición de broca para análisis de QTL. Evaluar poblaciones F2 de cruzamiento de Caturra X introducciones Etopes por su resistencia a *H. hampei*. Las evaluaciones se realizaron a los 28 después de infestación-DDI, contando el número de individuos de broca en cada

estado biológico por grano y el número total, en cerca de 15 unidades experimentales-UE. Se realizaron 23 experimentos y en cada uno se evaluaron cuatro plantas F2, para un total aproximado de 90 plantas, y sus progenitores. Dependiendo de los frutos maduros en el campo, se incluyeron las plantas en cada evaluación.

La Figura 43 muestra el número de individuos 28 días después de infestación (DDI). Caturra con $32,3 \pm 4$ brocas/grano, presentó el mayor número, mientras que las introducciones Etiópas con un promedio de 27 ± 2 brocas/grano. De las 90 plantas evaluadas 40 corresponden al cruce Caturra x CCC363, de ellas 13 presentaron diferencias estadísticamente significativas con Caturra, y 50 pertenecen al cruce C x CCC534 de las cuales cinco tuvieron diferencias significativas. El 50% de estas poblaciones tiene diferencias iguales o superiores a las de sus respectivos progenitores Etiópas, pueden ser segregantes transgresivos.

De las 90 plantas, 12 presentaron promedios superiores a los de Caturra. Las poblaciones F2 del cruce entre Caturra y las introducciones CCC363 y CCC534 tuvieron en promedio 27,4 individuos por grano, este promedio es intermedio entre el observado en sus padres. Este es un indicio de efectos aditivo de los genes involucrados en la reducción de la ovoposición.

Puede concluirse que la distribución por estados de broca en los granos no es alterada por las introducciones Etiópas o su descendencia; sin embargo, sí se presentan diferencias en el número adultos de broca con respecto a Caturra, lo cual refleja una menor ovoposición en los primeros 10 días después de la infestación. Las poblaciones F2 del cruce entre Caturra y las introducciones CCC363 y CCC534 tuvieron en promedio 30,6 individuos por grano, este promedio es intermedio entre los progenitores. Éste es un indicativo de efectos aditivos en la oviposición.

Mejoramiento por transgénesis para la obtención de variedades de café resistentes a la broca. Con el fin de conferir resistencia a la broca del café por medio de transformación genética, se han seleccionado aislado y seleccionado diferentes proteínas con efectos deletéreos para este insecto. Los procesos de transformación se encuentran en diferentes etapas que van desde la transformación de los tejidos, hasta la evaluación de las plantas.

Bases genéticas y moleculares y predicción de la heterosis en café. Para determinar el valor de la heterosis en híbridos de café, como uno de los pasos para la producir variedades híbridas en Colombia, se han tomado medidas morfológicas en plantas F1 de diferentes cruzamientos y en sus padres en el campo, tanto al sol como a la sombra. Hasta ahora no se tiene información de producción.

Selección por resistencia a la enfermedad de los frutos del café (*Colletotrichum kahawae*). Las actividades más importantes están relacionadas con la evaluación en el campo de las progenies que mostraron resistencia a CBD en pruebas en Portugal.

Con base en el análisis de varianza de la producción y otras características se seleccionaron las mejores progenies F4, F5 y F6 en los experimentos 1, 2, 3 (Tablas 23, 24 y 25, respectivamente). Se recolectó semilla de las mejores plantas para la siembra de experimentos en diferentes localidades. Como referencia se presentan los datos de Caturra y la Variedad Castillo® utilizados como testigos. Se

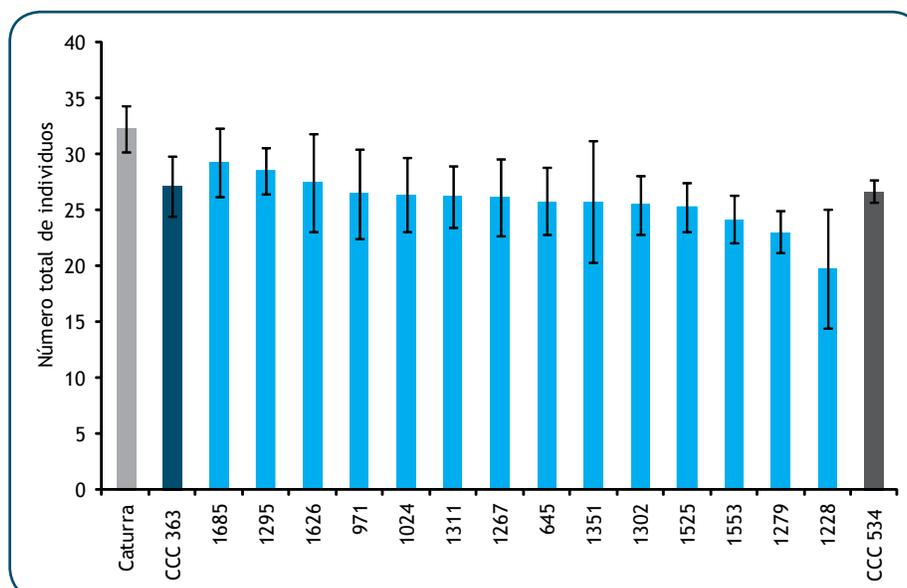


Figura 43. Número total de individuos de *Hypothenemus hampei* criados en granos de las 15 plantas con diferencias significativas (Dunnet 5%) y sus progenitores CCC 534, CCC363 y Caturra. Las barras representan los intervalos de confianza 95%, n=15.

observa que las plantas seleccionadas son altamente productivas, con resistencia a la roya y con café supremo superior al 80%.

Estudio de los factores limitantes para la obtención y utilización de plantas haploides en el mejoramiento del café en Colombia.

Tiene como objetivo estudiar los factores limitantes en la obtención de plantas haploides de café, y establecer un protocolo rutinario para la inducción de androgénesis, el aislamiento y el cultivo de microsporas de café.

Evaluación de las condiciones de desinfección y puesta en cultivo

Comparación de métodos de desinfección de anteras: Se montaron tres experimentos independientes con el fin de comparar la eficacia de tres protocolos de desinfección. Los dos protocolos propuestos fueron comparados con el protocolo control. Los nuevos protocolos incluyeron cambios en los tiempos y el tipo de sustancias desinfectantes como: hipoclorito de calcio, Timsen® y Derosal®. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0,01$) en cuanto a los porcentajes de oxidación de las anteras y de contaminación de las mismas, entre los protocolos II y III con relación al protocolo control I. Mientras que con el protocolo control se observaron porcentajes de oxidación entre el 30% y el 55%, con los protocolos II y III estos valores no superaron el 5%.

La causa principal de la significativa contaminación en el protocolo I se debió a las bacterias, mientras que los hongos se mantuvieron en niveles bajos y afectaron igualmente los tres experimentos. Lo anterior sugiere que su presencia pudo ser debida a la manipulación propia de las anteras, durante la disecación, más que en los botones florales.

La principal diferencia entre los métodos de desinfección II y III radica en el número de lavados con desinfectante y en los tiempos usados, siendo más largo el método III. Las menores tasas de contaminación mostradas por el método II, permitió seleccionarlo como el mejor método para continuar los experimentos de aislamiento y cultivo del polen.

Comparación de métodos de aislamiento de polen:

Para la comparación de los protocolos de aislamiento se partió siempre del protocolo de desinfección II, seleccionado en la primera actividad del proyecto. En los primeros ensayos de aislamientos de microsporas se empleó la solución SL (64 g/L manitol + 2 g/L cisteína HCL) como solución inicial de aislamiento. El objetivo fue seleccionar un método que permitiera obtener una alta densidad de polen aislado y una mínima contaminación con desechos celulares.

El protocolo L, consistente en el aislamiento manual, permitió obtener la mayor densidad de microsporas por unidad de volumen (1,6 millones), en comparación con el método III, donde solo se lograron aislar 250.000 por mL. Con todos los métodos se observan algunos desechos celulares, razón por la cual se están probando gradientes de densidad con Percoll® con el fin de limpiar las poblaciones de polen antes de su cultivo (Figura 2). Los primeros ensayos muestran que el uso de gradientes $>50\%$ (v/v), parecen los más adecuados para la limpieza de las microsporas.

Inducción de duplicación cromosómica mediante métodos *in vitro* e *in vivo*

Con el fin de evaluar el efecto *in vitro* de la trifluralina y la colchicina sobre los explantes o sobre el tejido embriogénico derivado de éstos, se han sembrado hasta el momento tres ensayos en los cuales se utilizaron explantes foliares de plantas haploides. Paralelamente se ha estudiado su efecto *in vivo*

Tabla 23. Plantas seleccionadas en el experimento 1 y sus características agronómicas.

Cruzamiento	F1	F2	F3	F4	Planta	Promedio	Altura 24 Meses	Máx Roya	Supremo (%)
CR-L.147 x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #996	MEG03.07 #429	182	4,8	160,0	2,0	
CR-L.147 x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #996	MEG03.07 #427	194	4,6	145,0	3,0	88,5
CR-L.147 x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #996	MEG03.07 #427	196	3,4	165,0	3,0	
CR-L.147 x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #996	MEG03.07 #427	198	3,5	150,0	3,0	87,4
CR-L.147 x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #996	MEG03.07 #154	207	3,8	135,0	3,0	
Variedad Caturra						3,0	120,8	7,0	44,8
Variedad Castillo®						3,1	138,3	3,0	72,3

Tabla 24. Plantas seleccionadas en el experimento 2.

Cruzamiento	F1	F2	F3	F4	F5	Planta	Pmed	Altura 24 Meses	Máx Ruya	Supremo (%)
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #35	891	3,0	120	2	58,3
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #35	893	4,4	145	2	79,8
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #35	895	2,8	140	2	
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #35	899	5,4	155	2	83,2
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #35	900	2,8	125	3	78,5
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #35	1278	2,7	135	3	64,0
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #462	837	4,1	140	3	69,1
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #462	1262	3,6	140	3	56,2
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #462	1267	3,3	135	3	54,2
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla	M.2386	PL.1902	MEG75-1 #1233	CU.1951	MEG03.07 #462	1269	2,7	130	3	54,8
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1849	MEG03.08 #1027	1093	4,0	160	3	90,5
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1849	MEG03.08 #1027	1094	3,1	145	3	
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1849	MEG03.08 #1027	1098	2,6	140	3	89,1
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1849	MEG03.08 #1027	1100	4,0	140	3	93,9
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1876	MEG03.08 #1280	760	3,1	130	3	86,5
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1870	MEG03.08 #1366	926	2,6	145	2	83,9
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1870	MEG03.08 #1366	929	3,3	135	2	80,7
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1870	MEG03.08 #1366	1071	3,8	140	3	86,0
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1870	MEG03.08 #221	862	2,8	130	2	86,4
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1870	MEG03.08 #221	1066	2,8	120	3	83,4
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1870	MEG03.08 #221	1067	2,9	135	3	89,8
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1870	MEG03.08 #221	1068	2,7	125	3	84,0
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1870	MEG03.08 #221	1070	3,3	130	3	87,8
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1892	MEG03.08 #256	649	6,1	150	1	73,2
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1892	MEG03.08 #256	1040	4,3	140	3	85,5
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1834	MEG03.08 #356	873	3,8	135	2	77,9
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1834	MEG03.08 #356	1112	3,4	135	3	90,3
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1834	MEG03.08 #356	1120	4,8	135	3	86,1
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1816	MEG03.08 #381	882	3,2	145	1	86,5
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1816	MEG03.08 #381	1162	3,9	160	2	74,8
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1816	MEG03.08 #381	1164	5,1	155	2	83,8
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1816	MEG03.08 #381	1165	3,3	150	2	81,7
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1816	MEG03.08 #381	1166	4,6	150	2	83,9
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1892	MEG03.08 #561	916	4,7	140	2	48,9
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1892	MEG03.08 #561	1030	4,2	125	3	64,5
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1834	MEG03.08 #828	812	3,9	145	3	88,5
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1834	MEG03.08 #828	814	2,5	140	2	88,1
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1834	MEG03.08 #828	818	4,1	140	3	85,9
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1953	MEG03.08 #862	860	4,5	140	2	80,3
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1953	MEG03.08 #862	1014	3,1	130	3	77,5
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1953	MEG03.08 #862	1019	3,3	130	3	80,9
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1953	MEG03.08 #865	792	3,1	145	3	
CR-L.426 x HT-1343 Mezcla				CU.1979	MEG03.08 #896	987	3,3	140	2	78,8
Variedad Castillo®							2,6	127	3	74,7
Variedad Caturra							2,3	123	7	47,0

Tabla 25. Plantas seleccionadas en el experimento 3 y sus características agronómicas.

Híbrido	Cruzamiento	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Planta	Pmed	Altura 24 Meses	Máx Roya	Supremo (%)
H.3005	Caturra x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #998	MEG03.07 #352			1357	3,5	140,0	3,0	87,8
H.3005	Caturra x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #998	MEG03.07 #352			1359	4,4	155,0	3,0	84,0
H.3005	Caturra x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #998	MEG03.07 #352			1750	3,9	145,0	3,0	52,0
H.3005	Caturra x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #998	MEG03.07 #359			1365	4,2	140,0	3,0	85,8
H.3005	Caturra x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #998	MEG03.07 #359			1795	3,9	145,0	3,0	85,3
H.3005	Caturra x HT	M.2386	PL.1859	MEG75-1 #998	MEG03.07 #359			1799	3,1	135,0	3,0	85,7
H.3001	(CA-CV1 x HT-1343)-I.574-CV2					CU.1078	MEG03.08 #1120	1633	4,2	140,0	3,0	86,8
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2080	MEG03.08 #205	1455	3,6	135,0	3,0	60,6
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2080	MEG03.08 #205	1456	2,7	130,0	3,0	68,3
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2080	MEG03.08 #205	1458	3,7	150,0	3,0	76,0
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2080	MEG03.08 #205	1460	3,1	120,0	2,0	69,4
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2080	MEG03.08 #205	1703	2,5	120,0	3,0	71,4
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2080	MEG03.08 #205	1705	2,9	115,0	2,0	60,5
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2186	MEG03.08 #32	1466	3,9	150,0	3,0	77,8
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2186	MEG03.08 #32	1467	3,5	140,0	3,0	73,2
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2186	MEG03.08 #32	1814	3,5	150,0	2,0	62,2
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2186	MEG03.08 #37	1475	3,0	145,0	3,0	44,9
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2186	MEG03.08 #37	1479	2,9	135,0	3,0	61,8
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2186	MEG03.08 #37	1863	3,0	145,0	3,0	71,0
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2186	MEG03.08 #37	1867	3,3	135,0	3,0	
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2375	MEG03.08 #468	1516	4,1	150,0	3,0	82,0
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2375	MEG03.08 #468	1770	3,2	145,0	2,0	66,3
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CX.2375	MEG03.08 #503	1506	3,6	145,0	2,0	54,0
H.3005	CR-L.426 x HT-1343 Mezcla					CU.2029	MEG03.08 #814	1448	5,0	155,0	3,0	85,9
	Variedad Castillo								3,2	137,3	3,0	71,4
	Variedad Caturra								2,4	133,5	7,0	48,2

sobre la inducción de brotes duplicados a partir de meristemas terminales y sub-terminales de plantas de café en el campo.

En los ensayos *in vitro* se han logrado regenerar tanto tejido embriogénico como embriones a partir de tejido pre-tratado con las dos sustancias antimutóticas mencionadas. En los ensayos de campo se han obtenido un máximo de 16 brotes por planta, derivados de yemas terminales tratadas con estas mismas sustancias. No se han observado diferencias en el número de brotes obtenidos por la aplicación de una u otra solución antimutótica. Esta relación tampoco se ve alterada por el genotipo, ya que aparentemente la respuesta es similar, independientemente del genotipo tratado. En todos los genotipos tratados, la frecuencia de brotes obtenidos supera el 50%, lo que muestra una buena eficiencia del método aplicado. La frecuencia de ramas tratadas que formaron botones florales está muy baja.

En los ensayos *in vivo*, los brotes generados en la mayoría de las ramas ya pasaron por un segundo corte. A la fecha se tienen nuevos brotes en varias de las ramas, algunos de los cuales ya fueron enraizados. Una vez estos chupones se desarrollen, el paso siguiente será realizar el conteo de estomas y de cromosomas, a fin de evaluar si hubo duplicación cromosómica.

Bases genéticas y moleculares y predicción de la heterosis en café. Para determinar el valor de la heterosis en híbridos de café como uno de los pasos para la producir variedades híbridas en Colombia, se han tomado medidas morfológicas en plantas F1 de diferentes cruzamientos y en sus padres en el campo, tanto al sol como a la sombra. Hasta ahora no se tiene información de producción.

Evaluación de líneas élites en ensayos regionales. Se desarrollaron almácigos con líneas avanzadas con resistencia a la roya del café provenientes de cruzamientos entre líneas de Variedad Castillo® X accesiones Etopes, de Caturra X Híbrido de Timor con resistencia al CBD y de introgresiones con *Coffea canephora*, para siembra de ensayos regionales, los cuales estarán siendo llevados a diferentes localidades de la zona cafetera.

LÍNEA PPRo800

Protección del cultivo de limitantes potenciales de la producción

La producción de café está continuamente amenazada por la presencia de organismos parásitos que tienen la capacidad de interactuar con la planta, retardando su crecimiento, afectando la cantidad y calidad del grano

o eventualmente causando su muerte. A nivel local se presentan plagas, enfermedades y otros organismos parásitos que por las condiciones ambientales, de manejo del cultivo o genéticas se mantienen en niveles muy bajos, pero que con cambios en cualquiera de esos componentes pueden pasar a afectar de manera significativa amplias zonas de producción. Globalmente también se presentan problemas bióticos limitados a regiones o continentes diferentes a América, y que eventualmente por el movimiento de bienes y personas pueden llegar al país.

El propósito de esta línea de investigación asociada al programa de Producción y Productividad es profundizar en conocimiento de la biología y dinámica poblacional de esos organismos parásitos limitantes de la producción de café, identificar sus enemigos naturales presentes en el agroecosistema cafetero que puedan ser incorporados en prácticas de manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses, y mantener un monitoreo sobre aquellos problemas todavía ausentes de Colombia, para evitar la llegada de los mismos o dado el caso reaccionar ante un brote en el país.

Estudiar la biología y la dinámica de poblaciones de los artrópodos plaga, agentes patógenos y arvenses que se consideren un riesgo potencial para el café

La roya del cafeto. Para el período 2012-2013 se consolidó la tendencia observada de disminución de la incidencia de la enfermedad en el territorio colombiano, de manera contraria a los reportes recibidos de Centroamérica, el Caribe, Ecuador y Perú, donde se declararon Emergencia Nacionales por efecto del ataque que la enfermedad. A lo largo de este período, técnicos de la Disciplina de Fitopatología realizaron comisiones técnicas a todos los países centroamericanos, constatando el efecto de la enfermedad. Se coincidió en la ocurrencia de un deficiente manejo agronómico, marcado por el uso de cafetales de más de 20 años y aplicaciones inoportunas de fungicidas. La prevalencia de plantaciones susceptibles hace suponer que no hay mayor efecto de nuevas razas de roya, pero sí de la variabilidad climática que ha tomado desprevenidos a los productores.

Las razas de roya presentes en Colombia se han monitoreado mediante la utilización de las metodologías tradicionales de diferenciales genéticos por parte del hospedero. La información indica que las razas detectadas son derivados de la raza II, que ha sido la más prevalente a nivel mundial y la primera identificada en Colombia. El Instituto Costarricense del Café (ICAFFE) reportó las razas XXIV y XXXVI en 2013, siendo esta última

capaz de atacar a derivados del Híbrido de Timor (Figura 44). Sin embargo, la diversidad genética de los materiales utilizados en las variedades resistentes colombianas ha generado una serie de razas nuevas que no pueden ser identificadas por estas metodologías. A este respecto, el seguimiento realizado en introducciones originales del Híbrido de Timor así como en derivados de estos por cruces con la variedad Caturra, indican que ante la presión de inóculo de materiales susceptibles, estas introducciones siguen presentado niveles muy bajos de roya o resistencia completa, salvo por materiales particulares, como el H420/1, que ya empieza a tener niveles de roya similares a los genotipos susceptibles. De igual manera, observaciones en varios sitios del país indican que las nuevas razas no están prevaleciendo y que el incremento de las mismas no es progresivo en el tiempo. Ensayos del comportamiento de la enfermedad bajo sol y bajo sombra vuelven a confirmar que el inóculo existente se comporta de manera más eficiente bajo condiciones de sombrero, con incidencia del 31%, comparado con el 1% bajo sol.

Hasta el momento se confirman las observaciones que indican que en Colombia no se están presentando genotipos más agresivos del patógeno (capaces de mayores daños en menor tiempo o en condiciones consideradas como desfavorables), pero que efectivamente el patógeno se está tornando más virulento (ataca a un mayor número de genotipos), expresado como nuevas razas, que de todas maneras no prevalecen sobre la raza II.

Ante la limitación de caracterizar aislamientos de *H. vastatrix* por la carencia de materiales diferenciales de café, y con el fin de proveer información oportuna

en la orientación del manejo fitosanitario, se caracterizaron por medios moleculares las razas del hongo causante (*Hemileia vastatrix*) presentes en el país. Se realizó secuenciación *de novo* del genoma de la raza II de *H. vastatrix* utilizando la tecnología de Illumina. Éste análisis ha permitido predecir el tamaño del genoma de este hongo en 263 Mb, con un cubrimiento de genoma del 95%, de acuerdo al análisis realizado con el software CEGMA. Este es un genoma de gran tamaño en comparación con el de otras royas ya secuenciadas, como las royas del trigo *Puccinia triticina* (121Mb) y *P. graminis* f.sp *tritici* (78Mb), o la roya del álamo *Melampsora larici-populina* (98Mb).

En el genoma de *H. vastatrix* se identificaron un total de 14.445 proteínas, de las cuales se anotaron detalladamente un total de 44 proteínas secretadas, las cuales son fuertes candidatos a Genes de Virulencia (V), que son los que definen las razas fisiológicas del patógeno. De esta manera, se abre la posibilidad de hacer una identificación y seguimiento de las razas presentes en el país o en el continente.

Con el propósito de aplicar modelos de dinámica de poblaciones bajo las condiciones de variabilidad climática, se desarrolló una primera versión de un Índice Compuesto de Infección de Roya (ICIR), que considera las variables climáticas diarias de temperatura máxima, temperatura mínima, brillo solar y precipitación nocturna, y las relaciona con su efecto en la biología del hongo *Hemileia vastatrix*, agente causal de la roya del café. Se tomaron los datos diarios de las estaciones climáticas de Naranjal (1.381 m, Chinchiná, Caldas), Santa Helena (1.395 m, Marquetalia, Caldas) y El Roble (1646 m, Los Santos, Santander), para las series 2005 – 2010, que indican la transición entre el período de baja infección de roya y el de las epidemias recientes.

Los resultados corroboran el concepto del efecto local en el desarrollo de las epidemias: Para dos sitios con altitudes similares, como Naranjal y Marquetalia, presenta mayor peso el brillo solar en el primero y la temperatura máxima diaria en el segundo, mientras que la temperatura mínima y la precipitación nocturna son muy similares en ambos. En contraste, estas dos variables son las que menos afectan el ICIR en Los Santos. En conjunto, se aprecia el mayor riesgo del café bajo las condiciones de Marquetalia, donde todos los años del quinquenio presentan valores por encima de un Nivel Crítico propuesto de 0,3, mientras que Los Santos se encuentra frecuentemente por fuera del riesgo, salvo condiciones particulares de 2008 y 2009 (Figura 45). Es igualmente importante identificar los momentos del año donde impactan más los valores altos del ICIR, en estos casos en el primer semestre del año donde ocurre la floración principal en estas zonas.

Raza	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V?
II										
XVII	-	-								
XXIII	-	-								
XXV										
XXX										
XXIV										
XXXVI										
?										

Figura 44. Resumen del perfil genético de las razas actualmente identificadas para Colombia y Costa Rica por parte del CIFIC (Centro de Investigaciones de las Royas, en Portugal). V1 a V9, son los genes de avirulencia del patógeno. La raza II carece del gen V5, que se relaciona con el gen R5 presente en la variedad Borbón. Algunas razas ya han perdido interacción con los genes R6 a R9 presentes en el Híbrido de Timor (verde). Ninguna raza ha modificado la interacción en el gen V3, relacionado con R3 proveniente de *Coffea liberica*, sin embargo nuevas razas ya no pueden ser identificadas por falta de diferenciales genéticos (?).

Cuando se aplica el valor de ICIR como parte de una ecuación de desarrollo exponencial estándar de una enfermedad policíclica, se obtiene un modelo epidemiológico, que en este caso diferencia el comportamiento esperado de la misma, dependiendo de las condiciones diarias de las variables climáticas evaluadas. De esta manera, para las epidemias del quinquenio bajo observación se tiene en todos los casos un inicio más temprano y un valor máximo alcanzado para las condiciones de 2008, seguidas de 2009 y 2010, inclusive en la localidad de Los Santos, donde por condiciones de altitud tradicionalmente no se desarrolla la enfermedad a niveles importantes (Figura 46).

La validación del ICIR y de los modelos epidémicos derivados del mismo, en puntos contrastantes de la geografía nacional, correlacionados con los datos de incidencia de roya del café recolectados en las mismas regiones, permitirán levantar un primer mapa de riesgo de roya para el país, y proveerán una herramienta para las Alertas Tempranas Fitosanitarias,

basadas en el comportamiento diario del clima, el cual puede ser ahora monitoreado con la entrada en funcionamiento de las estaciones automáticas de la red climática cafetera. Igualmente, la correlación observada entre las condiciones favorables para la roya del café, con las condiciones favorables para el desarrollo de otras enfermedades como el mal rosado, la gotera y el mal de hilachas, permitirá ajustar los índices y modelos para hacer seguimiento a éstas y a otras amenazas potenciales.

Muerte descendente del café (*Phoma* sp). En parcelas de café de la variedad Caturra situadas en Concordia (Antioquía), Belén de Umbría (Risaralda) y Filandia (Quindío), en altitudes entre 1.600 y 1.900 m, se está evaluando la presencia de la muerte descendente. Luego de 2 años de experimentación se observó que la presencia y el daño causado por este hongo requiere de unas condiciones ambientales muy propicias y de larga duración, asociadas a eventos de La Niña, las cuales en Colombia no se han registrado en los últimos

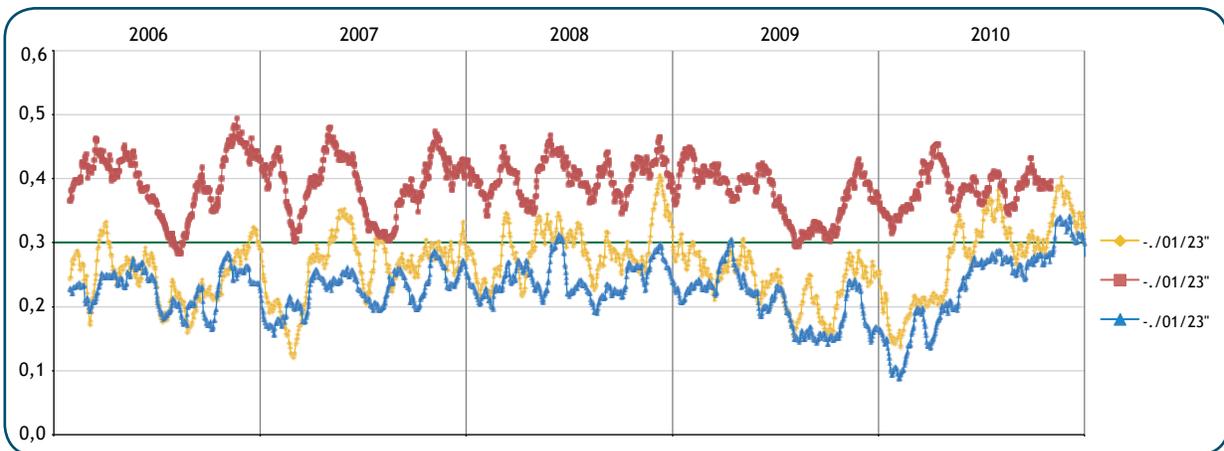


Figura 45. Índice Compuesto de Infección de Roya (ICIR) para el quinquenio 2005-2010, calculado para las localidades de Marquetalia-Caldas (rojo), Naranjal-Caldas (amarillo) y Los Santos-Santander (azul). Cada punto marca el acumulado de 28 días, con un Nivel Crítico (línea verde) de favorabilidad de la epidemia.

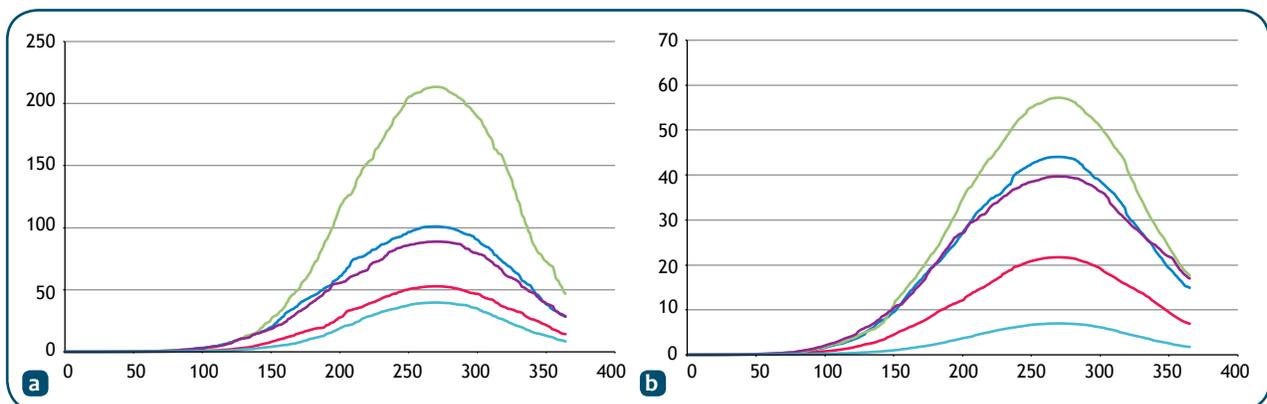


Figura 46. Desarrollo simulado de las epidemias de roya para los años 2006 (azul), 2007 (rojo), 2008 (verde), 2009 (azul oscuro) y 2010 (púrpura). **a.** Naranjal, Caldas; **b.** Los Santos, Santander. En ambos casos la epidemia de 2008 fue mayor a las demás, aunque con mayor severidad en Naranjal.

meses. De este modo es muy difícil que se afecte el desarrollo de las plantas y su nivel de producción por causa de esta enfermedad.

Mediante inoculaciones artificiales del patógeno en hojas jóvenes de café variedad Caturra y con el uso de microscopía electrónica de barrido se comprobó que el hongo causante de la enfermedad no penetra por los estomas, sino por heridas o directamente tanto por la haz como por el envés de las hojas, confirmando la dependencia de heridas en la superficie de las hojas para iniciar los procesos de penetración y colonización (Figura 47). Los síntomas primarios como lesiones de color café claro son visibles a las 72 horas después de la inoculación. Se observa una primera fase que es biotrófica, donde el patógeno invade espacios intercelulares en el parénquima, pero que es rápidamente seguida de una fase necrotrófica, con la producción abundante de enzimas que son liberadas a los espacios para degradar paredes celulares y aprovechar los contenidos del citoplasma vegetal (Figura 48). Esta degradación es limitada, permitiendo el soporte estructural para la formación de los picnidios, principal forma de formación de conidias para la diseminación del hongo. En medio de cultivo se verifica la capacidad de formar otras estructuras de diseminación y resistencia como son las clamidiosporas, importante para sobrevivir en los períodos de condiciones adversas.

Los detalles de la biología y la epidemiología de este patógeno permitirán ajustar los modelos de desarrollo de la enfermedad y diseñar mejores estrategias de



Figura 47. Microfotografía electrónica de barrido mostrando las hifas en estado de pre-penetración del hongo *Phoma* sp. rodeando estomas en el envés de la hoja de café. 1000X.

manejo de la misma, en las condiciones ambientales de marginalidad alta, donde se ha presentado en los últimos años la expansión de la frontera agrícola para café.

Nueva especie de barrenador del tallo del café. Se describió una especie nueva para la ciencia de barrenador del tallo y la raíz del cafeto en Colombia, *Plagiohammus colombiensis* (Coleoptera: Cerambycidae) (Figura 49). Esta especie de escarabajo longicornio, de aproximadamente 2,5 cm de longitud, se ha reportado en los departamentos de Cesar, Santander, Norte de Santander y Boyacá, en un rango altitudinal entre 900 y 1.400 m. La larva barrena la parte central del tallo de café hacia la raíz principal, destruyendo la médula y los haces vasculares, interrumpiendo el flujo de savia. Los árboles afectados se reconocen por los montículos de aserrín en la base del tallo y por los orificios circulares de salida del adulto. El barrenador del tallo ataca árboles de café de todas las edades, siendo los de 18 y 36 meses más propensos al marchitamiento. La larva madura alcanza una longitud de 5,5 a 6,0 cm (Figura 49d). El ciclo de vida desde huevo hasta adulto tarda 18 meses. Los adultos se reconocen por el cuerpo de color café claro, cubierto con manchas amarillo intenso y antenas el doble de largo del cuerpo. Se están adelantando estudios sobre su biología y comportamiento para desarrollar estrategias de control.

Musgos. Por primera vez se identificaron especies de musgos asociadas a café, en la Estación Central Naranjal, con la colaboración del doctor Édgar Linares de la Universidad Nacional Sede Bogotá. Se reportan las especies *Fabronia ciliaris*, *Frullania sphaerocephala*, *Brachiolejeunea leiboldiana*, *Lejeunea flava* y *Metzgeria liebmanniana*, correspondientes a cuatro familias taxonómicas. En el manejo de estos musgos en los troncos del cafeto se concluyó que la aplicación del hidróxido de calcio, en dosis de 40 g/L, era efectiva tanto en zocas como en árboles, con persistencia de un mes.

Estudiar la diversidad de flora y fauna de la zona cafetera y sus interacciones biológicas, con el fin de identificar los enemigos naturales de las plagas potenciales del café.

Colección de microorganismos de interés en control biológico de insectos plagas y enfermedades de los cultivos en la zona cafetera colombiana. Se cuenta con un cepario en el que se han preservado hongos asociados a insectos plagas y enfermedades de café y otros cultivos de la zona cafetera (Tabla 26). Todas las cepas están preservadas en tres métodos de almacenamiento: Nitrógeno líquido, glicerol-20°C y almacenamiento

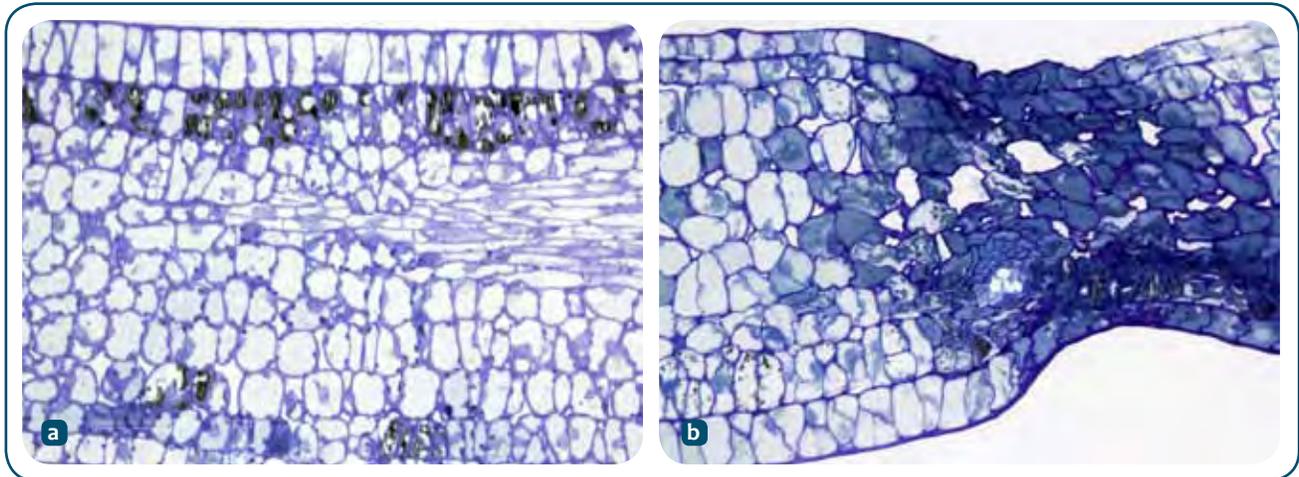


Figura 48. Histología del avance de *Phoma* sp. en hojas de café. **a.** Invasión inicial de las células del parénquima en contacto con la epidermis; **b.** Necrosis del tejido en los dos lados de la hoja.

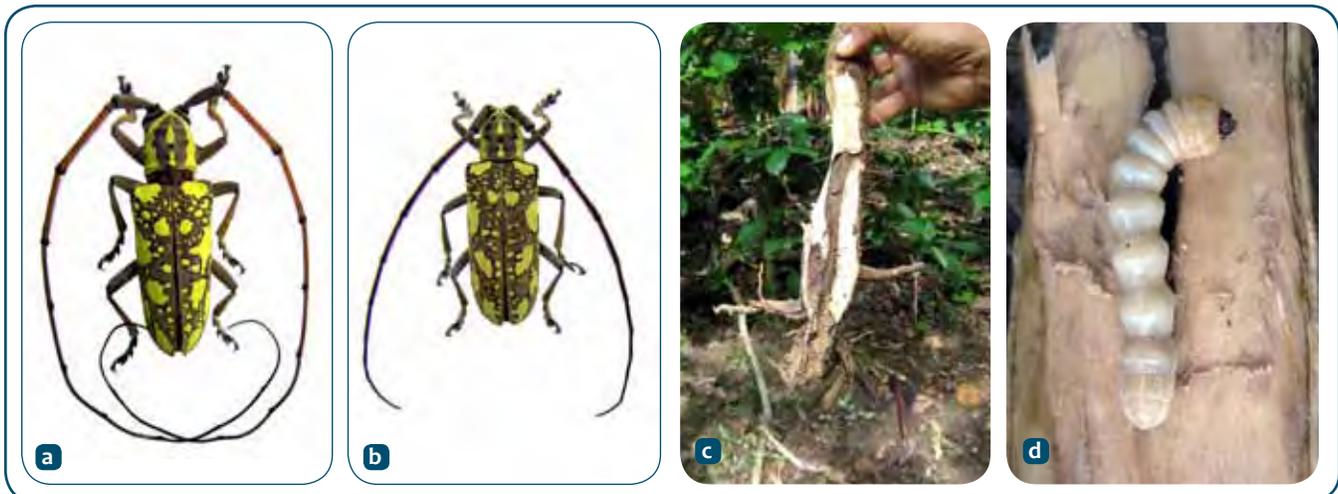


Figura 49. Barrenador del tallo del café, *Plagiohammus colombiensis*. **a.** Macho; **b.** Hembra. **c.** Daño en tallo y raíz de café. **d.** Larva.

en PDA y aceite mineral. Durante el 2013 se continuó con la evaluación de estos métodos de preservación. Para *Beauveria bassiana* se evaluaron 32 cepas. Luego de 3 años y 6 meses de almacenamiento los tres métodos permiten preservar las esporas con altas viabilidades (90%). Luego de 30 meses de almacenamiento: en *Metarhizium anisopliae* se empieza a observar disminución de viabilidad de las esporas, en promedio las germinaciones observadas fueron de 65%, independiente del método evaluado. Para el caso de *Trichoderma* sp. y *Paecilomyces* sp. las germinaciones siguen siendo superiores al 95%, independientemente del método de almacenamiento. Hasta el momento los tres métodos se comportan de manera similar. Se destaca el método de preservación en aceite mineral ya que es el menos costoso. Es necesario continuar evaluando estos métodos de preservación.

Tabla 26. Estado actual de las cepas más representativas del cepario de Entomología y Fitopatología de Cenicafé.

Genero de las cepas preservadas	Número de aislamientos preservados*
<i>Metarhizium</i> sp.	23
<i>Beauveria bassiana</i>	118
<i>Verticillium (= Pochonia)</i> sp.	5
<i>Lecanicillium</i> sp.	6
<i>Trichoderma</i> sp.	6
<i>Paecilomyces</i> sp.	19
<i>Fusarium</i> sp.	1
<i>Clonostachis</i> sp.	1
<i>Aspergillus</i> sp.	1
<i>Phoma</i> sp.	2
<i>Colletotrichum</i> *	23

* Preservación de los aislamientos en tres métodos: Glicerol -20°C, nitrógeno líquido y aceite mineral.
+ Las esporas de *Colletotrichum* sp. están preservadas en agua destilada estéril a 4°C.

Colección entomológica. Se introdujeron 110 nuevos registros de insectos plaga y benéficos del cultivo de café en la base de datos *Specify* del Museo Entomológico Marcial Benavides de Cenicafé. El trabajo incluyó la recolección de muestras, identificación de las especies, contactos con especialistas internacionales, curaduría, montaje y etiquetado de los ejemplares. Las muestras de plagas y de enemigos naturales provienen de diferentes regiones del país, de muestras enviadas por parte de los caficultores y el Servicio de Extensión de Santander, Cesar, Quindío, Huila, Nariño, Antioquia y Cauca, principalmente.

Parasitoides del minador de las hojas en el departamento de Antioquia. Cenicafé, el Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros de Antioquia, la Cooperativa de Caficultores de Antioquia y la Universidad Nacional Sede Medellín, vienen adelantando un diagnóstico regional del minador de las hojas del café *Leucoptera coffeellum* (Guérin-Méneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus enemigos naturales. Esta plaga es considerada la más limitante de la producción en Brasil, donde se registran pérdidas de hojas hasta de 67% y disminución hasta del 80% de la producción. En Colombia, de manera contraria, la abundancia de enemigos naturales parece haber evitado que el minador se convierta en plaga. La finalidad de este diagnóstico es conocer los porcentajes de infestación del minador en el departamento de Antioquia e identificar los parasitoides que lo regulan naturalmente en el campo.

Los resultados más relevantes del primero de cuatro muestreos en el campo, realizado en el mes de mayo de 2013, indican que de 282 fincas con lotes de café evaluados en 62 distritos, 47 municipios y 10 seccionales de Antioquia, sólo el 17,7% fincas presentaban la plaga. El promedio de infestación fue de 2,34%, con un mínimo de 0,06% y un máximo de 15,6%. En conclusión, para el mes de mayo de 2013, ninguno de los lotes afectados superó el umbral de daño económico de 30%. A partir de las hojas infestadas por minador recolectadas en el campo, se realizó un seguimiento en el laboratorio de la emergencia de adultos de minador o de sus parasitoides enemigos naturales nativos. Se encontró que el porcentaje promedio de parasitismo de las minas de minador fue del 59,62%, con un intervalo entre 46,7% y 72,4%. Es decir, los enemigos naturales mantienen bajo control las poblaciones de minador en el campo. La especie de avispa parasitoide predominante en el departamento de Antioquia, que controla naturalmente al minador, pertenece al género *Closterocerus* (Figura 50). Se encontraron ocho géneros adicionales, de los cuales dos pertenecen a especies no conocidas en Colombia. Los resultados

parciales obtenidos durante este primer diagnóstico permiten recomendar que no se apliquen productos insecticidas en el departamento de Antioquia, dado que los niveles de daño no superan el umbral económico y el parasitismo natural es de 60%. Se recomienda, antes de entrar a los períodos secos, realizar un plateo en plantaciones de café menores de 2 años, manteniendo las coberturas de arvenses en las calles, para permitir la sobrevivencia y establecimiento de los enemigos naturales que controlan naturalmente el minador de las hojas del café, contribuyendo así a la sostenibilidad económica y ambiental de la zona cafetera.

Realizar monitoreos de limitantes bióticos en Colombia, evaluando la importancia económica de los mismos y diseñando acciones de exclusión, de contención ante un eventual brote o de disminución de incidencia una vez se conviva con el problema.

Cochinillas harinosas en el departamento de Norte de Santander. Para el diagnóstico en el departamento de Norte de Santander se tomaron como marco de muestreo las 6.700 fincas que presentaron lotes menores de 2 años de edad, de acuerdo a la información del SIC@. Se seleccionaron aleatoriamente 100 fincas para estimar la proporción de ellas con presencia de cochinillas harinosas de las raíces, para un error de estimación del 10%. Se visitaron y evaluaron 86 fincas, encontrándose 43% de ellas afectadas por la plaga, corroborándose un error de muestreo de 10,7%. El 69,2% de los árboles evaluados en las fincas infestadas, tenían cochinillas harinosas o escamas en las raíces, con un intervalo de confianza de 11,5. Se observaron mínimos de 10% y máximos de 100%. Se identificaron preliminarmente las especies de cochinillas presentes en las fincas infestadas y se confirma que *Puto barberi* es la especie predominante, evidente en 46% de ellas. También se encontró que el 13% de las fincas tenían árboles afectados por la escama *Toumeyella* sp. (Hemiptera: Coccidae) (Figura 51). La presencia de esta especie estuvo concentrada en los municipios de Cucutilla, Arboledas, Labateca y Ragonvalia.

Cochinillas harinosas en Valle del Cauca. Para el diagnóstico en el Valle del Cauca se definió del SIC@ el marco de muestreo de 11.532 fincas con lotes menores de 2 años de edad. Se seleccionaron aleatoriamente 100 para un error de estimación del 10% en la variable proporción de fincas con árboles de café menores de 2 años infestados por cochinillas harinosas. Se visitaron y evaluaron 85 fincas, de las cuales el 56,4% tenían lotes jóvenes infestados. Se corrobora el error estándar de 10,8%. El 75,2% de los

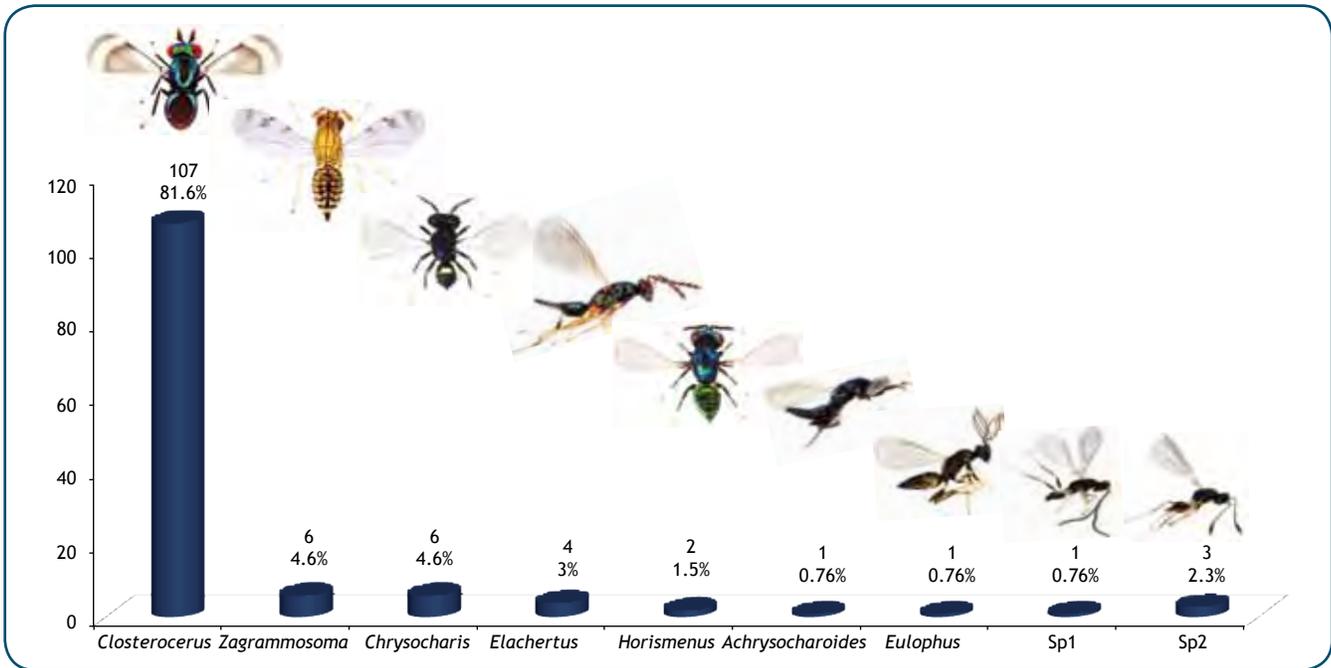


Figura 50. Morfoespecies de parasitoides controladores naturales del minador de la hoja del cafeto en el departamento de Antioquia.



Figura 51. Raíz de café afectada por hembras de *Toumeyella* sp. (Hemiptera: Coccidae).

árboles evaluados tenían cochinillas harinosas, con un intervalo de confianza de 17,8. Se observaron mínimos de 10% y máximos de 100%.

Arañita roja. En el mes de junio se observaron brotes de arañita roja *Oligonychus yothersi* en el sector de la vereda La Siria (Manizales-Caldas), zona endémica para este ácaro. Se seleccionó un lote de 36 meses de edad para realizar el monitoreo poblacional de esta plaga del café, a partir de 60 hojas de igual número de árboles, recolectadas en un recorrido por surcos. Las observaciones de campo sugieren que las variables de clima asociadas a los períodos Neutros, sumado a la caída de cenizas volcánica del día 27 de mayo y a las

poblaciones de arañita roja remanentes del año 2012, inducen la aparición de focos iniciales con síntomas de daño en cafetales de la región. En un reconocimiento de los enemigos naturales de arañita roja en Caldas se hizo el hallazgo de dos nuevos registros de especies de coccinélidos depredadores de estados biológicos de arañita roja que no habían sido reportados en café, *Psyllobora confluens* y *Brachiacantha bistrispustulata* (Coleoptera: Coccinellidae). Se hicieron contactos con especialistas para la identificación de *Stethorus* sp., otra especie de coccinélido que depreda arañita roja en café. De este coccinélido se están estudiando aspectos de la biología, hábitos y tasa de depredación en el laboratorio, en hojas de café infestadas con arañita roja.

Línea PPR0900

Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad de café a los subproductos y al aseguramiento de la calidad

Esta línea tiene como objetivo generar estrategias para aumentar la productividad y la calidad del café, asegurando la sostenibilidad, basado en conocimiento científico y tecnológico.

Las principales actividades desarrolladas fueron:

- Estudios de Denominación de Origen del café de Colombia

- Desarrollo de procesos en el beneficio, fermentación y preparación para agregar valor a la calidad del café
- Estudios de referenciación y diferenciación del café de Colombia de otros orígenes productores de *Coffea arabica* y *C. canephora*
- Aseguramiento de la calidad del café en el beneficio, secado, transporte y almacenamiento
- Aprovechamiento y valorización de los subproductos del café

Avances de la actividad “Estudios de Denominación de origen del café de Colombia”. Se elaboró el documento técnico para soportar la solicitud ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) de la Denominación de Origen (DO) para el Café de Santander, con datos recolectados en los años 2008, 2009 y 2010.

Para el Tolima se realizó la formulación del proyecto Denominación de Origen del Café de Tolima cuyas actividades iniciaron desde el año 2007 y se retomaron en el año 2011. Durante el primer semestre de 2013 se tomaron 304 muestras de café pergamino seco de las fincas del departamento, las cuales se están analizando (NIRS, químicos y sensoriales).

Algunos datos de las características obtenidas del muestreo en las fincas del Tolima son:

- Distribución por área: 10% de menos de 1 ha, 36% entre 1 y 3 ha, 23% entre 3 y 5 ha, 18% entre 5 y 10 ha, y 13% de fincas con áreas superiores a las 10 ha.
- El café sembrado corresponde a las siguientes variedades: Variedad Castillo® (33%), Caturra (19%), Colombia (19%) y Típica (8%). En más del 90% de las fincas se realiza fertilización química y en el 84% procesan el café por fermentación.
- En cuanto a la edad de los caficultores, el 28% tienen entre 20 y 40 años, el 44% entre 40 y 60 años y un 24% tienen una edad superior a 60 años.
- El 53% de la población tiene solo formación básica primaria, el 11% no tuvo ningún tipo de educación y tan solo el 9% culminó sus estudios de secundaria.
- La zona cafetera del Tolima presenta un 74% de la caficultura como tecnificada¹, un 21% como envejecida² y un 5% como tradicional. El tipo de

beneficio que se utiliza en la zona cafetera de dicho departamento es poco variable dado que prevalece el beneficio por vía húmeda con un 83,7% y el 9,78% está representado por beneficio Becolsub³.

Avance de la actividad “Desarrollo de procesos en el beneficio, fermentación y preparación para agregar valor a la calidad del café”. Con el propósito de establecer los procedimientos, las prácticas y los controles en la fermentación del café, así como conocer el efecto del sistema y la temperatura ambiente en los sabores, defectos y compuestos químicos, ácidos y volátiles del café producidos por el efecto de modificaciones en la fermentación, se desarrollaron 122 fermentaciones controladas de café (77 en el laboratorio y 45 en fincas) en sistemas sin agua, sumergidos, abiertos y cerrados, a temperaturas constantes de 15 y 20°C y en ambiente de 17 a 26°C, por tiempos de 14, 16, 18, 24, 28, 38, 42 y 48 horas; se hicieron 1.672 mediciones de pH, temperatura y Brix de los sistemas de fermentación. Se destacan los siguientes resultados:

- Se observó que los cambios físicos y fisicoquímicos del mucílago como el olor, pH, °Brix fueron diferentes, según el sistema y el tiempo de fermentación.
- A temperaturas entre 18 y 26°C, la bebida de café de las fermentaciones de sustrato sólido (sin agua) presentaron diversos sabores como cítricos, frutales y tostados, dando así una taza más compleja, mientras que el café de fermentación sumergida en agua al 30% presentó más uniformidad y sabores a chocolate y tostados más frecuentes (Figuras 52 y 53).
- Después de 42 horas se obtienen mayor porcentaje de defectos vinagres y podridos (hasta 50%) en los sistemas de sustrato sólido (sin agua), que en los sistemas sumergidos al 30%, donde el porcentaje de tazas con defectos vinagres es del orden del 10% (Figuras 54 y 55).
- Para lograr buena calidad del café se recomienda fijar un tiempo entre 14 y 18 h cuando la fermentación del café se hace sin agua, y entre 18 y 30 h cuando se realiza fermentación sumergida al 30%.
- Para asegurar la calidad del café obtenido de las fermentaciones es indispensable realizar el lavado con agua limpia y suficiente y también secar el café con aire limpio, para evitar cualquier contaminación del producto hasta su tostación y consumo.

¹ **Tecnificado:** Incluye cultivos al sol menores o igual a 9 años, y cultivos a la sombra o semisombra menores o iguales a 12 años.

² **Envejecida:** Cultivos al sol mayores a 9 años y cultivos a la sombra o semisombra mayores o iguales a 12 años.

³ En el beneficio ecológico del café se usa poca agua y se disponen o tratan la pulpa y el mucílago obtenidos del proceso.

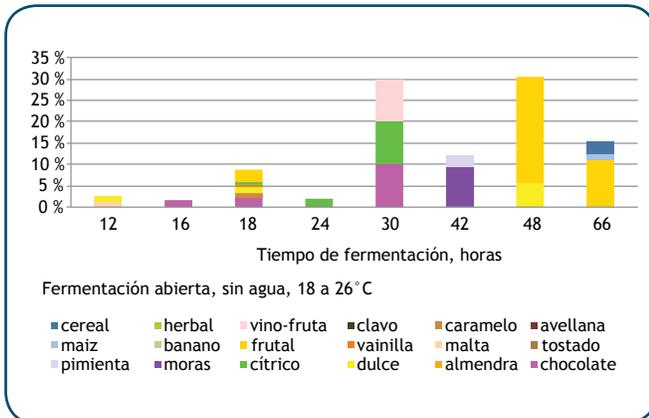


Figura 52. Sabores especiales en café, según el tiempo de fermentación en sistemas abiertos, sin agua a temperatura 18 a 26 °C.

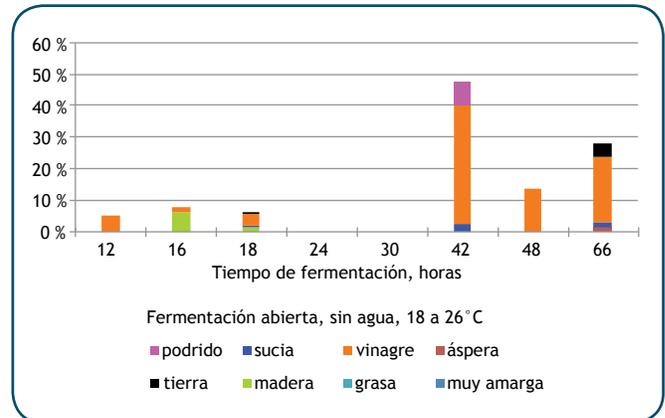


Figura 54. Defectos en taza según el tiempo de fermentación del café en sistemas abiertos y sin agua, a temperatura 18 a 26°C.

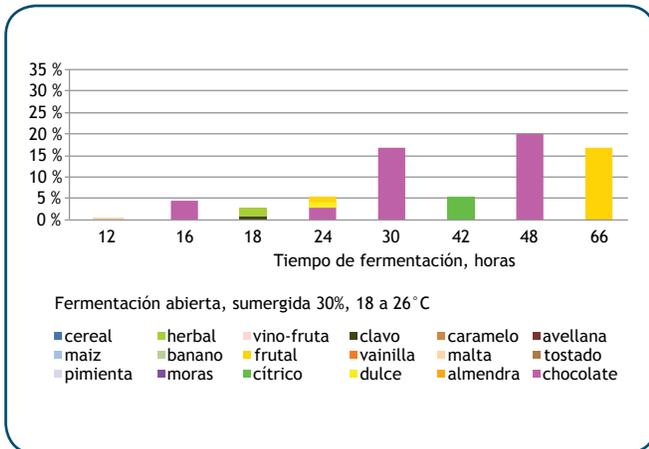


Figura 53. Sabores especiales en café, según el tiempo de fermentación en sistemas abiertos y sumergidos, a temperatura 18 a 26°C.

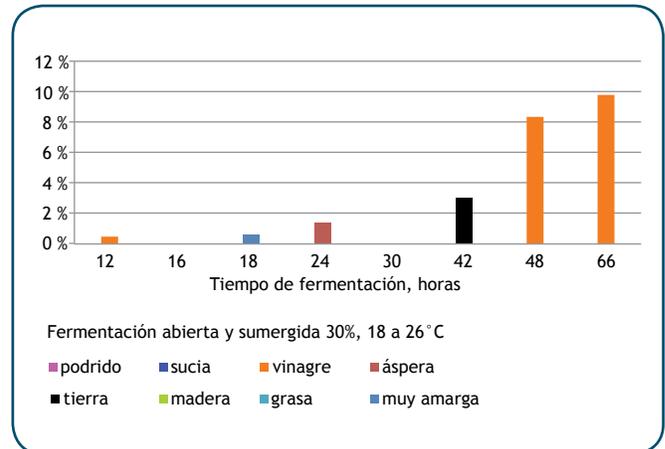


Figura 55. Defectos en taza según el tiempo de fermentación del café en sistemas abiertos y sumergidos, a temperatura 18 a 26°C.

Estudios de fermentación en finca. Para analizar los puntos críticos del procesamiento del café y la implementación en fincas de las fórmulas y procedimientos controlados de la fermentación del café se ejecutaron 45 procesos de fermentación en una finca cafetera empresarial, en unidades de trabajo de 15 kg hasta 680 kg de café en baba. Se concluye que:

- Para implementar sistemas de fermentación controlados en fincas y asegurar la calidad del café producido es necesario verificar primero la disponibilidad y estado de las instalaciones, tanques y sistemas de lavado, la calidad del agua y la disponibilidad y calidad del aire de las áreas de secado del café.
- Los procedimientos estandarizados de fermentación, lavado y secado del café ensayados fueron

entendidos y asimilados por el personal nuevo que colaboró en el tratamiento de las muestras.

- Partiendo de una misma calidad de frutos de café y de un mismo lote y finca es posible, mediante modificaciones en los procesos de beneficio, obtener diferentes calidades de café.
- Para realizar un trabajo de implementación de procesos y tecnologías en fincas es indispensable contar con la colaboración e interés del personal de la finca
- También es preferible que el tipo de proceso a implementar, por ejemplo fermentación, se desarrolle habitualmente en la finca, con el fin de lograr transmitir el conocimiento del saber hacer, de forma práctica.

Avances de la actividad “Estudios de referenciación y diferenciación del café de Colombia de otros orígenes productores de *Coffea arabica* y *C. canephora*”.

Se desarrollaron mediciones para la estandarización de los equipos NIRS XDS de la Red de la FNC, con respecto los equipos NIRS de Cenicafé (6500 y XDS), se usaron muestras de grano de café verde entero y molido suministradas por Almacafé.

Avance de la actividad “Aseguramiento de la calidad del café en el beneficio, secado, transporte y almacenamiento”.

Con el objetivo de asegurar la calidad del café de Colombia desde la finca se desarrollaron 39 procesos de simulación de beneficios y secados de café realizados con malas prácticas (28 procesos en laboratorio y 11 en finca). Esta estrategia se usó para detectar las fallas, los defectos, los riesgos y las pérdidas de la calidad del café y que ocasionan estas prácticas y su relación con los granos manchados, vinagres, mohosos, decolorados y los aromas y sabores agrios, fermento, mohosos, terroso, reposo, contaminados. Es decir, se realizaron intencionalmente malas prácticas de beneficio, como el beneficio de café sin selección en el despulpado, fermentaciones de mezclas de cafés despulpados hasta por 3 días, prácticas de cambios de aguas durante la fermentación, secado con aire sucio. Todos estos tratamientos se compararon con dos procesos de fermentaciones controladas abiertas, sin agua y sumergidas, realizadas con el mismo café, con el fin de determinar las características de la calidad del café y los contenidos químicos y fisicoquímicos del café y las mieles fermentadas. Se avanzó en la evaluación de la calidad de la bebida de café de todos estos procesos, y en las mediciones de acidez, humedades, cenizas y sólidos solubles del café tostado y de las mieles fermentadas.

Por otra parte, para evaluar el efecto en la calidad del café de modificaciones y adiciones a la operación del desmucilaginado mecánico se desarrollaron 19 procesos de café por desmucilaginado mecánico, 7 en el laboratorio (unidades de trabajo de 3,0 a 4,5 kg de café en baba) y 12 procesos en finca (unidades de trabajo de 20 kg de café en baba). Se procesó café recolectado maduro, que no se clasificó por sifón, se despulpó y pasó por zaranda de motor, se usó agua de diferentes calidades para el desmucilaginado, además, tratamientos dejando el grano desmucilaginado sumergido en agua y sin agua, durante 18 horas antes de su lavado y secado. Se avanzó en el registro de las variables de seguimiento del proceso, empaque y almacenamiento de las muestras.

Diagnósticos de calidad del café de fincas.

Se efectuaron visitas a dos fincas empresariales para realizar el diagnóstico de las causas de los defectos contaminados, ahumados, sucios, vinagres y astringentes que se han detectado en el café producido en estas fincas. Mediante el registro de la trazabilidad de los procesos en el campo y en el beneficio del café en cada finca, y por la evaluación de la calidad en taza de muestras de café tomadas de las fincas, se efectuó el diagnóstico y se dieron recomendaciones para mejorar los procesos en el campo y en el beneficio, con el fin de controlar los defectos y mejorar la calidad del café producido.

Avance de la actividad “Aprovechamiento y valorización de los subproductos del café”.

Con el fin de aprovechar el ácido láctico que se produce en la fermentación del café y del mucílago de café, y para buscar métodos de conservación de los granos y los subproductos del café se escribió la propuesta CAFELACTIC y CAFEPRESION, (Caracterización, pre-tratamientos y utilización de sub-productos del proceso del café para la producción de ácido láctico por fermentación) y se planificó el trabajo colaborativo entre Cenicafé y el Instituto de Ingeniera Agrícola en Leibnitz Postdam- Bornim, ATB en Alemania.

Evaluación de la levadura *Kluveromyces marxianus* en la fermentación alcohólica de subproductos del café.

Se avanzó en el experimento que se desarrolla en la Universidad de Peoria (USA) con recursos de la OEA y con el objetivo de determinar el potencial de los subproductos del café en la producción de biocombustibles. De esta forma, se generaron los lineamientos básicos de un Modelo de Bio-refinería para el café que consiste en el desarrollo de estrategias para transformar los subproductos provenientes de la producción del café, en productos que le agreguen valor a la cadena productiva del café. Este modelo ha sido pensado para que alcance resultados a corto y mediano plazo, manteniendo la estructura actual del negocio cafetero.

En este modelo, además del componente económico, se han priorizado los factores sociales y ambientales, en donde adicional a la disminución de la carga contaminante al medio ambiente, la familia cafetera podrá recibir ingresos por el uso de los subproductos. El modelo permitirá integrar desarrollos que requieran de implementación de alta tecnología como el caso de la producción de biocombustibles a partir de la biomasa, mediante procesos de gasificación, pirólisis, fermentación alcohólica y metanización, entre otros. En el proyecto

participan ECPA, OEA, Cenicafé y USDA. Se ha logrado la transformación de mucílago, pulpa, tallos y borra de café, en etanol, metano, amonio, biodiesel, plástico y abono orgánico a escala de laboratorio. La segunda fase consiste en realizar un escalamiento a escala piloto utilizando fermentadores de 100 L.

Transformación de la pulpa de café mediante larvas de la mosca *Hermetia illucens*. Esta investigación tiene como objetivo caracterizar química y microbiológicamente la pulpa de café y evaluar sus posibles usos, así como estudiar el ciclo de vida de *Hermetia illucens* sobre la pulpa de café. En este período se evaluaron las temperaturas y densidades poblacionales para determinar las mejores condiciones

para la producción de biomasa y de abono orgánico a partir del cultivo de *H. illucens* sobre pulpa de café.

Aunque falta caracterizar el material obtenido, los resultados muestran que hay una influencia de la temperatura sobre el ciclo de vida de *H. illucens*, de este modo, es más corto el ciclo a temperatura de 25°C, comparado con las temperaturas de 20°C en donde la emergencia fue más tardía y con el ciclo a 15°C en donde a los 60 días, las larvas estaban en el quinto instar. Las pérdidas de peso en base seca de la pulpa de café transformada por *H. illucens*, fueron mayores en los tratamientos con menor densidad de larvas y en los tratamientos con menor profundidad en la capa de pulpa (Figuras 56 y 57).

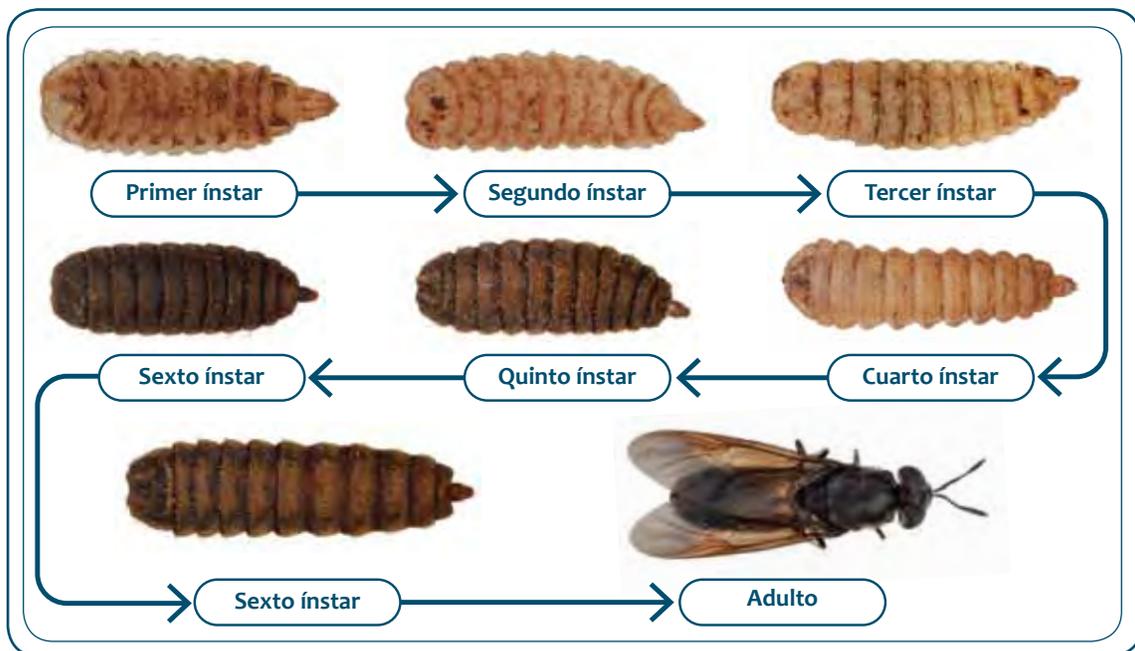


Figura 56. Ciclo de la mosca *Hermetia illucens*.



Figura 57. Mosca *Hermetia illucens* en pulpa de café.



Caficultura y Variabilidad Climática

Proyecto Caficultura y Variabilidad Climática

Línea CVC0100

Medir las amenazas y vulnerabilidades de identificar las oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática

Fortalecer, actualizar y ampliar la Red Climática Cafetera, como soporte para determinar la amenaza climática del subsector cafetero y de otros subsectores productivos agropecuarios que comparten el territorio.

Instalación de estaciones automáticas. La Red Meteorológica convencional está conformada por diferentes tipos de estaciones, la red automática tiene estaciones ordinarias, principales y de cuencas. Las características de estas estaciones se consignan en la Tabla 27.

En el 2013 se han instalado 69 estaciones. Dicha instalación se ha llevado a cabo siguiendo el protocolo técnico-administrativo definido (Figura 58); razón por la cual, una instalación está precedida por la selección del sitio, el acuerdo verbal de voluntades entre propietarios y representantes de la FNC, la firma de comodatos y la construcción de los cerramientos (Figura 59). Se tiene proyectado que al finalizar octubre de 2013 habrá 90 estaciones instaladas (Figura 60), y la segunda semana de noviembre 105 estaciones (Figura 61).

Como herramienta de administración de la Red Automática y de manejo y despliegue de la información

de la red climática en su conjunto se desarrolló mediante convenio interinstitucional con la Corporación Centro Internacional de Investigación e Innovación del Agua-CiAgua, la Plataforma Agroclimática Cafetera, que despliega en el enlace: <http://agroclima.cenicafe.org>, la cual se puede acceder en la intranet de Cenicafé.

Avances en los estudios relacionados con la vulnerabilidad riesgo cuantificados

Evaluación de pérdida de bases intercambiables por exceso hídrico, desarrollo y aplicación de un indicador de vulnerabilidad al exceso hídrico. La variabilidad climática asociada a los eventos de La Niña, trae consigo para la zona cafetera de Colombia incrementos en la precipitación entre un 20% a un 40%, respecto a las condiciones normales. Los eventos de La Niña en la zona cafetera Colombiana incrementan las lluvias durante los meses históricamente secos (diciembre a marzo y de junio a septiembre), estos incrementos en precipitación se convierten dentro del cultivo de café en mayor agua que se mueve por escorrentía o superficialmente en el lote y mayor percolación o movimiento del agua dentro del perfil del suelo, incluida la zona de raíces. El movimiento del agua dentro de la zona de raíces por percolación después de un evento de precipitación, viene acompañado del transporte de nutrientes disponibles para las plantas en la solución del suelo como bases intercambiables y otros cationes y aniones dependiendo del tipo de suelo, por tal razón en esta investigación se evaluó si hay diferencias en las pérdidas de bases intercambiables (calcio, magnesio y potasio) y emplear estas tasas de pérdida diferenciales como un criterio de vulnerabilidad al exceso hídrico generado por la variabilidad climática.

Tabla 27. Composición de las estaciones automáticas.

Elementos	Tipo de estación		
	Principal	Ordinaria	Cuencas
Datalogger	X	X	X
Sensor de lluvia	X	X	X
Sensor temperatura - humedad relativa	X	X	X
Sensor de radiación neta	X		
Sensor de radiación global		X	X
Sensor de velocidad de viento	X	X	
Sensor de contenido volumétrico de agua	X	X	
Sensor radiación ultravioleta	X	X	X
Sensor de presión barométrica	X	X	X
Sensor de radiación fotosintéticamente activa	X	X	
Panel Solar 20w	X	X	X
Cargador 12 v y batería recargable 7ah	X	X	X
Modem celular y antena 800 mhz	X	X	X
Sistema de protección de voltaje	X	X	X
Caja de encerramiento	X	X	X

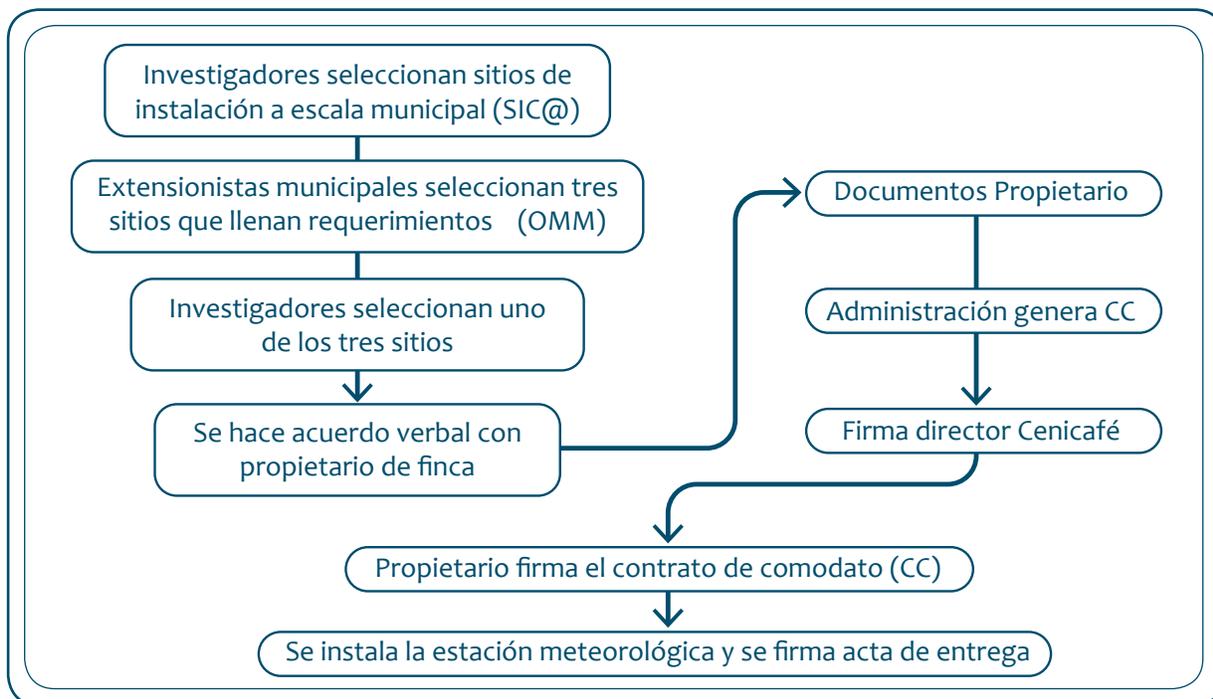


Figura 58. Esquema general de instalación de una estación meteorológica automática.



Figura 59. Estación meteorológica automática instalada (caso Anserma, Caldas).

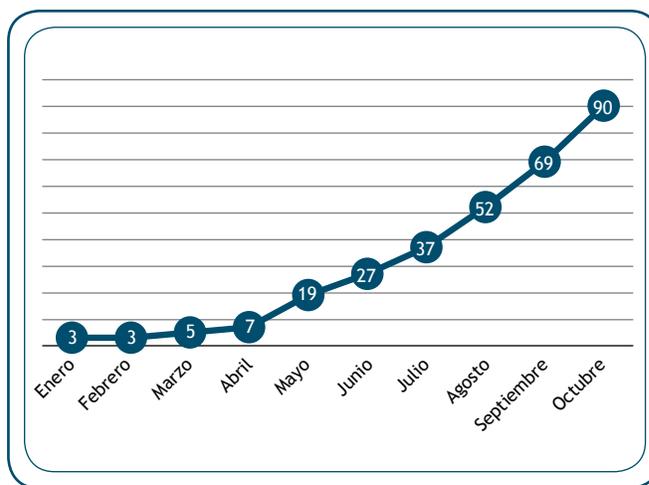


Figura 60. Historial de instalación de estaciones meteorológicas automáticas.

Durante los años 2011 y 2012 se muestrearon 20 unidades de suelos de la zona cafetera de Colombia de los departamentos de Caldas, Tolima, Santander, Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda y Antioquia (Tabla 28).

Las unidades de suelo que presentaron las mayores tasas de percolación fueron: Quindío, Llano Palmas, Montenegro, San Simón, Salgar, Doña Juana, Malabar y Roperó. De las 20 unidades de suelo analizadas en este estudio, se puede observar que en todas se presenta pérdida de bases intercambiables (Ca, Mg y K) por percolación, pero con tasas variables (Figura

62). Las unidades de suelos que presentaron las mayores tasas de pérdida de bases por percolación en su orden fueron: Unidad Llano Palmas con una tasa de pérdida de $10,74 \text{ mg/m}^2\text{-mm}^{-1}$, unidad Quindío con $9,98 \text{ mg/m}^2\text{-mm}^{-1}$, unidad Montenegro $6,92 \text{ mg/m}^2\text{-mm}^{-1}$ y unidad Chinchiná con $6,71 \text{ mg/m}^2\text{-mm}^{-1}$ (Figura 62 c). Mientras que las unidades con las menores tasas de pérdida de bases por percolación fueron: Doña Juana con $0,97 \text{ mg/m}^2\text{-mm}^{-1}$ y Fresno con $1,17 \text{ mg/m}^2\text{-mm}^{-1}$ (Figura 62 a).

Las tasas de pérdida de bases equivalentes por hectárea se presentan en la Tabla 2.

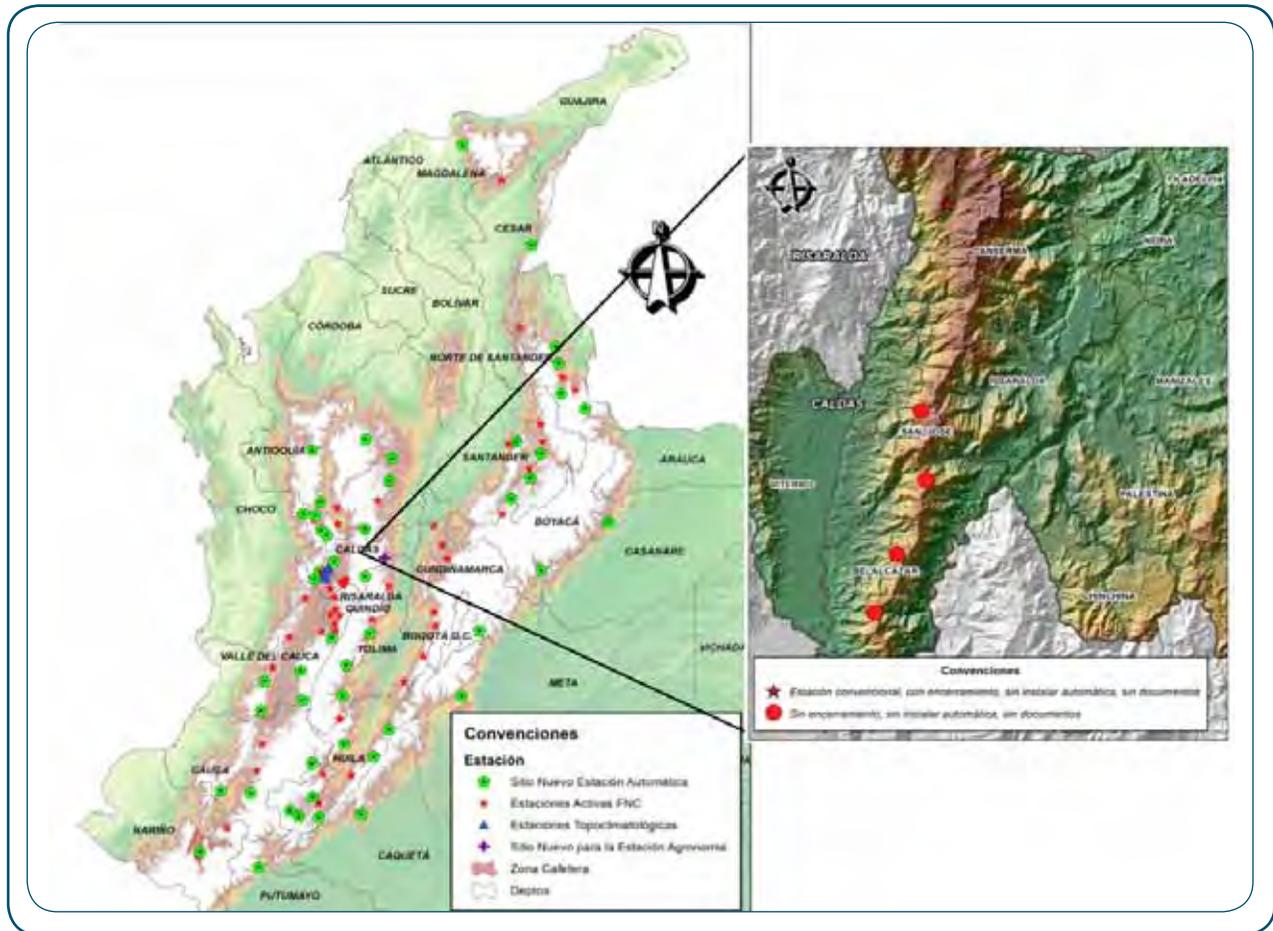


Figura 61. Red meteorológica automatizada proyectada para mediados de noviembre. A la derecha, estaciones de tipo cuenca en el departamento de Caldas, en el que además del clima se medirán variables biológicas (broca inicialmente).

Tabla 28. Unidades de Suelo muestreadas y analizadas.

Unidad	Sitio de Muestreo
Fresno (FRN)	Marquetalia-Caldas
San Simón (SN)	Ibagué-Tolima
Llano de Palmas (LLA)	Socorro-Santander
El Ropero (ROP)	Socorro-Santander
Doña Juana (DNS)	La Unión-Nariño
Timbío (TMB)	El Tambo-Cauca
Palacé (PL)	Piendamó-Cauca
200 (JMD)	Jamundí-Valle
Líbano (LIB)	Líbano-Tolima
Quindío (QUIN)	Buenavista-Quindío
Chinchiná (CH)	Chinchiná-Caldas
Montenegro (MON)	Montenegro-Quindío
Malabar (MAL)	Alcalá-Valle
Catarina (CAT)	Apía y Santuario-Risaralda
Suroeste (SUR)	Fredonia-Antioquia
Venecia (VEN)	Venecia-Antioquia
Salgar (SAL)	Salgar-Antioquia
Tablazo (TAB)	Manizales-Caldas
Chuscal (CHU)	Chinchiná-Caldas
Chinchiná2 (CH2)	Pereira-Risaralda

Indicador de vulnerabilidad- Pérdida Relativa de Bases (PRB). Con los resultados anteriores y tomando como punto de referencia arena de río secada al aire, pasada por el tamiz No. 4 y sometida a las mismas aplicaciones de bases y de exceso hídrico que las unidades de suelo, se observa que es posible estimar un indicador de vulnerabilidad a la pérdida de bases por exceso hídrico denominado pérdida relativa de bases (PRB), el cual indica qué tantas bases (Ca, Mg y K) se pierden respecto a la arena. Si la pérdida relativa de bases es inferior al 10% se califica como vulnerabilidad baja, entre 10% y 20% de vulnerabilidad media, entre 20% y 40% de vulnerabilidad alta y mayor al 40% de PRB de vulnerabilidad muy alta. De las 20 unidades de suelos muestreadas dos de ellas se categorizaron como de vulnerabilidad **baja** (Doña Juana y Fresno), diez de ellas de vulnerabilidad **media** (Ropero, Sur Oeste, Malabar, Líbano, Chuscal, 200, Chinchiná-Pereira, Tablazo, Catarina y San Simón), seis de las unidades se categorizaron como de vulnerabilidad **alta** (Timbío, Salgar, Venecia, Palace, Chinchiná-Naranjal y Montenegro), y dos de ellas como de vulnerabilidad **muy alta** (Quindío y Llano Palmas) (Tabla 29).

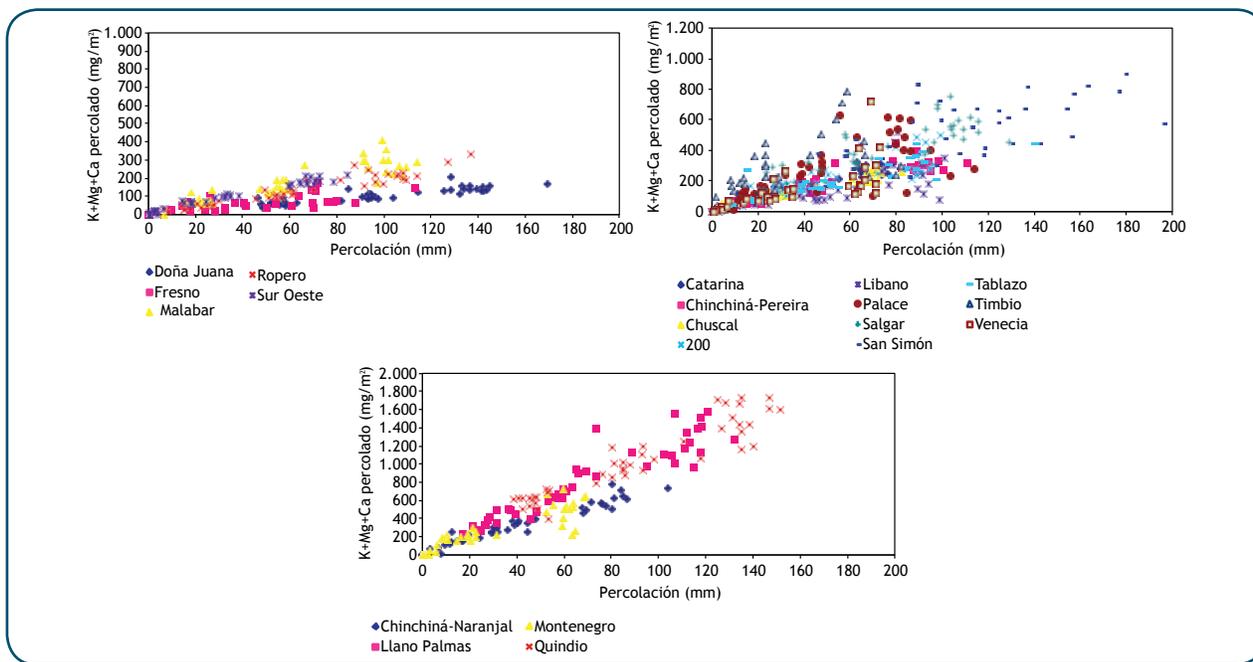


Figura 62. Pérdida de bases intercambiables (K+Mg+Ca) por percolación o exceso hídrico en 20 unidades de suelo de la zona cafetera de Colombia.

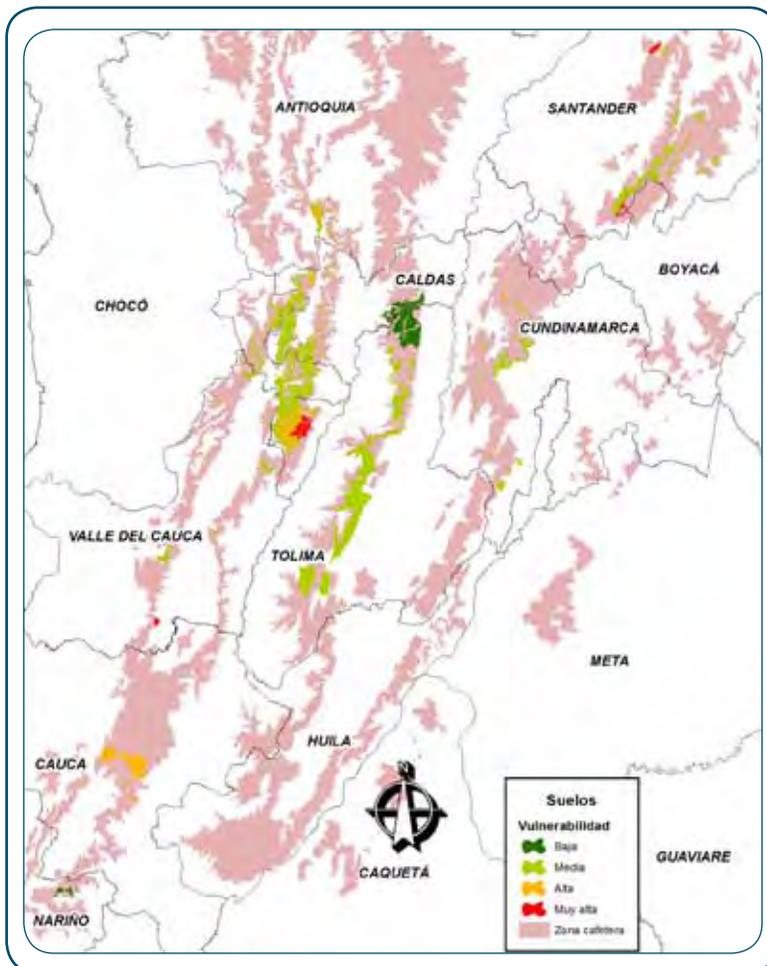


Figura 63. Vulnerabilidad de algunos suelos de la zona cafetera colombiana a la pérdida de bases intercambiables por exceso hídrico.

Tabla 29. Vulnerabilidad de algunas unidades de suelos de la zona cafetera Colombiana a la pérdida de bases intercambiables (Ca+Mg+K) por exceso hídrico.

Unidad de suelo	Pérdida Relativa de Bases (PRB) %	Vulnerabilidad	Área (ha)
Doña Juana	5,1	Baja	3.500
Fresno	6,1	Baja	47.479
		Subtotal	50.979
Ropero	10,9	Media	41.964
SurOeste	12,6	Media	823
Malabar	13,3	Media	21.252
Líbano	14,4	Media	24.769
Chuscal	15,3	Media	609
200	15,8	Media	45.261
Chinchiná	16,6	Media	134.481
Tablazo	17,2	Media	1.286
Catarina	18,1	Media	4.642
San Simón	19,6	Media	113.282
		Subtotal	388.370
Timbío	20,8	Alta	28.440
Salgar	21,0	Alta	2.417
Venecia	22,6	Alta	149
Palace	24,3	Alta	
Montenegro	36,1	Alta	25.299
		Subtotal	56.306
Quindío	52,1	Muy alta	11.064
Llano de Palmas	56,1	Muy alta	6.499
		Subtotal	17.562
		Total	513.216

Áreas cubiertas por cada unidad. Las 20 unidades de suelo consideradas en el estudio cubren 513.216 hectáreas de la zona cafetera de Colombia, de las cuales se puede afirmar que 50.979 tienen vulnerabilidad baja a la pérdida de bases por exceso hídrico, 388.370 hectáreas presentan vulnerabilidad media, 56.306 hectáreas presentan vulnerabilidad alta y 17.652 hectáreas presentan vulnerabilidad muy alta a la pérdida de bases por exceso hídrico (Figura 63).

De las 20 unidades de suelos consideradas en esta investigación se encontraron diferencias significativas en las tasas de pérdida de bases intercambiables (Ca, Mg y K) por el exceso hídrico, lo que permitió emplear éste como un criterio para el desarrollo de un indicador de vulnerabilidad de los suelos de la zona cafetera colombiana al exceso hídrico. De las unidades de suelo muestreadas, las unidades Quindío (departamento del Quindío) y Llano Palmas (departamento de Santander) fueron las unidades de suelo que mayor vulnerabilidad presentaron a la pérdida de bases intercambiables por exceso hídrico, y las unidades de suelo Doña

Juana (departamentos de Nariño y Cauca) y Fresno (departamento del Tolima), fueron las unidades de suelo que presentaron una vulnerabilidad baja.

LÍNEA CVC0200

Incrementar la certidumbre “Aprender del pasado, monitorear el presente, información para el futuro”

Recapturar la información histórica generada por Cenicafé de variables físicas, biológicas y productivas, y minería de datos, para la toma de decisiones y gestión de Riesgo

Recopilación, organización, digitalización y análisis de la información de suelos de los estudios de zonificación y uso potencial de las zonas cafeteras colombianas. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé) encomendaron a Consultorías y Estrategias de Producción Agroecológica y Cafetera, Coesagro EU la “Recopilación, organización, digitalización y análisis de información de suelos de los estudios de zonificación y uso potencial de las zonas cafeteras colombianas”. Por iniciativa del Programa de desarrollo y Diversificación de la Zona Cafetera Colombiana, de la Federación Nacional de Cafeteros durante el período 1972 a 1992 se realizaron estudios de zonificación de los departamentos con tradición cafetera, con el fin de identificar las áreas aptas para café y otros productos agropecuarios como caña de azúcar, cacao, plátano, hortalizas, frutales, forestales y pastos para ganadería.

El proceso de rescate de esta información de los estudios de zonificación y uso corresponden a materiales recopilados de Cenicafé y Coesagro. Se hizo inicialmente una revisión del contenido de los textos por departamento y de los mapas cartográficos en papel y en acetato. Se digitalizaron los textos a partir de una revisión exhaustiva y enriquecimiento técnico de los contenidos. Para la generación del Sistema de Información Geográfica se digitalizó y ajustó la cartografía. También se realizó la ubicación espacial de los perfiles de suelos. Así mismo, se realizó la digitalización y homogeneización de la información geográfica, un proceso complejo, debido a la calidad técnica y geográfica de las planchas originales con diferencias de escalas y procesos metodológicos a lo largo del período de ejecución de los estudios.

Se diseñó una estructura de base de datos a partir de la información de las unidades de suelos y las observaciones de campo con sus respectivos análisis

fisicoquímicos. Se organizaron geodatabases por departamento con metadatos, catálogo de objetos y relaciones entre las capas de información. Estas bases de datos geográficas se homogeneizaron y se reasignaron códigos a cada campo. Las relaciones creadas posibilitan el análisis entre unidades de suelos, las observaciones, la taxonomía y las características morfológicas y fisicoquímicas en cada estudio. La información de cada estudio se compone de una base de datos, un documento de respaldo y los mapas de las unidades de suelos. Por su contenido, estos estudios sirven de línea base para pensar en un ordenamiento del territorio acorde con la potencialidad de los usos de los suelos, la disponibilidad y acceso al agua, además de la participación efectiva de la población.

Inventario, recopilación y organización de la información existente. Se trabajaron 15 estudios de zonificación de 14 departamentos. Las características de la cartografía trabajada se indican en la Tabla 30.

Digitalización, revisión y análisis

Información de textos. Las tablas y textos fueron digitalizadas, las imágenes escaneadas corregidas e ingresadas. La información edáfica fue organizada en una tabla de datos por unidad, perfiles y comprobaciones como se indica en la sección de base de datos.

Base de datos. Se diseñó un formato para la captura de la información de suelos disponible en los estudios de zonificación, estableciendo los campos que se consideran importantes para el desarrollo de una base de datos con información útil sobre los suelos de la zona cafetera. El formato busca organizar

la información de las unidades y complejos de suelos descritos, así como de las observaciones (perfiles y muestras de comprobación) realizadas durante el desarrollo de los estudios.

Información geográfica. Esta etapa corresponde a los mapas de suelos que fueron digitalizados a partir del escáner de los mapas físicos a una escala de 1:20.000, se ubicaron al menos 15 puntos de control por plancha y se ajustaron. Se generó una geodatabase personal por estudio con los suelos (polígono), perfiles (puntos), perfiles por horizonte (tabla) y en caso de existir zona (tabla), comprobaciones (puntos) y comprobaciones por horizonte (tabla). Se unió la información de la tabla de datos de unidad a los polígonos de suelos y de perfiles o comprobaciones a los puntos correspondientes. Se generaron relaciones entre unidades-perfiles, perfiles-horizontes, unidades-zonas, unidades-comprobaciones y comprobaciones-horizontes para facilitar la consulta de la información.

Se realizaron mapas por estudio con la información de unidades y observaciones. Las unidades fueron graficadas dependiendo de su material parental con una paleta de colores de la siguiente manera: cenizas volcánicas (amarillo a naranja), materiales sedimentarios (azul a verde), materiales ígneos (rojo a morado) y materiales metamórficos (café y grises). Esto con el fin de dar una idea de la conformación de los suelos de manera visual. Se incluyó la cartografía base con los drenajes principales y secundarios, vías tipo 1 y tipo 2, cabeceras municipales, veredas, límites municipales y departamentales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi 2010, que fue suministrada por la Federación Nacional de Cafeteros al inicio del proyecto.

Tabla 30. Inventario de la información trabajada en el proyecto.

Estudio	Año	Planchas de suelos	Escala original	Cartografía base
Nariño	1975	6	1:50.000	Cartas originales del IGAC
Tolima	1973	7	1:125.000	Originales de investigaciones económicas de la Federación de Cafeteros y de la Sexta Brigada.
Cundinamarca	1974	4	1:100.000	Cartas originales del IGAC
Norte de Santander	1976	4	1:50.000	Cartas preliminares del IGAC
César-Guajira	1975	5	1:50.000	Cartas originales del IGAC
Cauca	1977	4	1:100.000	Cartas originales del DANE
Valle Del Cauca	1989	8	1:50.000	Cartas preliminares del IGAC
Quindío	1986	8	1:100.000	S.D.
Risaralda	1986	3	1:100.000	Cartas originales del IGAC
Caldas	1982	3	1:50.000	Cartas preliminares IGAC
Huila	1985	7	1:50.000	Cartas preliminares IGAC y DANE
Boyacá	1979	4	1:40.000	Cartas originales del IGAC
Santander	1979	7	1:40.000	Cartas preliminares del IGAC
Suroeste de Antioquia	1990	8	1:25.000 reducidas a 1:50.000	Planchas topográficas del IGAC
Oriente de Antioquia	1992	4	1:25.000 reducidas a 1:50.000	Planchas topográficas del IGAC
TOTAL		82		

Resultados. Los estudios de zonificación trabajados dieron como resultado 442 unidades y 327 observaciones que se digitalizaron, ingresaron a geodatabases por departamento y se alimentaron con la información existente en los estudios y complementadas por los expertos. El área total fue 3.752.535 ha de zona cafetera y zonas limitantes a mayor y menor altura.

Al 44% de las unidades no se les pudo asignar un tipo de unidad, ya que en la mayoría de casos son estudios exploratorios y no contemplaban la taxonomía de suelos en donde se incluyen las unidades cartográficas. En la Tabla 31 se observa que los estudios más recientes sí cuentan con esta información.

Tabla 31. Tipo de unidades de suelos, observaciones y área estudiada por estudio.

Nombre	Año	Suelos						Observaciones			Área estudiada (ha)
		Consociación	Asociación	Complejo	Otro	Sin dato	Total	Perfiles	Comprobaciones	Total	
Suroeste de Antioquia	1992	3	6	-	3	2	14	29	17	46	356.345
Oriente de Antioquia	1992	6	4	2	-	-	12	13	0	13	143.994
Boyacá	1979	-	-	-	-	12	12	15	6	21	92.469
Caldas	1982	9	16	67	-	1	93	54	0	54	394.610
Cauca	1978	-	-	-	-	36	36	30	0	30	258.384
Cesar	1976	-	-	-	-	6	6	7	0	7	21.776
Cundinamarca	1974	-	-	-	-	13	13	12	0	12	374.639
Huila	1985	5	22	5	1	41	74	28	0	28	399.147
Nariño	1975	-	-	-	-	16	16	11	0	11	24.152
Norte de Santander	1978	-	-	-	-	8	8	11	0	11	64.993
Risaralda	1988	9	10	-	-	6	25	16	0	16	273.545
Quindío	1986	-	-	22	-	-	22	14	0	14	122.307
Santander	1981	-	-	-	-	37	37	23	0	23	351.522
Tolima	1973	-	-	-	-	21	21	14	0	14	448.079
Valle del Cauca	1990	4	2	47	-	-	53	27	0	27	426.574
TOTAL		36	60	143	4	199	442	304	23	327	3.752.535

A continuación se presenta una descripción de las fortalezas, debilidades y recomendaciones de cada estudio.

Departamento	Tipo de estudio	Fortalezas	Debilidades	Recomendaciones
Suroeste de Antioquia	General	Define las áreas para el cultivo del café y otros productos de acuerdo a la oferta agroecológica. Incluye una descripción completa -a nivel de microrregión- de las actividades económicas, así como de los principales aspectos socioeconómicos, su descripción fisiográfica, hidrográfica, geológica, climática, microclimática, ecológica y de infraestructura (principalmente vial). Describe y clasifica las unidades de suelo de acuerdo a su origen y extensión en la zona alta, media y baja.	Ausencia de observaciones (perfiles de suelos y muestras de comprobación) en las zonas alta y baja. Falta información de análisis físicos de suelos.	Complementar los estudios con la información de suelos proveniente de los estudios de ecotopos, principalmente 102B, 103B, 104B, 105B, 202A y 203A. Es necesario ampliar el número de observaciones (perfiles y muestras de comprobación) para la caracterización semidetallada de los suelos de la zona cafetera del departamento.

Departamento	Tipo de estudio	Fortalezas	Debilidades	Recomendaciones
Oriente de Antioquia	General	Define la zona cafetera y sus características climáticas y edáficas, estableciendo -además- alternativas para su uso. Identifica las zonas de vida y caracteriza la zona cafetera en términos de su geología, tipos de unidades de suelo por zona climática y mineralogía por sección delgada, que permite conocer la procedencia de la fertilidad natural de los suelos. Establece un plan de manejo y su uso potencial por regiones.	Hace falta la descripción de observaciones (perfiles y muestras de comprobación) en las zonas alta y baja de algunas unidades. Faltan observaciones (perfiles de suelos) en áreas pequeñas, que podrían influir en los aspectos de uso y manejo de los suelos del departamento. Falta información de contenido pedológico y la identificación de las unidades cartográficas. La descripción de la localización de los sitios de muestreo se encuentra incompleta y dificulta la ubicación de dichos sitios. La descripción de topografía es confusa.	Ampliar el muestreo de perfiles y muestras de comprobación. Hacer un mapeo más detallado en sectores adecuados para café. Realizar un estudio semidetallado de los suelos en los sectores cafeteros del departamento.
Boyacá	Exploratorio	Describe los aspectos más generales de la zona y las regiones en las que se subdivide; incluye información climática, vial, de aspectos socioeconómicos, análisis climático por cuenca y por zonas. Describe la geología y las unidades de suelo teniendo en cuenta aspectos de su material parental, topografía y alternativas para su uso y manejo. Define zonas aptas para el cultivo del café, haciendo énfasis en casos particulares y estableciendo sugerencias para el establecimiento de cultivos de diversificación.	Hace falta la descripción de perfiles de suelos en áreas reducidas que podrían tener influencia en los aspectos relacionados con el uso y manejo del suelo. Ausencia de información relacionada con el porcentaje de cada uno de los suelos y por lo tanto, se desconocen las unidades cartográficas y el contenido pedológico de las mismas. La información relacionada con la descripción de los sitios de muestreo es insuficiente.	Es necesario hacer un estudio semidetallado de las zonas cafeteras del departamento y separar las diferentes fases de los suelos de acuerdo a su mineralogía. Es importante incluir un glosario de términos que facilite la comprensión de los contenidos del estudio.
Caldas	General	Describe los aspectos generales de la zona de estudio: Localización, orografía, fisiografía, hidrografía, aspectos climáticos, de ecología, viales, de mano de obra, tamaño y tenencia de la tierra, mercadeo y servicios. Para cada suelo se describieron perfiles identificando su contenido pedológico, unidad cartográfica y fertilidad, emitiendo un concepto sobre uso actual y potencial. El resumen permite tener una idea clara de cada uno de los aspectos involucrados en un estudio de zonificación, tales como el uso actual y potencial, el tamaño, tenencia y valor de la tierra y los principales aspectos socioeconómicos en cada una de las regiones.	En el oriente del departamento se presentan unidades con grandes áreas y suelos muy heterogéneos (como la unidad Pensilvania), que ameritan un mayor número de observaciones para su caracterización. Es necesario un mayor número de perfiles para la identificación de los suelos que se presentan en una misma unidad cartográfica.	Complementar la información con los estudios de los ecotopos 106B, 107B, 205A, 206A y 207A. Realizar un estudio semidetallado del área no contemplada en los estudios de ecotopos, principalmente el oriente del departamento. Realizar análisis físicos de suelos. Complementar la información de los estudios con balances hídricos.
Cauca	Exploratorio	Describe los aspectos más generales (fisiografía, orografía y climatología) de la zona cafetera del departamento, discriminada por regiones y cuencas. Para cada una de las zonas (norte, centro y sur) se identifican los tipos de suelos basado en la descripción de perfiles modales. Se definió y resaltó el papel de la meseta de Popayán como área óptima para el desarrollo de la caficultura, debido a la identificación y mapeación de seis unidades de ceniza volcánica. Se identificaron y delimitaron áreas para el desarrollo de cultivos de diversificación.	Hace falta un mayor número de observaciones (perfiles y muestras de comprobación) para la caracterización total de grandes extensiones. Ausencia en el reconocimiento de la zona oriental y occidental del departamento.	Complementar la información con los estudios de los ecotopos 215A, 217A y 218A. Aumentar el número de observaciones (perfiles y muestras de comprobación) en las principales zonas cafeteras del departamento. Adelantar el reconocimiento de los suelos de la zona oriental y occidental del departamento mediante estudios semidetallados. Realizar balances hídricos.

Departamento	Tipo de estudio	Fortalezas	Debilidades	Recomendaciones
Cesar	Preliminar	A pesar de ser un estudio preliminar, se describen los aspectos más generales de la zona cafetera del departamento del Cesar, incluyendo información de localización, orografía, hidrografía y clima para las dos regiones que se resaltan en el estudio: La Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía de los Motilones. Se incluye información vial, de población, mano de obra y mercadeo de productos; se describen los aspectos geológicos más importantes y se identifican los suelos de la zona cafetera, haciendo énfasis en su uso potencial.	No se cuenta con observaciones (perfiles y muestras de comprobación) para las zonas más representativas en el desarrollo de la caficultura, la Serranía del Perijá y de los Motilones. No se incluye información para la zona cafetera del Departamento de La Guajira.	Hacer un estudio semidetallado de suelos del área donde actualmente se cultiva el café, complementando la información con las áreas que se presentan vocación en el departamento de La Guajira.
Cundinamarca	Exploratorio	Describe los aspectos más generales de la zona cafetera del departamento, identificando los aspectos ecológicos, las principales formaciones geológicas y las características en términos de hidrografía, orografía y topografía. Incluye información de las características físico-químicas de los suelos y su susceptibilidad a la erosión, estableciendo recomendaciones en términos de su uso y manejo. Hace especial énfasis en las tendencias climáticas que tienen influencia en el desarrollo de los suelos, pero que también afectan las recomendaciones de uso y manejo.	Información incompleta en la descripción de perfiles en referencia a las necesidades actuales de información (identificación de tipo de unidad cartográfica, clasificación taxonómica y contenido pedológico, descripción de fertilidad, principalmente). Ausencia de conceptualización fisiográfica y morfológica a nivel regional. Los capítulos de resumen e introducción no permiten -en principio- tener una idea clara del uso actual y potencial de la región, ni de los aspectos físicos, geológicos y edáficos. Ausencia de archivo fotográfico. Información incompleta para la ubicación precisa de los sitios de descripción de los perfiles de suelos.	Complementar con determinaciones de laboratorio de las características físicas de los suelos del departamento. Incluir un glosario que permita facilitar el entendimiento del estudio. Realizar un estudio semidetallado de la zona cafetera actual.
Huila	General	Identifica y delimita áreas para el establecimiento de la caficultura a plena exposición solar, así como las que se deben dedicar a procesos de reforestación proteccionista. La clasificación taxonómica y el establecimiento del contenido pedológico permiten inferir la potencialidad agrícola de los suelos del departamento. Se incluye información detallada de los aspectos orográficos, climáticos, fisiográficos y socioeconómicos de la región.	Ausencia de algunas descripciones edáficas, en especial en los complejos de suelos. La información disponible para la localización de los sitios donde se realizaron las observaciones es insuficiente, lo que dificulta su ubicación. Información química incompleta impide establecer recomendaciones frente a las labores de fertilización.	Complementación de la información química y física de los suelos. Incluir un glosario que permita facilitar el entendimiento del estudio. Realizar un estudio semidetallado de la zona cafetera actual.
Nariño	Exploratorio	Describe los aspectos más generales de la zona cafetera del departamento, tales como localización, clima, aspectos ecológicos, hidrografía, orografía, aspectos socioeconómicos, de mano de obra y de infraestructura vial, distribución de las fincas por tamaño y tenencia, uso actual y mercadeo. Se identificaron y delimitaron áreas para la caficultura y el establecimiento de cultivos de diversificación.	Falta de detalle en la descripción de los suelos, especialmente en los relacionados con el contenido pedológico, la definición de unidades cartográficas y nomenclatura de los horizontes. Se describieron los perfiles más representativos de los suelos.	Complementar la información con los estudios del ecotopo 220A. Realizar un estudio semidetallado de la zona cafetera actual.

Departamento	Tipo de estudio	Fortalezas	Debilidades	Recomendaciones
Norte de Santander	Exploratorio	Describe los aspectos generales de la zona cafetera del departamento. Se da un concepto climático y de suelos por región departamental. Tiene una buena conceptualización del suelo por material de origen (rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas). Da una zonificación para café según el suelo y el clima. Propone proyectos de diversificación.	Carece de contenidos pedológicos, unidades cartográficas y más observaciones de campo.	Complementar con estudios semidetallados. Es importante hacer un análisis climático de las cuencas del Catatumbo y sectores de la cuenca del Magdalena y sus implicaciones de los microclimas de la región. Capacitación al personal técnico con los resultados y metodologías empleadas en el estudio.
Risaralda	General	Se da una descripción completa del departamento. Cuenta con un análisis del clima por vertientes de las dos cordilleras y la descripción de los suelos en las zonas climáticas alta, óptima cafetera y baja). Da un análisis detallado del uso potencial de cada uno de los suelos con sus alternativas de producción y manejo. Como complemento se anexó el estudio exploratorio de Pueblo Rico y San Antonio de Chamí. Los perfiles fueron descritos con las normas de la taxonomía de suelos y se da el contenido pedológico de la unidad. Las observaciones tienen análisis físicos de laboratorio.	No se describieron observaciones en las zonas marginales para café. El contenido pedológico de las unidades no cuenta con observaciones descritas para cada tipo de suelo presente indicado.	Complementar la información con los ecotopos cafeteros. Difundir la información del estudio y capacitar en los resultados encontrados.
Quindío	Exploratorio	Describe todos los aspectos generales del departamento. Hace una clara zonificación de la vocación de uso y manejo por fisiografía diferenciando los suelos de zona de vertiente de los ubicados en el abanico fluvio-volcánico de la zona central. Enfatiza en el manejo del agua de escorrentía y la no utilización de prácticas mecánicas para la evacuación de éstas en las unidades de zona de vertiente. Diferencia las unidades procedentes de cenizas volcánicas según el tamaño de grano y la influencia climática que actuó sobre cada una de ellas. Da recomendaciones puntuales de uso y manejo, en especial sobre el cultivo de la yuca. Tiene balances hídricos basados en una buena red climática. Tiene un buen archivo fotográfico sobre los principales aspectos determinantes del estudio y glosario.	Falta profundizar el capítulo roca-suelo, en especial para las unidades de vertiente. La no determinación del sodio y de elementos menores en algunas de las unidades impide tener un mejor conocimiento de la fertilidad natural de estos suelos y proponer programas de fertilización adecuados. No cuenta con análisis físicos de laboratorio. La descripción de la ubicación geográfica de las observaciones no es clara.	Complementar la información de laboratorio con análisis fisicoquímicos completos en especial en las unidades Montenegro y Quindío, ya que tienen un horizonte arenoso muy susceptible a los fenómenos del Niño y de la Niña. Actualizar la información climática y los balances hídricos ya que se dispone de una buena red meteorológica. Analizar en profundidad la problemática de las unidades Filandia y Malabar, introduciendo criterios económicos ajustados a la realidad.
Santander	Exploratorio	Se hace un trabajo regionalizado en las tres zonas en que se divide el departamento. Tiene una descripción completa de la zona. Geológicamente describe la amplia formación sedimentaria identificando materiales calcáreos y formaciones ácidas que limitan el uso del suelo para el cultivo del café. Cuenta con un análisis climático regional y su efecto en los microclimas de la región. Se da una buena descripción de los suelos y las recomendaciones de uso.	Una amplia existencia de complejos que son posibles de separar. Se documentaron pocas observaciones respecto al área reconocida.	Hacer una capacitación del personal técnico con la información del estudio. Complementar con estudios semidetallados, observaciones de campo, análisis de laboratorio fisicoquímicos y balances hídricos por unidad de suelo.

Departamento	Tipo de estudio	Fortalezas	Debilidades	Recomendaciones
Tolima	Exploratorio	Da una descripción completa del departamento y se conceptualiza en las zonas norte, centro, sur y oriente, en las que se divide. Se hace una asociación clara de la geología con el material parental y su relación con las diferentes unidades de suelos. Se identificaron zonas potencialmente aptas para café como los municipios de Líbano y Fresno, en los que se desarrolló una importante región cafetera. Todas las unidades de suelos cuentan con un perfil descrito.	El nivel del estudio es exploratorio. Carece de análisis físicos de laboratorio y la descripción de las diferentes fases de desarrollo de los suelos pues se describe el perfil más desarrollado. Se pueden dar inexactitudes por la cartografía empleada -originales de investigaciones económicas de la Federación de Cafeteros y de la Sexta Brigada- y vacíos en algunos sectores. No se pudieron visitar importantes zonas del sur por problemas de orden público.	Complementar con estudios semidetallados, observaciones de campo, análisis de laboratorio fisicoquímicos y balances hídricos por unidad de suelo.
Valle del Cauca	Exploratorio	Describe aspectos generales del departamento y tiene un capítulo de regionalización agropecuaria que aclara los aspectos que determinan el uso y manejo de zona. Cuenta con la descripción amplia de los perfiles y balances hídricos. Como información de respaldo incluye un buen archivo fotográfico sobre los principales aspectos determinantes del estudio y glosario.	Los mapas de suelos muestran básicamente complejos y no unidades puras, lo que dificulta su conceptualización. Al no determinar el sodio y los elementos menores se dificulta la correcta determinación de la aplicación de fertilizantes. Hay dificultad en la ubicación geográfica del sitio de descripción.	Ajustar las unidades reduciendo los complejos y teniendo como base un solo material de origen. Esto se puede hacer con un estudio semidetallado en las áreas cafeteras del departamento.

Recaptura de información de Experimentos de Cenicafé de varias disciplinas. Se diseñó un formato para el registro de los datos de recaptura (Figura 64), teniendo en cuenta la información básica de la investigación, el diseño experimental, el tipo y el número de variables físicas, biológicas o productivas y otra información relevante para el experimento.

Se realizó un análisis y diseño de una base de datos relacional para almacenar y registrar la recaptura de la información histórica de las investigaciones (Figura 65).

Se inició el proceso de depuración de la información de recaptura teniendo en cuenta los parámetros de la investigación, el diseño experimental de la investigación, medición de variables físicas, biológicas y productivas y otra información relevante a la investigación para el cargue de la base de datos relacional. Por último, se inició el proceso de cargue de la información de recaptura en la base de datos relacional de la información que cumpla el proceso de depuración (Figura 5). Es de anotar que en la actualidad se cuenta con más de 2 millones de datos recapturados, provenientes de más de 100 investigaciones, que representan más de 2 millones de registros listos para cargar a la base de datos relacional, además de los más de 1 millón de registros provenientes del proceso de recaptura de datos climáticos.

En general, la cantidad de datos recapturados por disciplina y disponibles en la base de datos diseñada, se presenta en la Tabla 32.

Tabla 32. Total de registros disponibles en la base de datos de recaptura por disciplina a la fecha del informe.

Disciplina	Registros
Agroclimatología	2.100.000
Fitotecnia	4.517.480
Entomología	1.562.283
Mejoramiento Genético	273.438
Fisiología	1.234.521
Patología	24.960
Total	9.712.682

Validación en el campo del método de muestreo en surcos, para la estimación de la infección por roya. Para el desarrollo de esta actividad se seleccionaron tres lotes en la Estación Central Naranja (Caturra orgánico 14, 15 y 16) y dos lotes de la Estación Experimental La Catalina (Chapulín y Cítricos). En cada uno de éstos se evaluó la infección por roya, aplicando dos métodos de muestreo: El muestreo aleatorio (método 1) y el método del plan surco (método 2). El muestreo aleatorio simple consistió en seleccionar en forma aleatoria 60 árboles, en cada uno de los cuales

se eligió una rama de la zona productiva con el mayor número de hojas y se contó el número total de ellas y cuántas de éstas presentaron roya. Para el método del plan surco se seleccionan 60 árboles, ubicándose en el árbol central del primer surco, a partir del cual se inició la trayectoria en línea recta a través de los surcos, en los cuales el número de árboles a seleccionar por surco dependió del número de surcos en el lote, es decir, si se tenían 120 surcos se seleccionaba un árbol en un surco de por medio o si por el contrario se tenían 30 surcos, se elegían dos árboles por surco. Tanto para el muestreo aleatorio como para el muestreo en surcos se registró el número total de hojas y cuántas de éstas presentaban roya en una rama del árbol.

En la Tabla 33 se presentan los intervalos de confianza para el parámetro de razón hojas afectadas por roya en el lote, a partir de un muestreo aleatorio simple, además de la estimación puntual del parámetro razón con el muestreo en surcos, a partir de un total de 41 evaluaciones realizadas entre todos los lotes.

Los valores de la Tabla 33 se construyeron teniendo en cuenta que el estimador de razón, implica el cociente de dos variables, las cuales están sujetas a errores de muestreo. En este caso, cada uno de las unidades de muestreo (árboles) posee los valores de las dos características, número de hojas en una rama (x_i) y el número de hojas con roya en la misma rama (y_i). El método de estimación de razón, requiere de la medición de las dos variables, en cada unidad de muestreo.

Con el estimador de razón obtenido en la muestra seleccionada aleatoriamente, se observa que los límites del error de estimación para la razón hojas afectadas por roya en el lote, fluctúan entre 1,6% y 6,0%, donde el 50% de los intervalos construidos no superan el 3,3% de error. El 80% de las estimaciones puntuales para el estimador de razón obtenida a partir del plan de muestreo en surcos, están contenidas en los respectivos intervalos para el parámetro de razón hojas afectadas por roya en el lote, obtenidos a partir de la muestra aleatoria simple.

En cuanto al tiempo invertido con el método en surcos para contar en 60 árboles, el número total de hojas y el número de éstas con roya seleccionando una sola rama del árbol, oscila entre 35 y 45 minutos por lote, con dos operarios, mientras que con el muestreo aleatorio se invierte mínimo una hora, en hacer dichas lecturas.

Dado que al revisar la proporción de casos puntuales estimados para la razón hojas afectadas por roya en el lote con el método de plan surco, el 80% están contenidos en los intervalos obtenidos con el

Tabla 33. Intervalo para la estimación del parámetro de razón hojas afectadas por roya en el lote, según el muestreo aleatorio simple y estimación puntual de razón obtenida con el plan surco para cada lote.

Lote	Muestreo aleatorio		Plan surco
	Límite inferior	Límite superior	Razón
1	11,1	17,6	13,4
2	23,0	34,9	27,1
3	7,6	12,8	12,0
4	5,0	10,9	11,9
5	15,9	23,3	14,4
6	15,2	22,7	17,8
7	20,2	25,3	21,3
8	12,2	18,5	14,2
9	6,4	11,1	10,6
10	30,5	41,5	31,4
11	5,0	9,1	8,5
12	36,6	45,3	45,2
13	2,5	5,7	5,2
14	18,2	24,7	21,0
15	24,5	33,0	27,4
16	33,8	39,5	35,7
17	33,4	44,2	37,4
18	25,9	31,5	27,2
19	23,9	32,8	33,7
20	27,1	35,2	35,3
21	30,2	37,5	31,3

muestreo aleatorio y que el error de la proporción de casos que están incluidos en dichos intervalos es inferior al 10%, se concluye que no es necesario realizar más evaluaciones en el campo. Es de importancia resaltar que las diferencias absolutas entre los valores estimados con el muestreo en surcos y los estimados con el muestreo aleatorio, no superan el 5,3%.

Respecto a la hipótesis de investigación, ésta no se corrobora, dado que la proporción de casos en los cuales la estimación puntual para la razón de infección por roya en el lote está contenida en el intervalo de razón estimado para la infección por roya, bajo un muestreo aleatorio simple, no es mayor del 90%.

Por lo tanto se dispone de una herramienta para el diagnóstico rápido y eficiente, de la infección por roya en un lote, con un error inferior al 5,3% y la estimación tiene una probabilidad del 80% de ser igual a la obtenida con un muestreo aleatorio simple.

Proyección. Recomendar el método de muestreo en surcos para el diagnóstico de niveles de infección por roya en el lote, con un error inferior al 5,3% y la estimación tiene una probabilidad del 80% de ser igual a la obtenida con un muestreo aleatorio simple.

La planta y su plasticidad fenotípica como herramienta de adaptación

Efecto de compuestos hormonales sobre la floración del cafeto. Con el objetivo de determinar el efecto que compuestos hormonales y bioestimulantes tienen sobre la diferenciación y rompimiento de latencia de botones florales de café, se estableció un experimento bajo las condiciones experimentales de Cenicafé-Planalto, donde se seleccionaron 70 plantas, entre 9 meses y 1 año, de *C. arabica* Variedad Castillo®, que no hubieran florecido, con nudos en estado indiferenciado. Posteriormente, se seleccionaron tres ramas por planta y se realizó la aplicación dirigida a los nudos de seis productos comerciales (diez plantas por producto) caracterizados como bioestimulantes. El estado de desarrollo del nudo fue monitoreado semanalmente. La dosis aplicada correspondió a la recomendada por el fabricante. Se realizó una aplicación a los nudos indiferenciados y otra cuando los botones florales estaban en estado latente. Como testigo se tomaron diez plantas con las mismas características mencionadas, a las cuales no se les realizó ninguna aplicación.

La primera etapa de la floración está determinada por la capacidad que tenga un nudo de iniciar el desarrollo floral. Se observó cómo las plantas asperjadas con el compuesto hormonal 4 iniciaron su proceso de diferenciación floral 14 días después de la aplicación, en contraste con el testigo (1) y los demás tratamientos que iniciaron este proceso 56 días después, cuando el 15% de los nudos tratados con el compuesto 4 se encontraban diferenciados (Figura 1). Sin embargo, una vez alcanzado el tiempo mínimo requerido para el inicio de la diferenciación (56 días aproximadamente) se observó una rápida respuesta en los nudos tratados con el compuesto 2, alcanzado el 85% de nudos diferenciados después de 97 días de la aplicación, en contraste con el 61% en el testigo (Figura 66).

Se puede concluir que el tratamiento 4 podría contribuir a la diferenciación floral en café, mientras que el tratamiento 2 la concentraría; sin embargo, para corroborar estos resultados es necesario evaluar el efecto dosis, para determinar si es posible replicar y magnificar este resultado.

Al analizar a través del tiempo la distribución de los nudos que alcanzan el estado de anthesis en las diferentes evaluaciones, se observó que en el tratamiento 2 este proceso es más precoz (Figura 67). Es así como a los 60 días después de aplicación, el 35% de los nudos tratados con el compuesto hormonal 2 alcanzaron la floración comparado con el 23% del testigo. A los 78 días, el 43% de

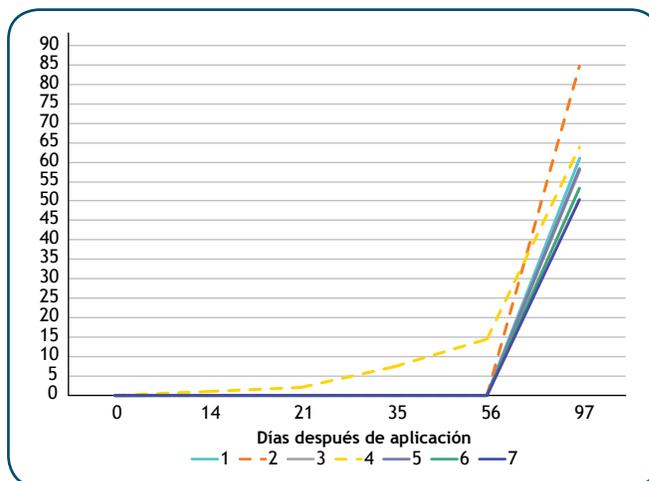


Figura 66. Porcentaje acumulado de diferenciación floral en los diferentes tratamientos. (1) Testigo.

los nudos del tratamiento 2 habían florecido, mientras que el 29% del testigo habían alcanzado este estado. A los 109 días después de aplicados los tratamientos se alcanzó el máximo evento de floración para todos los tratamientos y para el testigo. Sin embargo, a los 203 días, el 75% de los nudos evaluados en la plantas testigo habían florecido, mientras que el 83% de los nudos en el T2, y el 90% en T3 y T6 habían alcanzado dicho estado (Figura 67).

Al analizar el número promedio de flores por nudo, se observa que en el tratamiento 4 se producen más flores por nudo (3,5), comparado con el testigo (2,6) (Figura 68).

Los resultados obtenidos sugieren que el compuesto hormonal 2 podría acelerar el rompimiento de la latencia de los botones florales de café y, por ende, hacer que florezcan precozmente comparado con el testigo (no tratado).

Experimentos futuros incluirán la evaluación de diferentes dosis, así como la inclusión de nuevos compuestos o mezclas balanceadas de los mismos para determinar su efecto sobre la diferenciación y apertura floral del cafeto.

Determinación del efecto de variables ambientales sobre la floración del cafeto. La floración es un parámetro principal de la producción del café, por lo cual es importante conocer los mecanismos ambientales y genéticos que la regulan. La floración del cafeto se desarrolla en cuatro etapas: 1) Inducción, diferenciación y desarrollo de las yemas, 2) Desarrollo de las inflorescencias, 3) Latencia y 4) Anthesis. Cuantificar los factores ambientales que desencadenan dicho proceso se

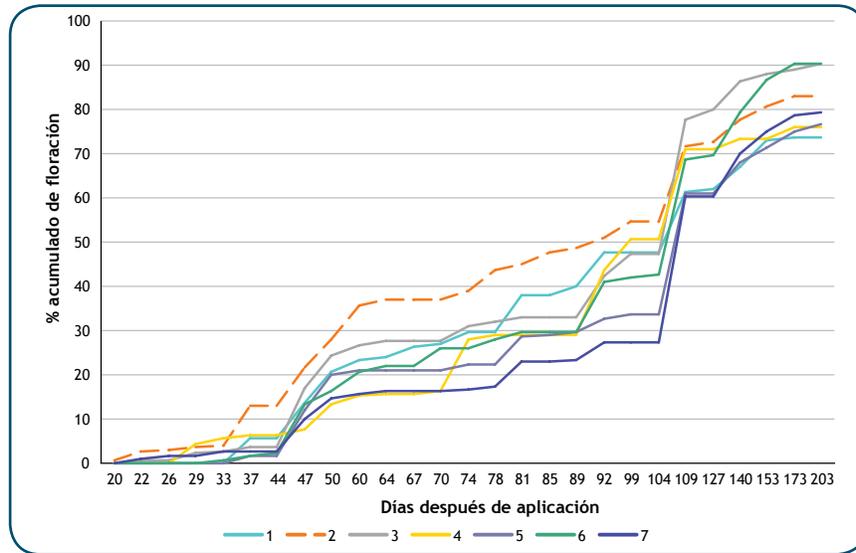


Figura 67. Porcentaje acumulado de nudos con botones en estado de antesis (apertura floral) en los diferentes tratamientos. (1) Testigo.

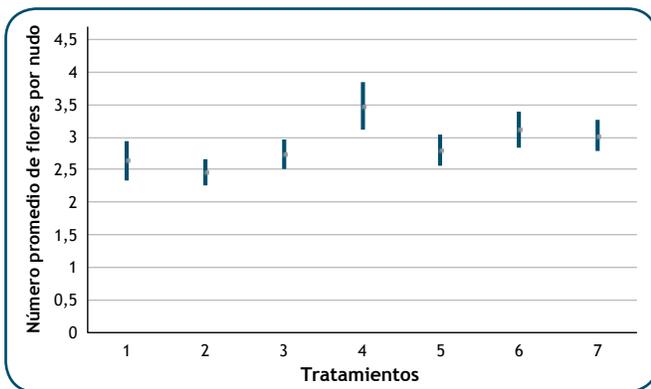


Figura 68. Número promedio de flores por nudo por tratamiento. (1) Testigo.

constituye en la mejor herramienta para predecir su comportamiento y a futuro poder regularlo. Es así como se determinó bajo condiciones controladas la influencia del fotoperíodo (duración del día) y de la amplitud térmica (diferencia entre la temperatura diurna y nocturna) sobre la diferenciación y posterior apertura floral del cafeto.

Para el fotoperíodo se realizó un cambio paulatino en la duración del día, simulando las condiciones propias de la zona cafetera del norte del país (10°LN), en las que a través del año hay un incremento gradual y posterior disminución de las horas luz, de 72 minutos aproximadamente, entre los meses de junio y diciembre.

Al igual que con el fotoperíodo, el efecto de la amplitud térmica se evaluó sometiendo las plantas a cambios moderados simulando condiciones ambientales propias

de la región cafetera del norte del país, donde se incrementa gradualmente la amplitud térmica entre 8 y 15°C.

Dichos experimentos se realizaron bajo condiciones controladas, donde sólo variaba la condición evaluada (fotoperíodo o amplitud térmica). Las demás condiciones ambientales permanecieron constantes a lo largo del experimento. Las plantas fueron sometidas a los tratamientos durante 5-6 semanas (Figura 69).



Figura 69. Plantas sometidas a los tratamientos bajo condiciones ambientales controladas (Fitotron).

Estudios previos demostraron que para café existe correlación entre la ubicación latitudinal y la floración. En Colombia, para regiones ubicadas a 2° LN, dicho evento fenológico está relacionado con días largos y estrés por déficit hídrico, al contrario en las estaciones ubicadas por encima de 4,5° LN donde una disminución de 30 minutos en la duración del día entre los meses de junio y diciembre, podría estar relacionado con la floración. Así mismo, se ha demostrado que variaciones drásticas de fotoperíodo neutrales (12HL:12HO) a días largos (16OL: 8HO) no tienen influencia sobre la diferenciación o rompimiento de latencia de botones florales de café.

Los resultados obtenidos sugieren que pequeños cambios en la duración del día –propios de regiones ecuatoriales- tienen un efecto marcado sobre la diferenciación y posterior apertura floral en café, haciendo que estos eventos se presenten más precozmente, comparado con aquellas plantas sometidas a días neutros (12 horas luz y 12 horas oscuridad).

Es así como 40 días después de aplicado el tratamiento las plantas que estuvieron expuestas a variaciones en la duración del día alcanzaron un 35% de nudos diferenciados comparadas con las plantas testigo, que para ese día apenas iniciaban dicho proceso (Figura 70).

Para las plantas tratadas, la apertura floral dio inicio 40 días después de aplicado el tratamiento. El 30% de los nudos de las plantas sometidas a variación en el fotoperíodo florecieron 80 días después de aplicado el tratamiento, comparados con los nudos de las plantas testigo que alcanzaron esa misma proporción 160 días después de aplicado el tratamiento (Figura 71).

Los resultados obtenidos sugieren que el fotoperíodo es un factor ambiental determinante tanto en el proceso de diferenciación como en el rompimiento de latencia de los botones florales de café.

En cuanto al efecto de la amplitud térmica sobre la diferenciación floral de café, no se observaron diferencias entre los nudos tratados y los nudos de plantas testigo. Sin embargo, los resultados sugieren que la amplitud térmica sí tiene influencia sobre el rompimiento de la latencia de los botones florales de café (Figura 72). Aproximadamente, 50 días de aplicado el tratamiento, las plantas comenzaron a florecer. A los 90 días, el 20% de los nudos tratados tenían botones florales en estado de preantesis, comparados con el 3% de los nudos de las plantas testigo (Figuras 73 y 74).

La regulación de la diferenciación floral en café está asociada con el fotoperíodo, mientras que el rompimiento de latencia está más relacionado con la amplitud térmica. Es así como, la acumulación gradual de cambios en la amplitud térmica cuando los nudos están definiendo su desarrollo (floral o vegetativo), aceleran el inicio de la apertura floral 40 días, comparado con plantas no tratadas. Experimentos realizados en la zona cafetera colombiana coinciden con lo encontrado en esta investigación, al establecer una correlación entre amplitud térmica y floración, específicamente en la zona de Santander.

Aplicativo para identificación digital de gráficas análogas de temperatura y humedad relativa.

El objetivo de este proyecto consiste en diseñar una aplicación funcional para la captura digital de datos de temperatura y humedad relativa a partir de registros físicos generados por el termohigrógrafo de cada estación meteorológica (Figura 75). En la actualidad, una persona captura visualmente tres datos diarios 7:00 am, 1:00 pm y 7:00 pm de temperatura y humedad, lo cual es una tarea manual que requiere de la interpretación del usuario para evaluar los datos.

El procedimiento inicial fue la realización de pruebas con las gráficas de temperatura y humedad

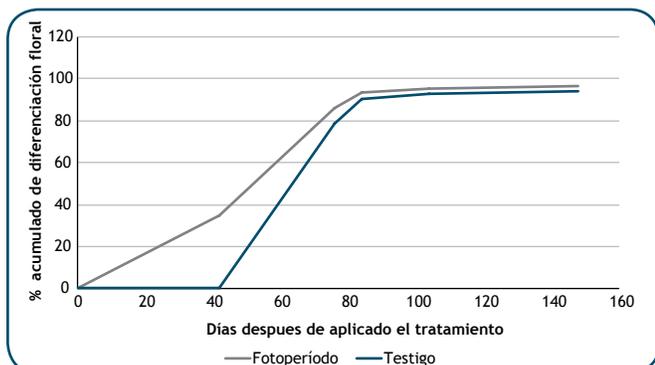


Figura 70. Efecto del fotoperíodo sobre la diferenciación floral en café. Porcentaje acumulado de nudos que presentan diferenciación floral en plantas testigo y tratadas.

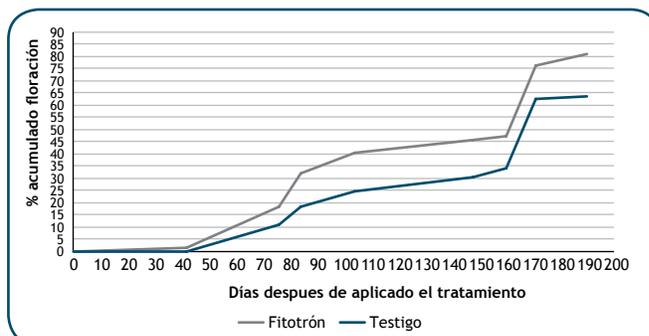


Figura 71. Efecto del fotoperíodo sobre la apertura floral del café. Porcentaje acumulado de nudos con botones en estado de antesis (apertura floral) en plantas testigo y tratadas.

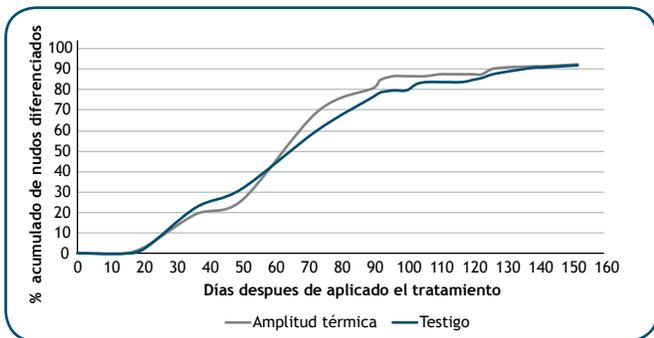


Figura 72. Efecto de la amplitud térmica sobre la diferenciación floral en café. Porcentaje acumulado de nudos que presentan diferenciación floral en plantas testigo y tratadas.

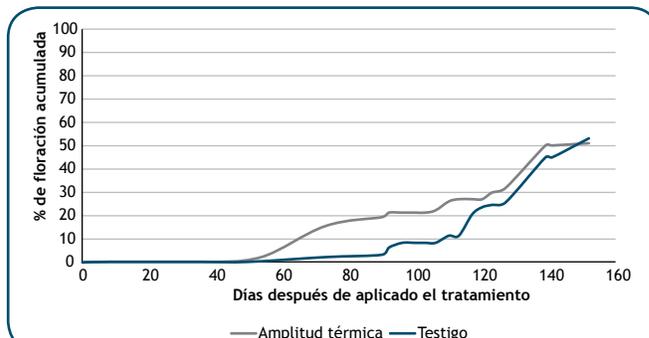


Figura 73. Efecto del fotoperíodo sobre la apertura floral del cafeto. Porcentaje acumulado de nudos con botones en estado de antesis (apertura floral) en plantas testigo y tratadas.



Figura 74. Comparación de la apertura floral en plantas testigo y plantas sometidas a cambios graduales en la amplitud térmica, 90 días después de aplicado el tratamiento.

(Figura 76) con el fin de evaluar la viabilidad de clasificar los datos mediante umbrales de color en cada una de las bandas. Para esto, se digitalizó un gráfico en un escáner a distintas resoluciones para luego definir una configuración final de 75 dpi, dado que proporcionaba un dato confiable y a su vez una mayor rapidez en el tiempo de digitalización. Luego, se procedió a tomar diferentes medidas tanto en píxeles como en milímetros para hallar expresiones matemáticas como relaciones polinómicas para la gráfica de humedad y ecuación de arco para la parte horaria que permiten un buen ajuste de los datos.

En cuanto al manejo de la aplicación, el primer paso es realizar un filtrado inicial de identificación de cada una de las variables, donde se requiere de un segundo filtrado para depurar el ruido propio de la imagen. Éste consiste en marcar el área específica donde se encuentra la línea de la gráfica y en un paso borrar todos los elementos extraños a los datos, esto se denomina enmascarar la imagen a partir de un área de interés (Figura 77).

El siguiente paso es evaluar dentro de las ecuaciones mencionadas los datos leídos, con el fin de extraer en un archivo (.csv) la totalidad de datos, éste puede ser cargado desde Excel (Figura 78). Con esta aplicación



Figura 75. Termohigrógrafo.

es posible capturar datos cada 15 ó 20 minutos aproximadamente, con un margen de error cercano a $< 0,5^{\circ}\text{C}$ para la temperatura, mientras que para la humedad el error se estima $< 3,0\%$.

Dado que ésta es la primera versión de la aplicación, se debe tener en cuenta la fase de desarrollo de una interfaz más intuitiva al usuario, ya que

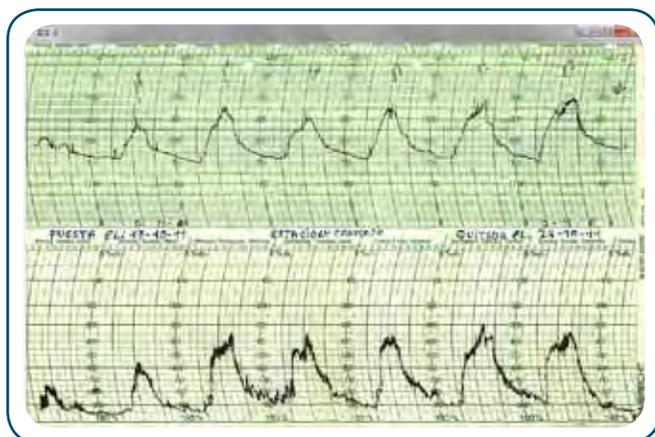


Figura 76. Gráfica de temperatura y humedad.

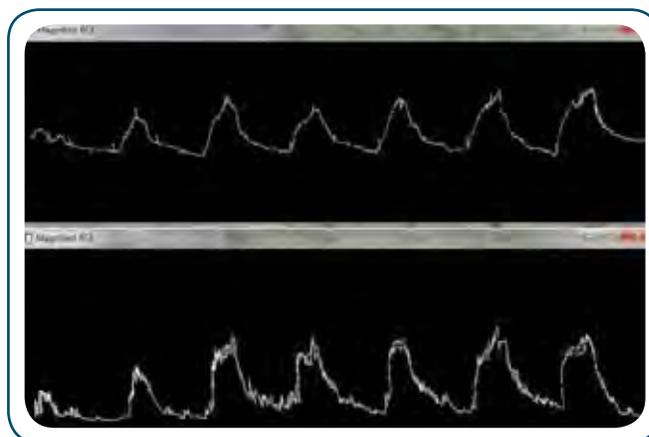


Figura 77. Filtro y máscara de la imagen para cada una de las variables.

evidentemente los datos siempre estarán sujetos a la interpretación del usuario. Posteriormente, se plantea crear el módulo para captura de datos de la gráfica del pluviógrafo.

Medición de flujos de dióxido de carbono, agua y componentes del balance de energía en sistemas de producción de café a libre exposición solar y sistemas agroforestales. Entender la dinámica de intercambio de Carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O) en sistemas de producción de café permitirá avanzar en el desarrollo de indicadores y modelos de adaptación a condiciones de clima cambiante, permitirá avanzar en el entendimiento de la dinámica de los flujos netos de CO_2 y de H_2O de dos agro-ecosistemas cafeteros tipo (cafetales a libre exposición y cafetales con sistemas agroforestales), y cuantificar su relación con variables meteorológicas, micrometeorológicas y fisiológicas.

En el marco del proyecto “Preparando tecnológicamente la caficultura frente a la oferta climática cambiante” cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), se instalaron en la Estación Experimental Paraguacito dos estaciones micrometeorológicas denominadas como “eddy covariance” o estaciones de medición de “flujos turbulentos”. Estas estaciones permiten la medición a nivel *in-situ* de flujos de gas carbónico (CO_2), vapor de agua (H_2O), componentes del balance de energía y otras variables micro-meteorológicas de interés como la humedad del suelo, la temperatura del aire al interior del cultivo, la permanencia de una película de agua en las hojas, la radiación fotosintéticamente activa y la radiación global.

El sistema de medición de flujos turbulentos “eddy covariance” es una técnica que mide en intercambio total de CO_2 y H_2O a escala de ecosistema, que ha ido ganando utilidad y uso a nivel mundial. La medida de los flujos turbulentos ha brindado una oportunidad a

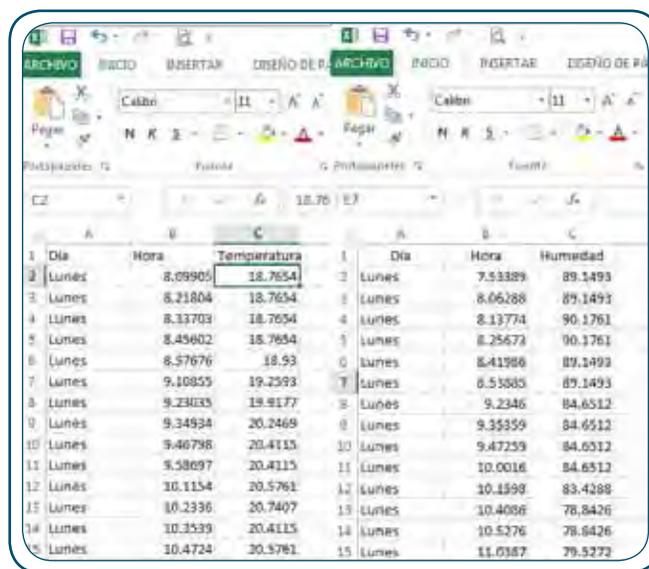


Figura 78. Datos de la gráfica capturados.

los investigadores para determinar cuáles ecosistemas o agroecosistemas son fuentes o vertederos de CO_2 . El flujo resultante de CO_2 medido por los instrumentos montados sobre el “dosel” de los ecosistemas o agroecosistemas se le conoce como Intercambio Neto del Ecosistemas o Productividad Primaria Neta (PPN), y es en realidad la mejor estimación de cuánto carbón está tomando de la atmósfera el ecosistema o agroecosistema. La medición de los flujos de vapor de agua son una medición de la evapotranspiración del ecosistema.

Resultados. La humedad relativa dentro del cafetal bajo sombra es mayor durante las horas del día que en el cafetal a libre exposición solar (Figura 79), la temperatura del aire dentro del cafetal es ligeramente mayor en el cafetal a libre exposición solar a primeras horas del día y al caer la tarde (Figura 80).

Los flujos de dióxido de carbono (CO_2) en ambos sistemas de producción se hacen negativos a las 08:00 horas de día hasta las 16:30 horas, y en este lapso de tiempo fueron más negativos para el sistema agroforestal (café+guandul) que para el sistema a libre exposición solar, lo que significa que hay una mayor fijación o consumo de CO_2 en el sistema agroforestal

(Figura 81). En la noche no se observan diferencias en los flujos en ambos sistemas de producción.

Los flujos de calor latente durante el día son mayores en el sistema agroforestal (café+guandul) que en el sistema a libre exposición solar (Figura 82) y en la noche tiende a cero en ambos sistemas de producción, lo que

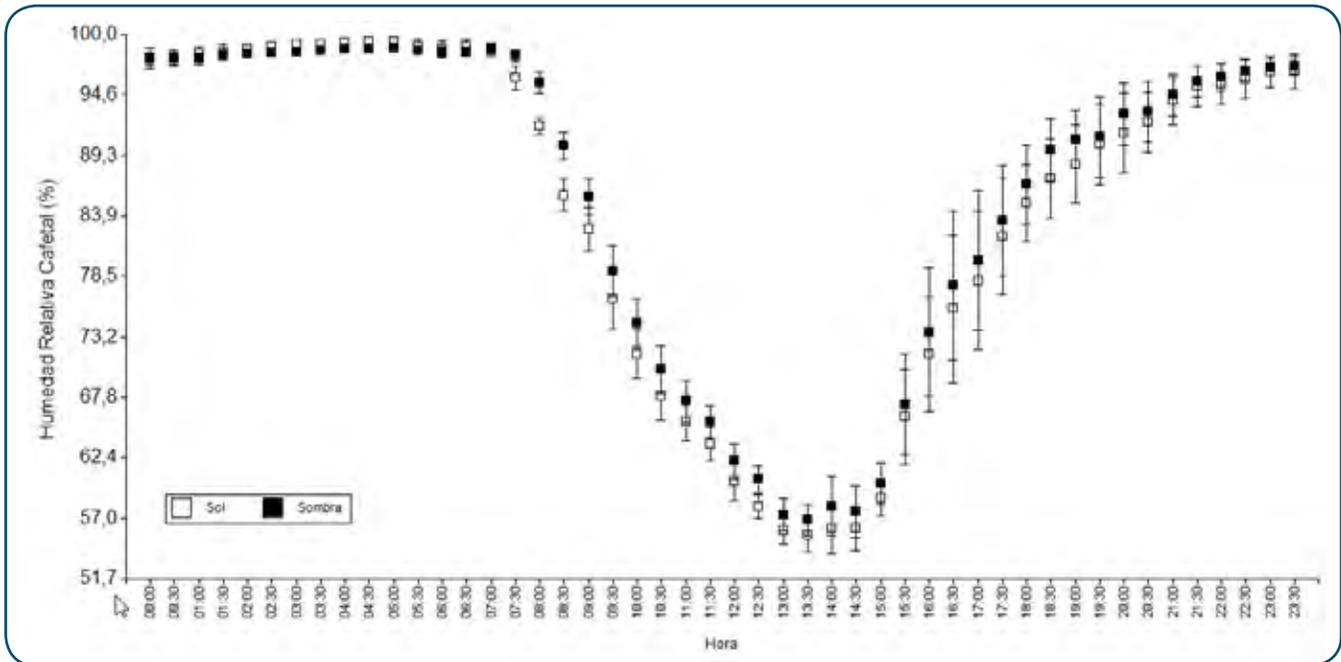


Figura 79. Comportamiento de la humedad relativa dentro del cafetal a lo largo del día para dos sistemas de producción: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

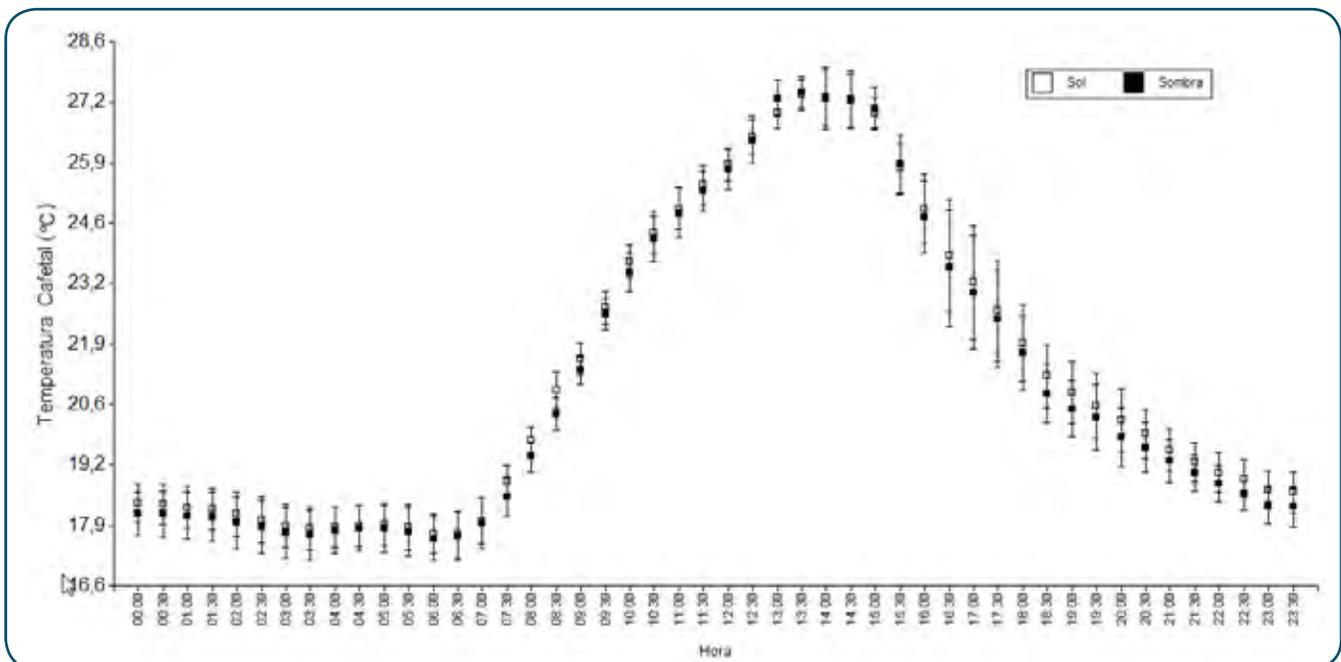


Figura 80. Comportamiento de la temperatura del aire dentro del cafetal a lo largo del día para dos sistemas de producción: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

es normal; los flujos de calor sensible son mayores en sistemas de producción de café a libre exposición solar que en el sistema agroforestal con guandul (Figura 83).

La temperatura del suelo medida a 2 y 8 cm de profundidad es mayor en cafetales a libre exposición solar que en el sistema agroforestal (Figura 84), y esta

diferencia se hace mucho mayor entre las 09:00 y las 17:00 horas con diferencias hasta de 2,0°C.

El flujo de calor del suelo durante la noche es negativo en ambos sistemas de producción (Figura 85), entre las 19:00 y las 06:00 horas del día, lo que significa que el suelo está perdiendo energía, dicha pérdida

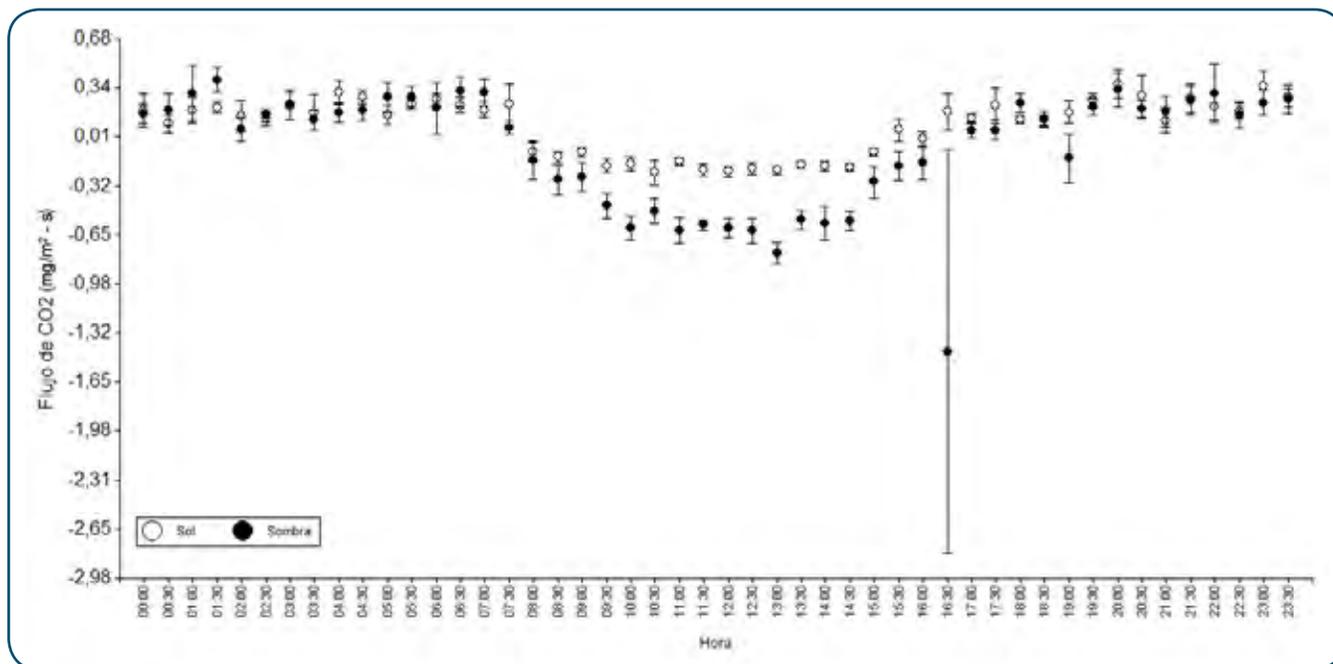


Figura 81. Flujos de dióxido de carbono a lo largo del día para dos sistemas de producción de café: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

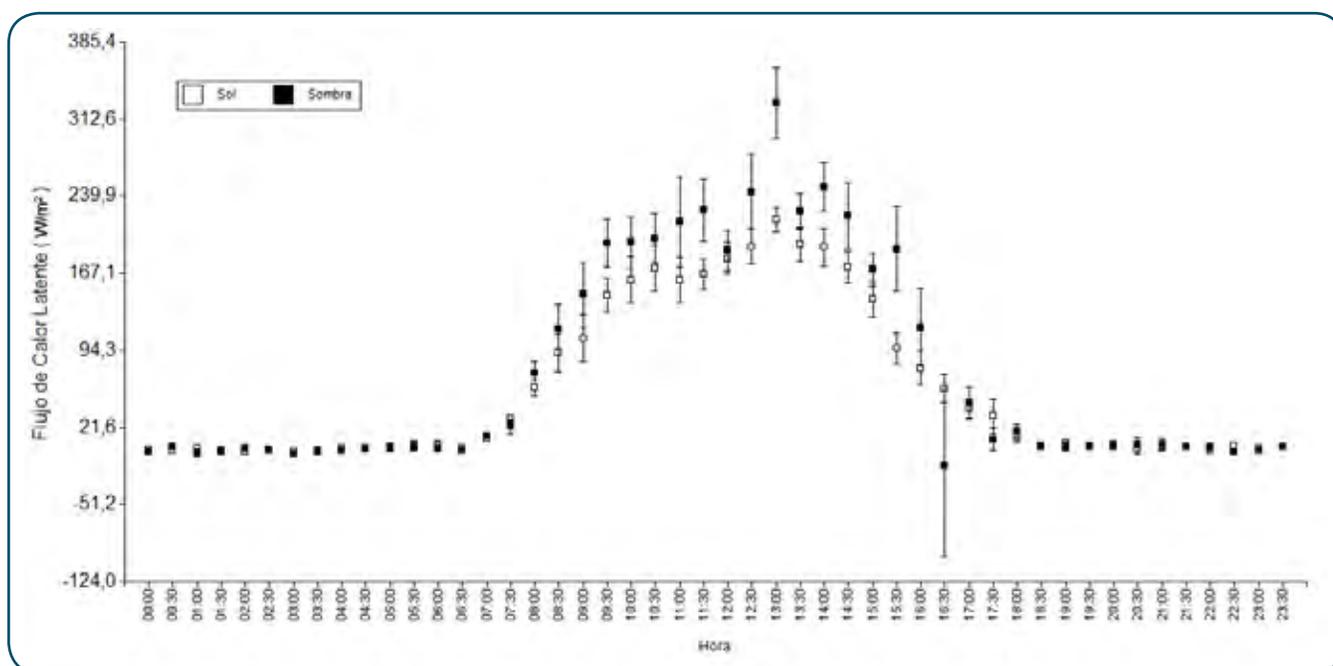


Figura 82. Flujos de calor latente a lo largo del día para dos sistemas de producción de café: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

de energía es mayor en el sistema a libre exposición solar que el sistema agroforestal. Entre las 8:30 y las 18:30 horas los flujos son positivos y mayores en el sistema de producción a libre exposición solar que bajo sombra, el pico de emisión de energía del suelo está entre las 14: 00 y las 16:00 horas.

La humedad del suelo tanto a 15 cm como a 30 cm de profundidad es mayor en el sistema agroforestal (Café+Guandul) que en el sistema a libre exposición solar (Figuras 86 y 87), y se observa mayor diferencia entre ambos sistemas de producción a los 30 cm de profundidad.

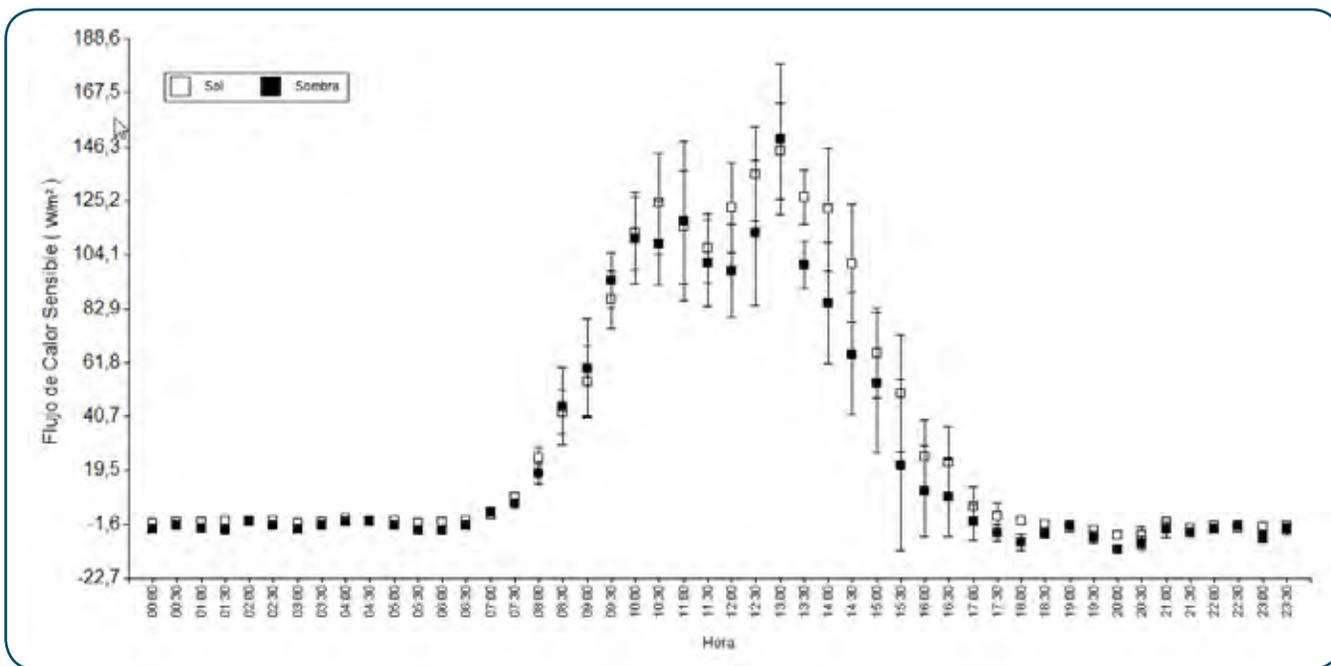


Figura 83. Flujos de calor sensible a lo largo del día para dos sistemas de producción de café: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

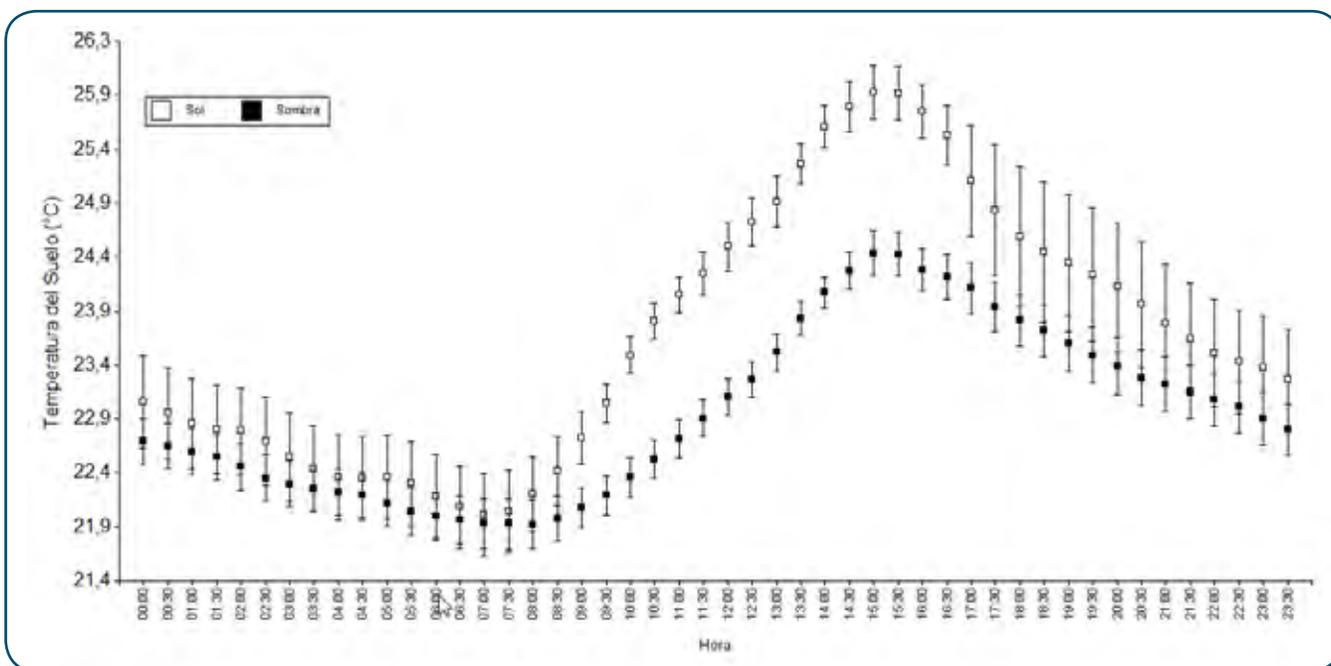


Figura 84. Temperatura del suelo a lo largo del día para dos sistemas de producción de café: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

El sistema de producción de café a libre exposición solar durante los meses de julio, agosto y septiembre presentó valores de productividad primaria neta (PPN) positivos que oscilaron entre 33,32 kg/ha-día de CO₂ y 59,28 kg/ha-día de CO₂ (Tabla 34), esto indica que el sistema está liberando o emitiendo mayor cantidad de CO₂ a la

atmósfera que fijándolo, y la explicación a este resultado se debe a que cuando se realizó la instalación del sistema, se había realizado una primera eliminación parcial o "raleo" de la sombra, lo que significa que se dejó biomasa en el suelo, que inició su descomposición y liberación de CO₂, aumentando la respiración del sistema y entrando en

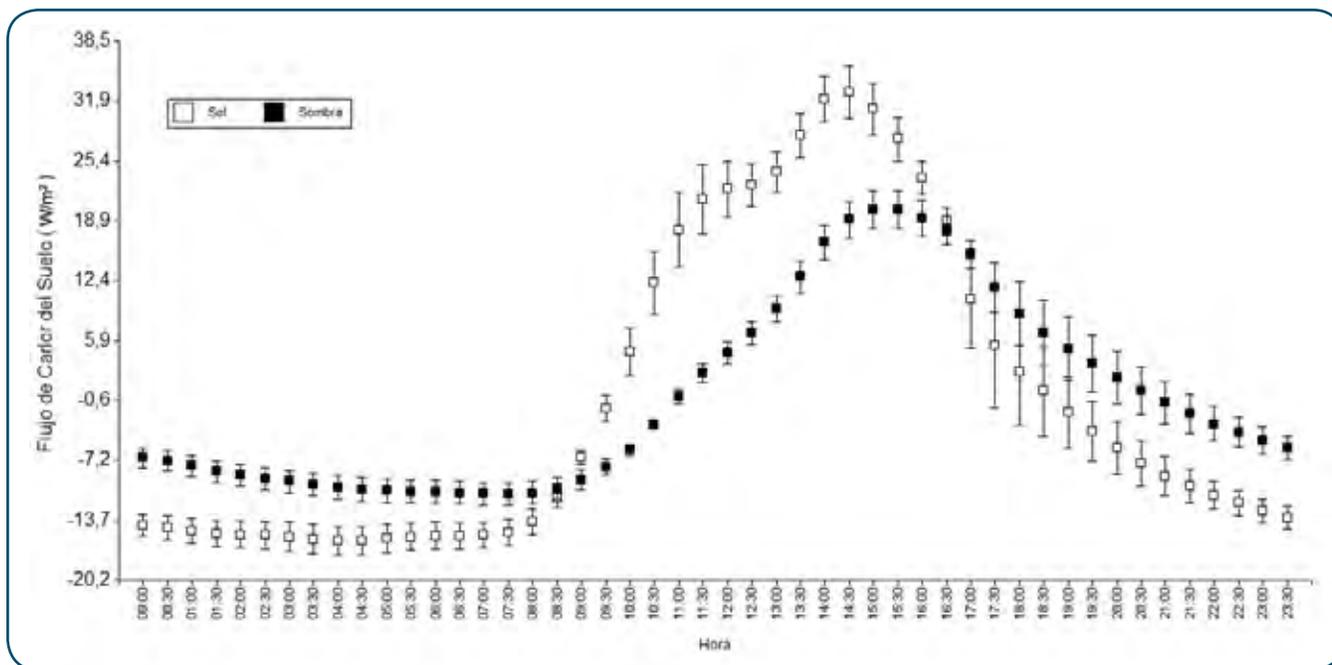


Figura 85. Flujo de calor del suelo a lo largo del día para dos sistemas de producción de café: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

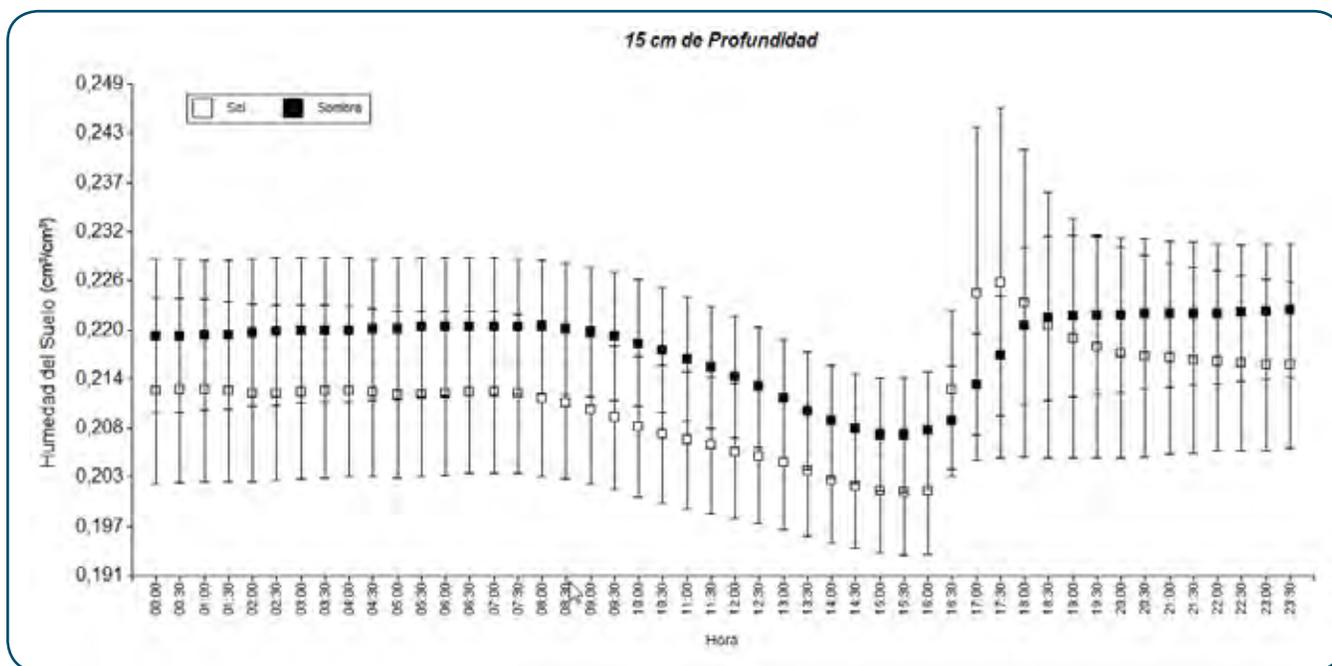


Figura 86. Humedad volumétrica del suelo a 15 cm de profundidad a lo largo del día para dos sistemas de producción de café: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

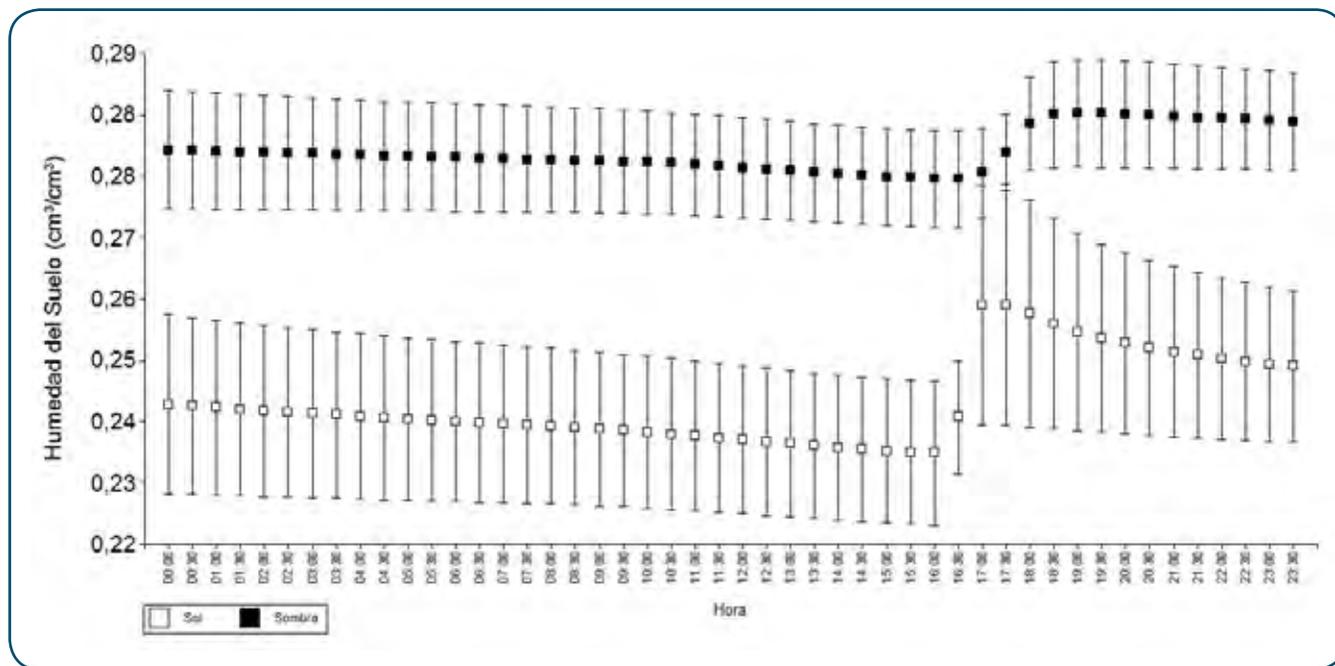


Figura 87. Humedad volumétrica del suelo a 30 cm de profundidad a lo largo del día para dos sistemas de producción de café: A libre exposición solar (sol) y en sistema agroforestal con *Cajanus cajan* (sombra).

el componente de PPN como respiración heterotrófica, y solo hasta cuando se realizó la eliminación total del guandul, con el fin de reducir el efecto del golpe de sol y altas temperaturas sobre el cafetal, la PPN promedio presentó valores positivos, pero esto no significa que no haya habido fijación por fotosíntesis, ya que si se observa por ejemplo durante el 28 de agosto, se puede ver cómo durante las horas del día el flujo es negativo, indicando actividad de fotosíntesis.

Las tasas de evapotranspiración del sistema a libre exposición corresponden a finales de agosto y el mes de septiembre con valores promedio de 2,14 mm/día, menores que las registradas en el mismo mes para el sistema agroforestal que fueron de 2,59 mm/día.

El sistema de producción de café bajo un sistema agroforestal o sombrío con guandul mostró una productividad primaria neta (PPN) negativa durante los meses de junio, julio y septiembre (Tabla 35), lo cual indica mayor actividad de fijación que de liberación de CO_2 en el agro-ecosistema, siendo el mes de julio el de mayor fijación con valores promedio diario de $-127,74 \text{ kg/ha-día de CO}_2$, esto probablemente asociado a una mayor humedad en el suelo respecto a los otros dos meses y a que se empleó una mayor cantidad de la radiación neta en evapotranspiración, con 77% en promedio (LE/Rn), el mes de septiembre la PPN fue menor y se asocia con valores bajos de humedad del suelo y menor proporción de la energía empleada en evapotranspiración (49%).

Las tasas de evapotranspiración del sistema agroforestal oscilaron entre 2,56 mm/día y 2,95 mm/día (Tabla 35), siendo mayores a las del sistema a libre exposición solar (Tabla 34).

Se concluye que existen diferencias en los flujos de CO_2 , en componentes del balance de energía, en las tasas de evapotranspiración del sistema y variables micro-meteorológicas en sistemas de producción de café a libre exposición solar y bajo sombra para plantas de café de la misma edad y densidad de siembra. Durante el período analizado se pudo detectar que la productividad primaria neta del sistema de producción de café bajo sistema agroforestal fue negativa, indicando mayor fijación que liberación, mientras que en el cafetal a libre exposición solar fue positiva, indicando mayor liberación que fijación, asociado a la descomposición de una gran cantidad de biomasa que se dejó en el suelo por el corte del guandul al momento de la instalación de los equipos.

Proyecto Agricultura – Vulnerabilidad – Adaptación / AVA – CDKN

Frente a los impactos actuales y futuros del cambio climático, existe una gran necesidad de obtener tanta información como sea posible sobre la naturaleza y el alcance de los posibles riesgos e impactos asociados al cambio climático. En este sentido, son esenciales los análisis de las respuestas de los sistemas a los cambios en el clima.

Tabla 34. Producción primaria neta (PPN), evapotranspiración y distribución de los componentes del balance de energía en un cafetal a libre exposición solar.

Mes	Variable	Media	D.E
Julio	PPN (kg/ha)	45,75	22,93
	ET (mm/día)	2,34	4,56
	G/Rn	0,08	0,07
	H/Rn	0,37	0,39
	LE/Rn	0,65	1,10
	θv (cm ³ /cm ³)	0,14	0,0041
Agosto	PPN (kg/ha)	59,28	46,73
	ET (mm/día)	1,31	0,48
	G/Rn	0,08	0,06
	H/Rn	0,23	0,05
	LE/Rn	0,41	0,14
	θv (cm ³ /cm ³)	0,14	0,01
Septiembre	PPN (kg/ha ¹)	33,32	71,66
	ET (mm/día)	2,14	0,41
	G/Rn	0,08	0,08
	H/Rn	0,31	0,21
	LE/Rn	0,58	0,40
	θv (cm ³ /cm ³)	0,19	0,02

Tabla 35. Producción primaria neta (PPN), evapotranspiración y distribución de los componentes del balance de energía en un cafetal con sombrío de guandul.

Mes	Variable	Media	D.E
Julio	PPN (kg/ha)	-96.22	73.28
	ET (mm/día)	2.56	0.50
	G/Rn		
	H/Rn	0.24	0.43
	LE/Rn	0.51	0.19
	θv (cm ³ /cm ³)	0.21	0.01
Agosto	PPN (kg/ha)	-127.74	26.20
	ET (mm/día)	2.95	0.37
	G/Rn		
	H/Rn	0.12	0.04
	LE/Rn	0.77	0.20
	θv (cm ³ /cm ³)	0.22	0.01
Septiembre	PPN (kg/ha)	-64.96	49.12
	ET (mm/día)	2.59	0.48
	G/Rn	0.02	0.02
	H/Rn	0.17	0.03
	LE/Rn	0.49	0.18
	θv (cm ³ /cm ³)	0.19	0.02

En el caso de Colombia, las inundaciones causadas por el aumento de las precipitaciones en los últimos años han afectado al país, repercutiendo en el sector agrícola. Este panorama resulta aún más inquietante debido a que se prevé un aumento de la temperatura media anual y variación en el régimen de precipitaciones para el país en las próximas décadas. De acuerdo con esto, resulta oportuno contar con información adecuada y herramientas que faciliten la toma de decisiones frente al cambio climático.

En este contexto, la iniciativa AVA - “Agricultura, Vulnerabilidad y Adaptación” busca proponer una metodología que permita cuantificar y analizar la vulnerabilidad del territorio y de los sistemas productivos, para así proponer medidas de adaptación para las futuras condiciones cambiantes. Se ha tomado como zona de estudio la cuenca alta del río Cauca, abarcando los departamentos de Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca, por ser una región de importancia estratégica, ya que es un centro de producción agrícola muy relevante para la economía del país y además alberga el 20% de la población nacional.

De acuerdo con lo anterior, la metodología AVA para el análisis de la vulnerabilidad de los sistemas productivos en la cuenca alta del río Cauca se ha desarrollado a partir de un proceso participativo a través de talleres y reuniones con actores tanto

locales como nacionales. Dicho proceso contribuyó a la selección de los indicadores para cada uno de los componentes para determinar la vulnerabilidad y la priorización de los cultivos de la zona (café, caña de azúcar, papa, frijol, cacao y plátano) para ser utilizados y analizados de acuerdo con la metodología AVA. La vulnerabilidad se determinó obteniendo los promedios de los indicadores seleccionados para los componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, lo cual permitió obtener resultados de vulnerabilidad tanto a nivel de cuenca, departamento y cultivos. Adicionalmente, se realizaron proyecciones de los posibles escenarios climáticos futuros a 2030 y 2050 para la cuenca alta del río Cauca, para esto se utilizó un conjunto de 19 Modelos Climáticos Globales (GCMs), con el cual se identificaron los probables impactos del cambio climático en los cultivos bajo estudio y la posible implicación para la vulnerabilidad a futuro.

Con los resultados obtenidos se identificaron los departamentos y cultivos más susceptibles a la variabilidad climática y el cambio climático. Dentro de éstos, se encuentran los departamentos de Caldas y Risaralda. En cuanto a cultivos, se encontró que el frijol y plátano son los cultivos más vulnerables, excepto en los departamentos de Cauca y Quindío respectivamente, mientras que la caña de azúcar es el cultivo con menor índice de vulnerabilidad. Según las proyecciones al 2030 y 2050, los cambios en el clima

tendrán mayores impactos en la vulnerabilidad para los sistemas productivos de café, afectando fuertemente las zonas de baja altura en el piedemonte y varias áreas de Quindío y Risaralda.

El objetivo de evaluar la vulnerabilidad es brindar los insumos para la definición de criterios que conlleven a la formulación de medidas de adaptación y reducción de la vulnerabilidad, al ser incorporadas en la planificación y el ordenamiento territorial. Es por esto que la metodología AVA constituye un insumo valioso para la formulación de políticas públicas y para enfrentar los retos que impone el cambio climático, pero también para aprovechar las oportunidades y, en general, poder

tomar decisiones más acertadas y a tiempo para apoyar sistemas agropecuarios más resilientes. El análisis hecho es una contribución para los diversos tipos de actores que deben integrarse en el proceso de adaptación a nivel nacional y regional (Tabla 36).

Programa UT – RICCLISA. Este programa tiene como objeto promover las condiciones científicas y técnicas necesarias a través de una Red de Conocimiento en Cambio Climático (RICLISSA) para la identificación y formulación de alternativas que garanticen la adaptabilidad y la permanencia de los más importantes sistemas de producción agrícola y cadenas de valor en la cuenca alta del río Cauca bajo escenarios de

Tabla 36. Metodología AVA. Actores interesados, tipo de información facilitada por el análisis y tipo de decisión que puede ser influida por AVA.

	Tipo de actor interesado en la información facilitada por el análisis de vulnerabilidad	Tipo de información facilitada por el análisis de vulnerabilidad	Utilidad de la información generada por el análisis de vulnerabilidad
Nivel nacional	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) Departamento Nacional de Planeación (DNP) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM)		Para apoyar la definición de medidas de adaptación a nivel regional y local. Para identificar los instrumentos y estrategias de adaptación con los cuales se podrían generar una mayor reducción de la vulnerabilidad. Para apoyar la formulación de una estrategia sectorial que prepare el sector agropecuario para enfrentar los retos climáticos, con políticas públicas que se enfoquen directamente en resolver las barreras estructurales principales, para reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos, con enfoques diferenciales para la agricultura campesina y la extensiva. Para apoyar una zonificación agro-ambiental a nivel nacional y de cuenca, que considere las zonas de mayor aptitud para la producción agrícola, como posibles focos de intensificación de la producción, al igual que zonas de protección ambiental como ejes de provisión de servicios ecosistémicos estratégicos para el mantenimiento de la producción de alimentos, entre otras actividades prioritarias de la región.
Nivel regional	Gobernaciones Alcaldías Corporaciones Autónomas Regionales	¿Cuáles municipios tienen la más alta probabilidad de ser vulnerables frente al cambio climático en el futuro? ¿Cuáles son las dimensiones (biofísicas, productivo-económica, político-institucional y socio-cultural) que más afectan la vulnerabilidad en cada departamento/ municipio? ¿Cuáles cultivos serán más vulnerables frente al cambio climático, según las proyecciones climáticas?	Para enfocar programas hacia las comunidades, cadenas productivas y municipios más vulnerables, y hacia la resolución de las causas que más influyen en la vulnerabilidad. Insumo para futuros Planes de Desarrollo y Planes de Ordenamiento Territorial. Insumo para guiar el proceso de cambio en el uso de la tierra y el cambio de los cultivos ubicados en zonas no óptimas para su crecimiento y producción. Insumo para fortalecer los sistemas de alerta temprana y para mejorar el manejo de los cultivos frente a las amenazas climáticas.
Nivel gremial	Entidades públicas y privadas	¿Cuáles cultivos serán más vulnerables frente al cambio climático, según las proyecciones climáticas?	Para identificar los municipios y cultivos con mayor vulnerabilidad, definir el tipo de cultivo a desarrollar y la zona en la cual cultivarlos. Para tomar las medidas (de adaptación, entre otras) necesarias en el corto y largo plazo. Insumo para fortalecer los sistemas de alerta temprana y para mejorar el manejo de los cultivos frente a las amenazas climáticas.

cambio climático en el corto, mediano y largo plazo. Los proyectos asociados al programa, promoverán la construcción de políticas públicas y privadas para facilitar dicha adaptación y mitigación en la región de estudio a través del análisis de los patrones de cambio de las coberturas vegetales, procesos erosivos, monitoreo del recurso hídrico y la evaluación de la vulnerabilidad a los procesos de cambio climático y la variabilidad del clima, modelado y evaluación de los escenarios más apropiados para el mantenimiento de la producción agrícola y la sostenibilidad de la cuenca, y la creación de capacidades de los actores políticos en el ámbito académico, y sectores gubernamentales.

Adicionalmente va a generar los insumos necesarios para la planificación integrada de los procesos de producción en la cuenca alta del Cauca, con aportes que optimicen los costos de producción, reducir los riesgos asociados con las condiciones ambientales al cambio climático, lo que permite la sostenibilidad de las comunidades humanas y los ecosistemas de los que dependen. El proyecto culminará con la apropiación por parte de actores públicos y privados en la cuenca del problema del cambio climático y variabilidad climática desde una perspectiva sistémica e interdisciplinaria, con una dimensión socio-ambiental.

Este proyecto tiene como objetivo general fortalecer la red de conocimiento RICCLISA como un espacio de articulación e integración de actores para el análisis y diseño de estrategias, procedimientos y acciones que permitan al sector agrícola Colombiano desarrollar e implementar procesos innovadores de alerta, adaptación, conservación y mitigación frente al cambio climático, la variabilidad climática y sus efectos sobre los ecosistemas, su biodiversidad y capacidad productiva para la competitividad de los gremios y seguridad alimentaria de la población colombiana.

Objetivos específicos. Cada objetivo está constituido como un (Work Package - WP) del programa de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y apropiación de RICCLISA para los años 2012 - 2015.

- WP1 Fortalecimiento del nodo central y los nodos regionales de RICCLISA, mediante el desarrollo de procesos de asociatividad, gestión de conocimiento, comunicación y transferencia que conlleven a la conformación de redes colaborativas en el sector agrícola, que soporten las innovaciones abiertas requeridas para afrontar los retos del cambio climático y la seguridad alimentaria.
- WP2 Fortalecimiento de la gestión de la información y el conocimiento del riesgo climático, en tiempo real, generación de alertas agroclimáticas.

- WP3 Monitoreo de las condiciones ambientales de la cuenca alta del río Cauca a través del desarrollo de indicadores relacionados con la dinámica hídrica y de procesos ecológicos asociados al suelo.
- WP4 Análisis de coberturas vegetales, procesos de escurrimiento, erosión, inundación y movimientos en masa en la cuenca alta del río Cauca, evaluando procesos de cambio y análisis prospectivos.
- WP5 Desarrollando e inter-comparando modelos de predicción de crecimiento y producción de cultivos, como herramienta para determinar la vulnerabilidad del sector agrícola frente a la variabilidad y el cambio climático.

A continuación se presentan los desarrollos dentro del WP5:

Estandarización de metodología para la medición de área foliar con el equipo LAI-2000 en árboles de café. Una de las actividades a realizar dentro de la determinación del balance de energía, agua y carbono en un sistema agroforestal cafetero es la recopilación de información precisa y detallada sobre las características biofísicas, como el índice de área foliar, el cual ha sido definido tradicionalmente como el área proyectada de la hoja o área foliar (AF) por unidad de suelo, el cual es un importante atributo estructural de los agroecosistemas, que ha permitido realizar modelos e investigaciones de evapotranspiración, estimativos de producción, capacidad de captura de carbono, entre otros.

Con el objetivo de determinar la metodología correcta para realizar mediciones de Área Foliar (AF) en plantas de café en el campo, con el equipo LI-COR LAI-2000 *Plant Canopy Analyzer*, se hicieron mediciones de área foliar real en árboles individuales en el campo y se compararon con los resultados de AF arrojados por el equipo. Con lo anterior se pretende establecer si existe una correlación entre las dos metodologías y así poner a punto un protocolo para tomar datos confiables con el equipo, con el cual se ahorra tiempo y dinero en la toma de la información correspondiente a AF.

Para las mediciones se seleccionaron nueve árboles, cada uno correspondiente a una de las 20 líneas de la Colección Colombiana de Café-CCC, ubicada en la Estación Central Naranjal. Los árboles agruparon los tipos de arquitectura representativa de los componentes de la CCC.

A cada árbol se le determinó su área foliar real en el campo mediante una regla graduada que relaciona el largo de la hoja con su área, se midieron todas las hojas de la mitad del árbol y la sumatoria de las áreas foliares

se multiplicó por dos. Posteriormente, en los mismos árboles se midió el área foliar con el equipo LAI-2000, el cual funciona tomando registros de la extinción de la radiación a medida que pasa a través de la fronda, en cinco ángulos asociados con el zenit, simultáneamente; el sensor óptico proyecta la imagen de su visión hemisférica cercana sobre cinco detectores ubicados en anillos concéntricos, es decir, el equipo calcula la transmitancia a través de la fronda relacionando los valores medidos por debajo del dosel (mediciones B) con un valor de radiación de referencia medido por encima de éste (mediciones A) (Figura 88).



Figura 88. Toma de mediciones A y B con el LAI-2000.

LÍNEA CVC0300

Estrategias que ayuden a reducir el riesgo agroclimático

Evaluación de un método de fertilización nitrogenada específica por sitio. En el marco del proyecto piloto de agricultura de precisión para el departamento del Quindío, se evaluó y desarrolló un

método para la evaluación temprana de deficiencias de nitrógeno en café, el cual ha servido como punto de partida para la elaboración y evaluación de un método de fertilización nitrogenada específica por sitio, a partir del uso de sensores portátiles que miden un índice de verdor en plantas, como el sensor portátil de clorofila SPAD-505 y el GreenSeeker que mide el índice normalizado de vegetación-NDVI, los cuales se relacionan bien con el verdor de la vegetación, criterio empleado en otros cultivos como indicador de estrés y nutrición.

En las Estaciones Experimentales La Catalina y Paraguaicito se tomaron lotes de café Variedad Castillo®, de segunda cosecha, en el mes de octubre de 2012, se dividieron en ocho parcelas de 15 plantas cada una, de las cuales cuatro fueron fertilizadas según el análisis de suelo y las otras cuatro de acuerdo con la lectura promedio del SPAD, la cual se realizó en tres tercios de la planta. Durante octubre de 2012 a septiembre de 2013, se han realizado dos fertilizaciones en ambas localidades a saber: En octubre de 2012 y en abril de 2013. A la fecha se tienen datos de producción del primer semestre de 2013 en ambas localidades (Tabla 37). Se observa que no hay diferencias en la producción en ambos tratamientos en la cosecha del primer semestre.

Al analizar el comportamiento de las lecturas de clorofila medida con el SPAD, se observa que en los tratamientos de dosis variable en ambas localidades las lecturas de SPAD se mantienen en los rangos definidos como adecuados para café (entre 60 y 75).

Se ha avanzado en el uso de otros dispositivos móviles que miden el índice normalizado de vegetación a nivel de planta, y se ha encontrado una correlación entre las lecturas del NDVI y el nitrógeno foliar (Figura 89). Los resultados preliminares muestran que valores de NDVI inferiores a 0,81 indican deficiencias de nitrógeno en café.

Tabla 37. Promedio de la producción acumulada por planta de café cereza durante el primer semestre de 2013, para dos localidades con aplicación de fertilización nitrogenada con dosis variable, durante el mes de octubre de 2012 y abril de 2013.

Localidad	Dosis de nitrógeno por planta	Producción acumulada de café cereza (g/planta)*
Paraguaicito	Fija	1.898,50 a
	Variable	2.048,38 a
La Catalina	Fija	1.375.83 b
	Variable	1.071.20 b

*Letras diferentes entre localidades indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) según LSD test. Los análisis por localidad se realizaron por separado, para Paraguaicito el DMS = 704.749 y para La Catalina DMS = 538.045. Los valores de producción corresponden al promedio de 15 plantas por réplica y a cuatro réplicas, para un total de 60 plantas.

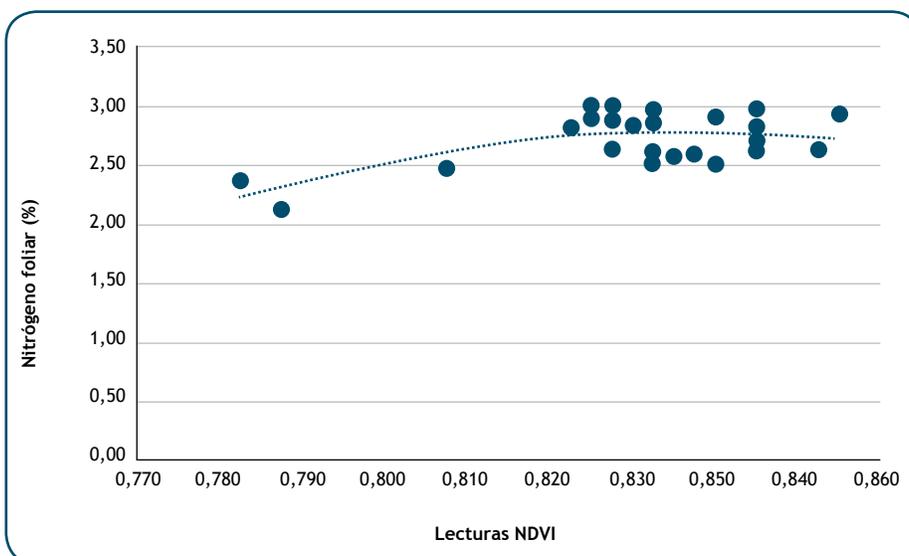


Figura 89. Relación entre el contenido de nitrógeno foliar en café y las lecturas de NDVI promedio por planta.

Además se observan diferencias en algunos meses del año en el verdor de las plantas, expresado en el NDVI, en ambas localidades (Figuras 90 y 91); por ejemplo en la Estación Experimental La Catalina hay diferencias en el NDVI en los meses de febrero y junio a favor de los tratamientos de dosis variable (Figura 2), mientras que en la Estación Experimental Paraguaicito hay diferencias en los meses de febrero, junio, julio y agosto, pero a pesar de las diferencias, éstas se están moviendo dentro del rango adecuado para café, aproximadamente 0,81, igual que con los valores promedio de SPAD en los tratamientos de dosis variable descritos en la Tabla 38.

Puede concluirse preliminarmente que es posible reducir la cantidad de nitrógeno aplicada por planta, empleando técnicas de agricultura de precisión en café, basadas en el uso de índices espectrales, que son técnicas de uso *in situ* no destructivas, los contenidos relativos de clorofila medidos con el SPAD y el índice normalizado de vegetación (NDVI) medido con el GreenSeeker, Es

necesario continuar con las evaluaciones de campo para precisar la relación con NDVI con concentración de N foliar, NDVI y SPAD producción y el efecto de la fertilización con dosis variables sobre la producción en el ciclo completo de producción.

Identificación de riesgos agroclimáticos potenciales en la zona cafetera colombiana: Déficit y exceso hídrico. El sistema productivo del café en Colombia se encuentra establecido a lo largo y ancho de las cordilleras y la sierra nevada de Santa Marta; esta condición hace que el cultivo del café se distribuya en una gran diversidad de zonas agroecológicas, las cuales presentan características propias y variables de clima y topografía.

La variabilidad climática por su parte afecta al cultivo del café a escalas diurnas, intra-anales e inter-anales, principalmente. Eventos climáticos como La Niña/El Niño de orden inter-anual tienen un efecto directo sobre la producción y productividad del

Tabla 38. Comportamiento de las lecturas de SPAD en plantas de café sometidas a dosis variable de nitrógeno al momento del inicio de la fertilización en octubre de 2012 y 6 meses después a la segunda fertilización en abril de 2013.

Localidad	Fecha	Lectura promedio SPAD por planta	Error estándar	Mínimo	Máximo
Paraguaicito	Octubre 9 de 2012	69,68	6,14	46,60	81,10
	Abril 22 de 2013	63,37	7,33	47,50	77,30
La Catalina	Octubre 2 de 2012	67,37	4,47	58,80	79,80
	Abril 12 de 2013	68,16	4,93	60,0	77,50

Los valores promedio corresponden a 60 plantas.

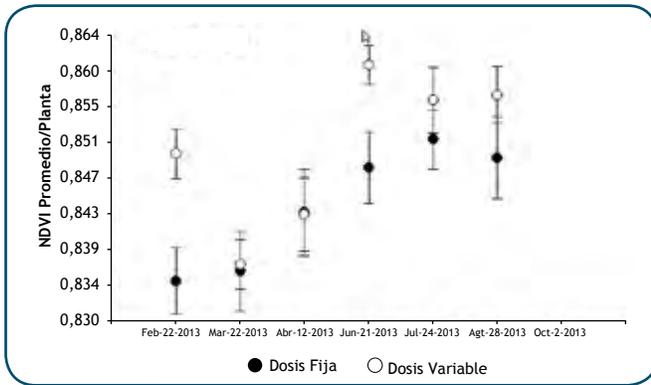


Figura 90. Comportamiento promedio del índice normalizado de vegetación (NDVI) durante varios meses del año, en cafetales fertilizados con dosis fijas y variables de nitrógeno, en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda). del año, en cafetales fertilizados con dosis fijas y variables de nitrógeno, en la Estación Experimental Paraguaicito (Buenavista, Quindío).

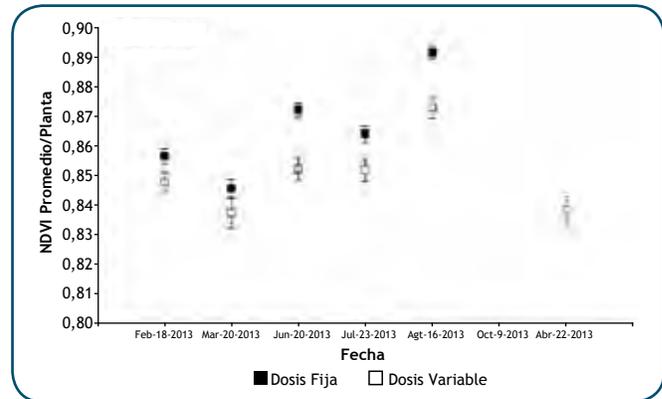


Figura 91. Comportamiento promedio del índice normalizado de vegetación (NDVI), durante varios meses del año, en cafetales fertilizados con dosis fijas y variables de nitrógeno, en la Estación Experimental Paraguaicito (Buenavista, Quindío).

cultivo de café. El comportamiento de estos eventos climáticos es diferente para cada una de las zonas productoras del país y depende de las características propias de cada región.

Actualmente se viene elaborando y aplicando una metodología mediante la cual se identifican aquellos riesgos agroclimáticos que tienen una incidencia directa sobre la productividad del sistema de café. La metodología permite conocer cómo es el efecto de cada uno de estos riesgos bajo los diferentes escenarios de variabilidad climática inter-anual (Neutro/La Niña/El Niño), para cada una de las zonas productoras del país.

Este trabajo se constituye en el primer resultado y esfuerzo por entender y cuantificar la distribución del riesgo agroclimático al exceso y al déficit hídrico generado por la variabilidad climática interanual en la zona cafetera centro-occidental de Colombia, al igual que se constituye como el punto de partida en la gestión integrada del riesgo agroclimático para el cultivo del café.

A continuación se presentan los resultados obtenidos como respuesta al objetivo planteado de regionalizar la zona cafetera de los departamentos de Risaralda, Caldas, Quindío, Valle del Cauca y

Antioquia, en función del riesgo agroclimático al déficit y al exceso hídrico generado por la variabilidad climática interanual asociada a los eventos de El Niño /La Niña (ENSO).

Resultados. Desde el punto de vista del potencial productivo del cultivo de café, los trimestres más vulnerables por exceso hídrico producto son: Febrero-marzo-abril (F-M-A) en primer semestre y agosto-septiembre-octubre (A-S O) en segundo semestre. El exceso hídrico ocasiona una reducción en la floración lo cual incide directamente en la producción de café.

Los bimestres más vulnerables por déficit hídrico para el cultivo del café, desde el punto de vista productivo son: Enero-febrero (E-F) primer semestre y julio-agosto (Jl-A) segundo semestre. El daño que puede ocasionarse por déficit hídrico se refleja en la cosecha con la presencia de frutos parcialmente llenos, vanos y granos negros. Los porcentajes de pérdidas durante la cosecha por la presencia de granos parcialmente llenos, vanos y negros varían según el número de días con déficit hídrico.

En las Figuras 92 a la 103 se presentan las áreas con riesgo potencial al déficit y el exceso hídrico en la zona cafetera de Colombia.

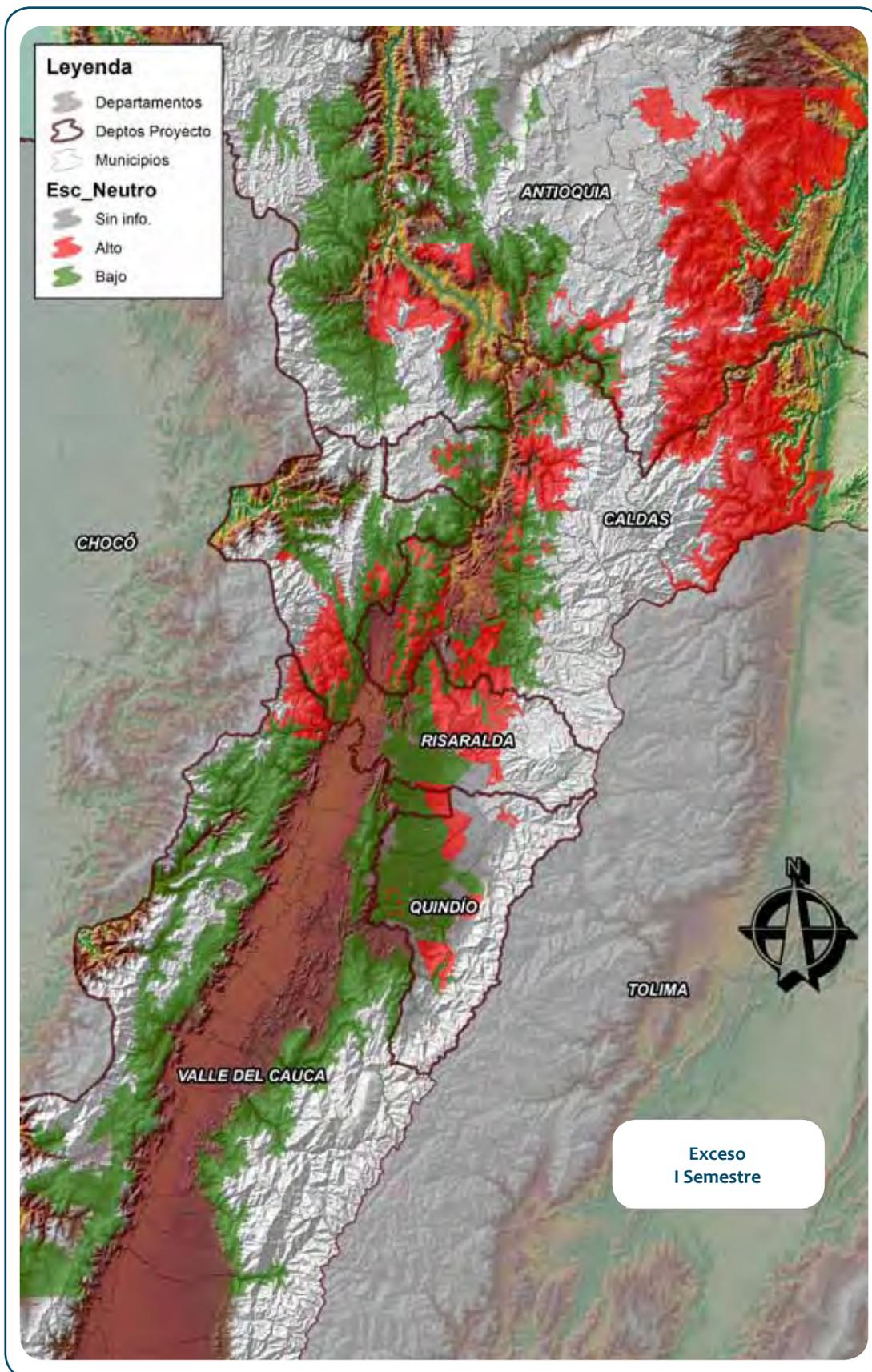


Figura 92. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por exceso hídrico durante condiciones Neutro para el primer semestre del año.

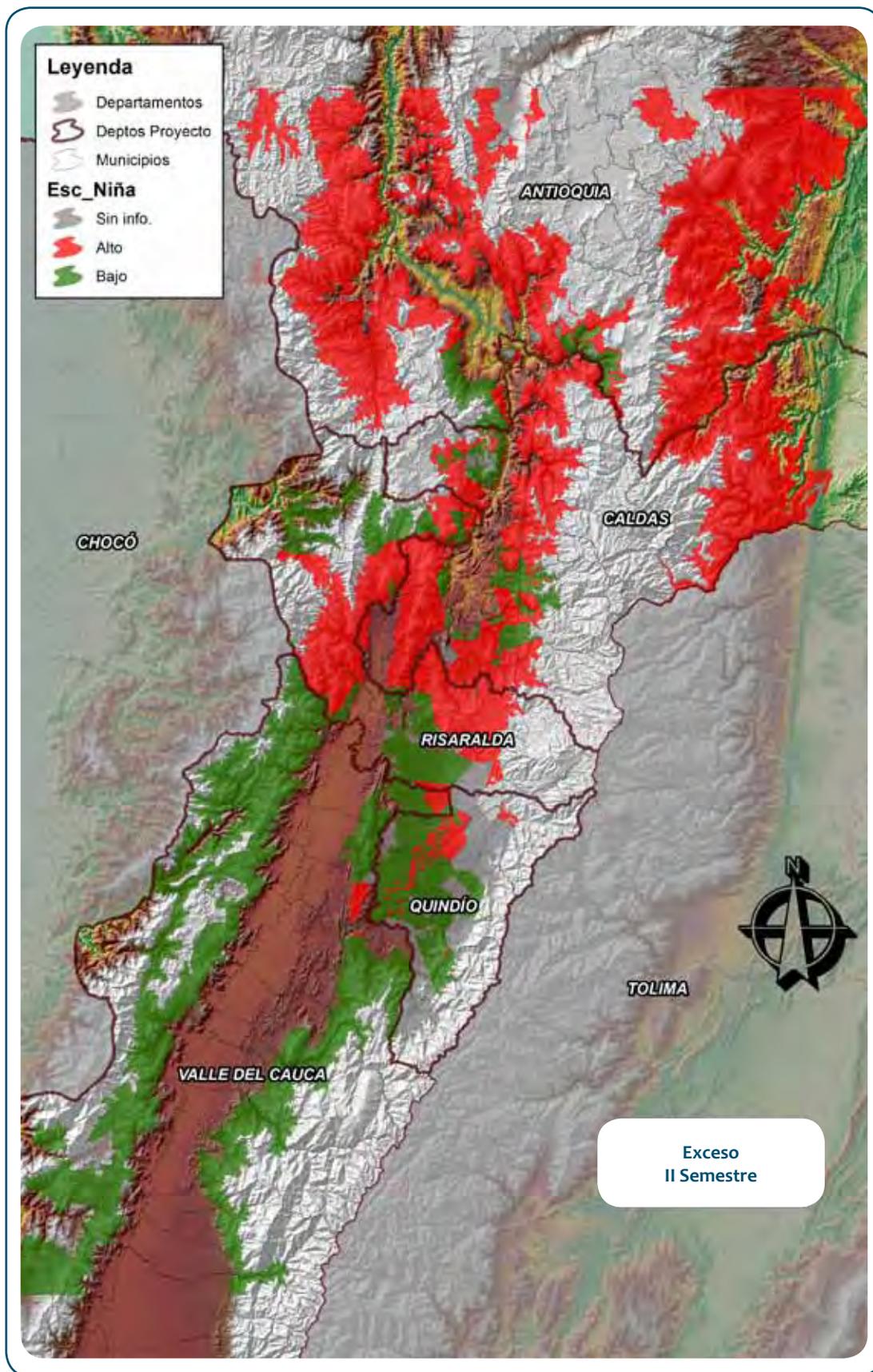


Figura 93. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por exceso hídrico durante condiciones Neutro, para el segundo semestre del año.

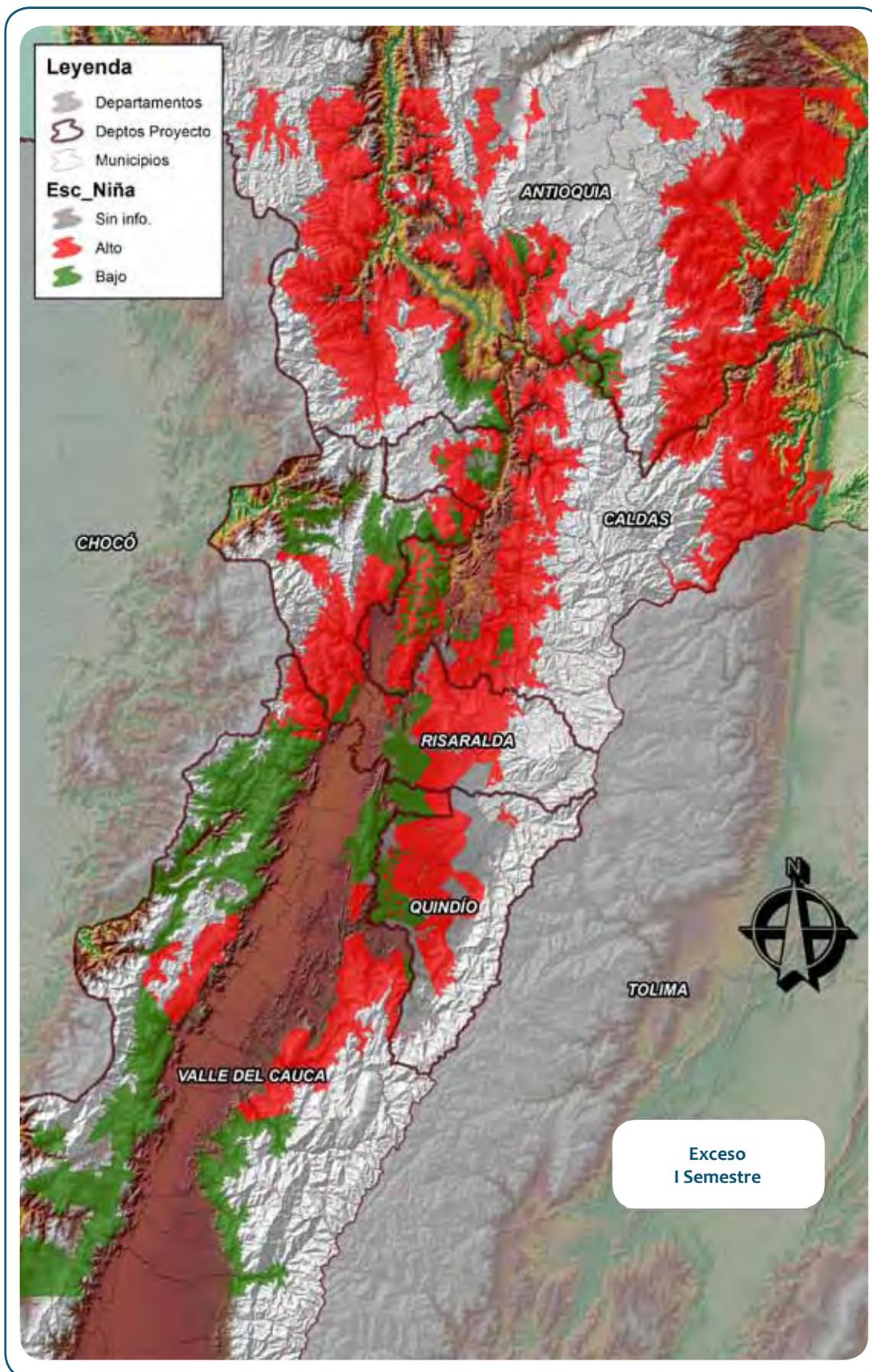


Figura 94. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por exceso hídrico durante condiciones La Niña, para el primer semestre del año.

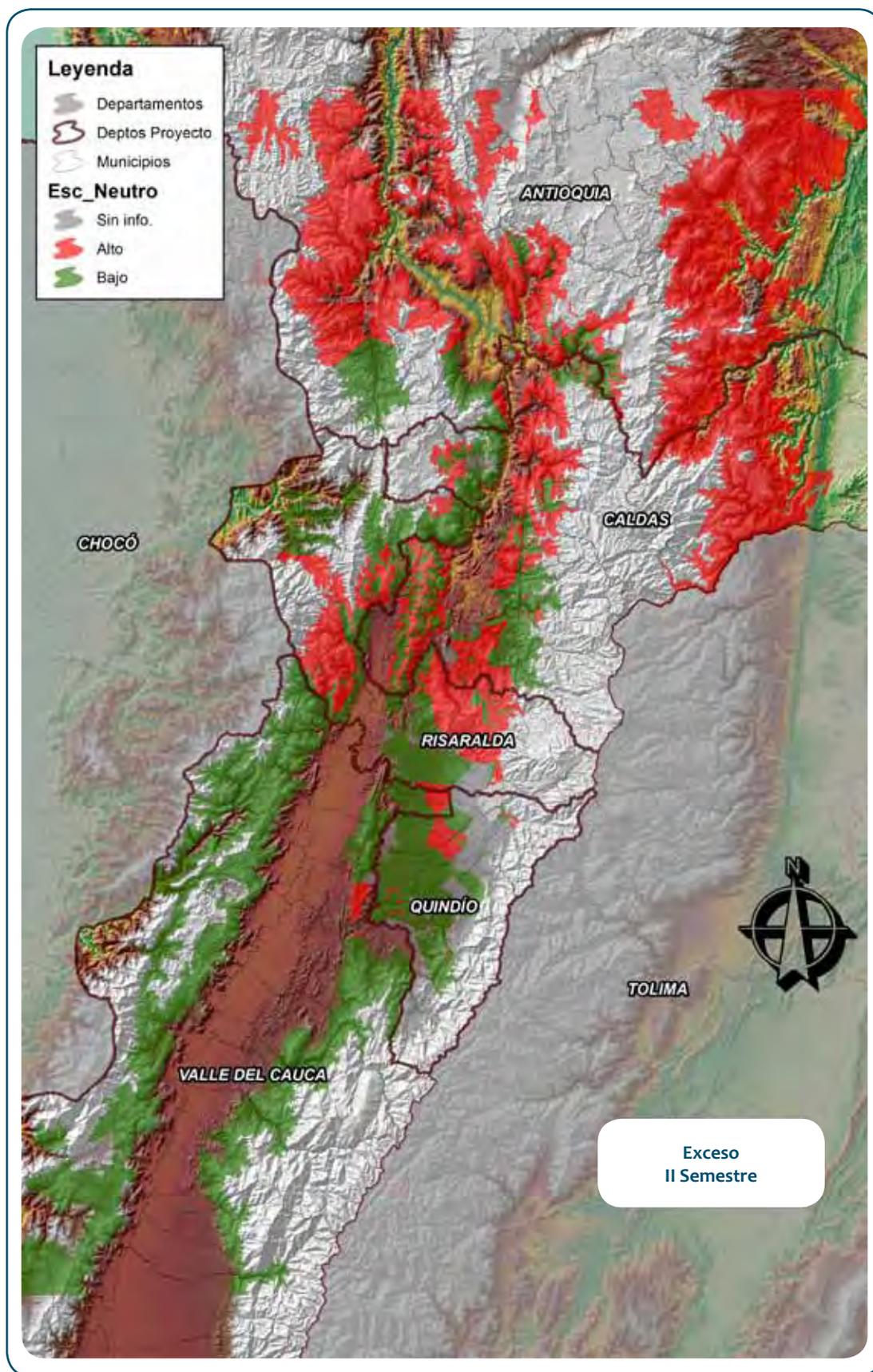


Figura 95. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por exceso hídrico durante condiciones La Niña para el segundo semestre del año.

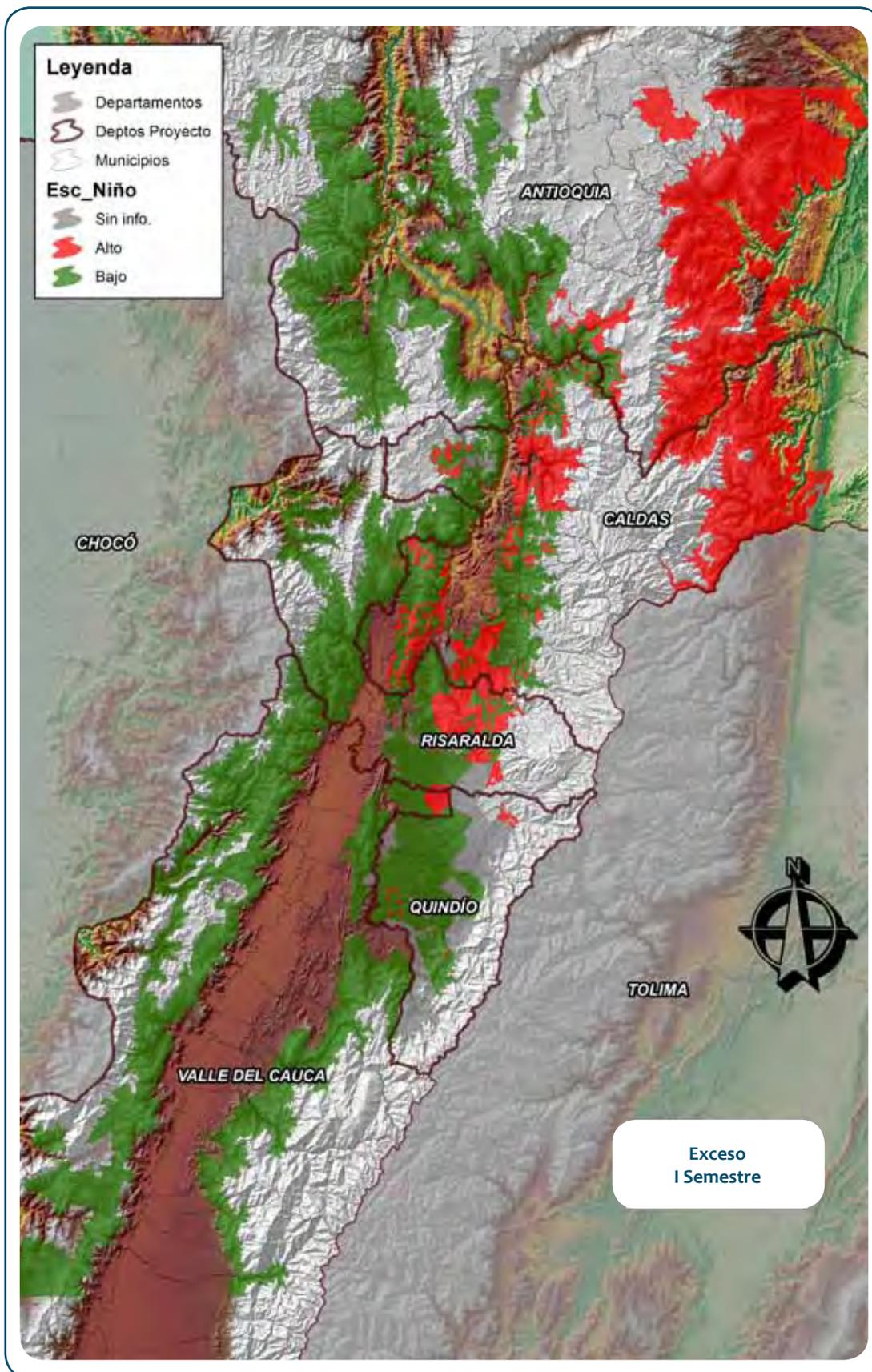


Figura 96. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por exceso hídrico durante condiciones El Niño para el primer semestre del año.

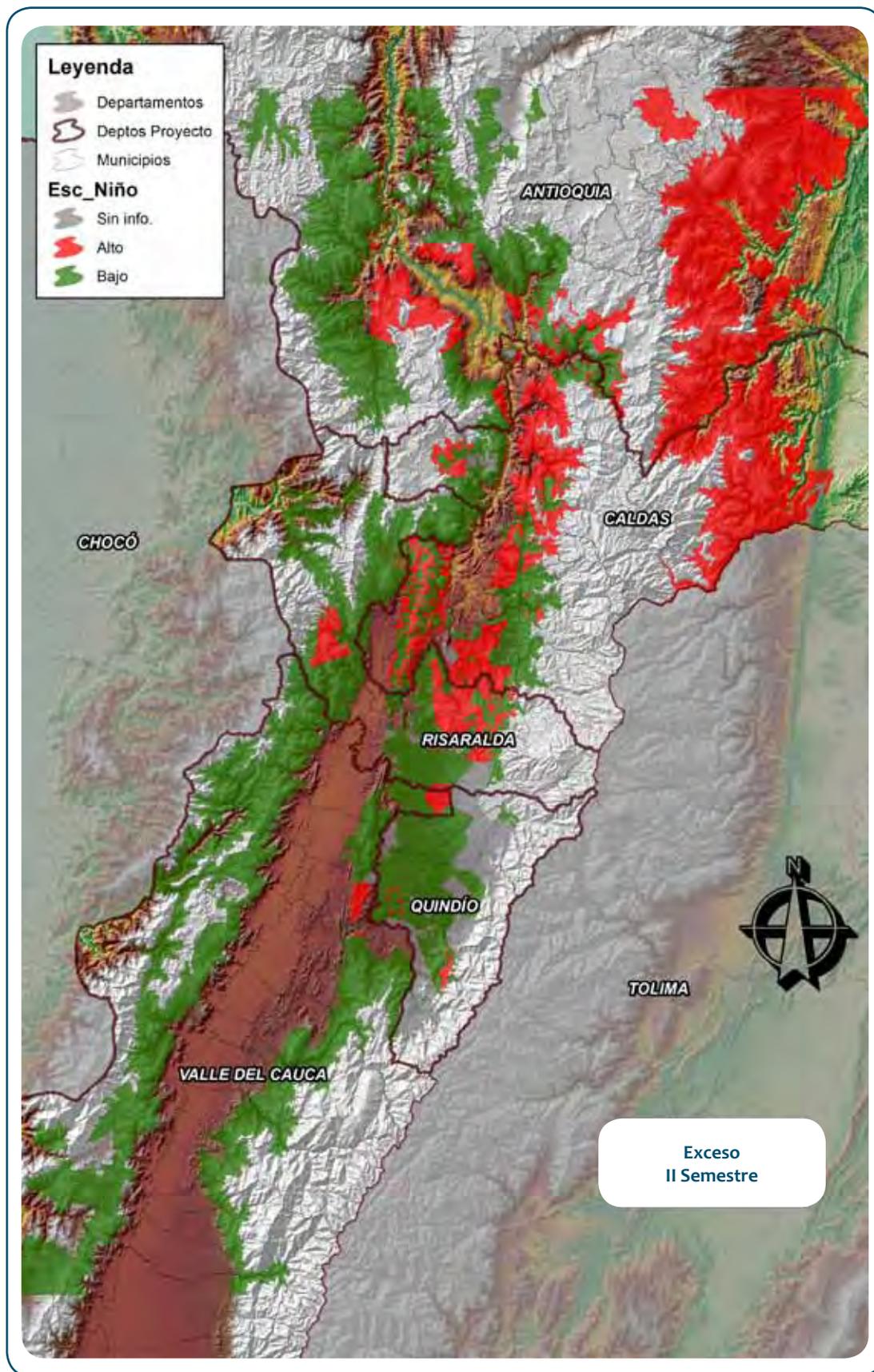


Figura 97. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por exceso hídrico durante condiciones El Niño para el segundo semestre del año.

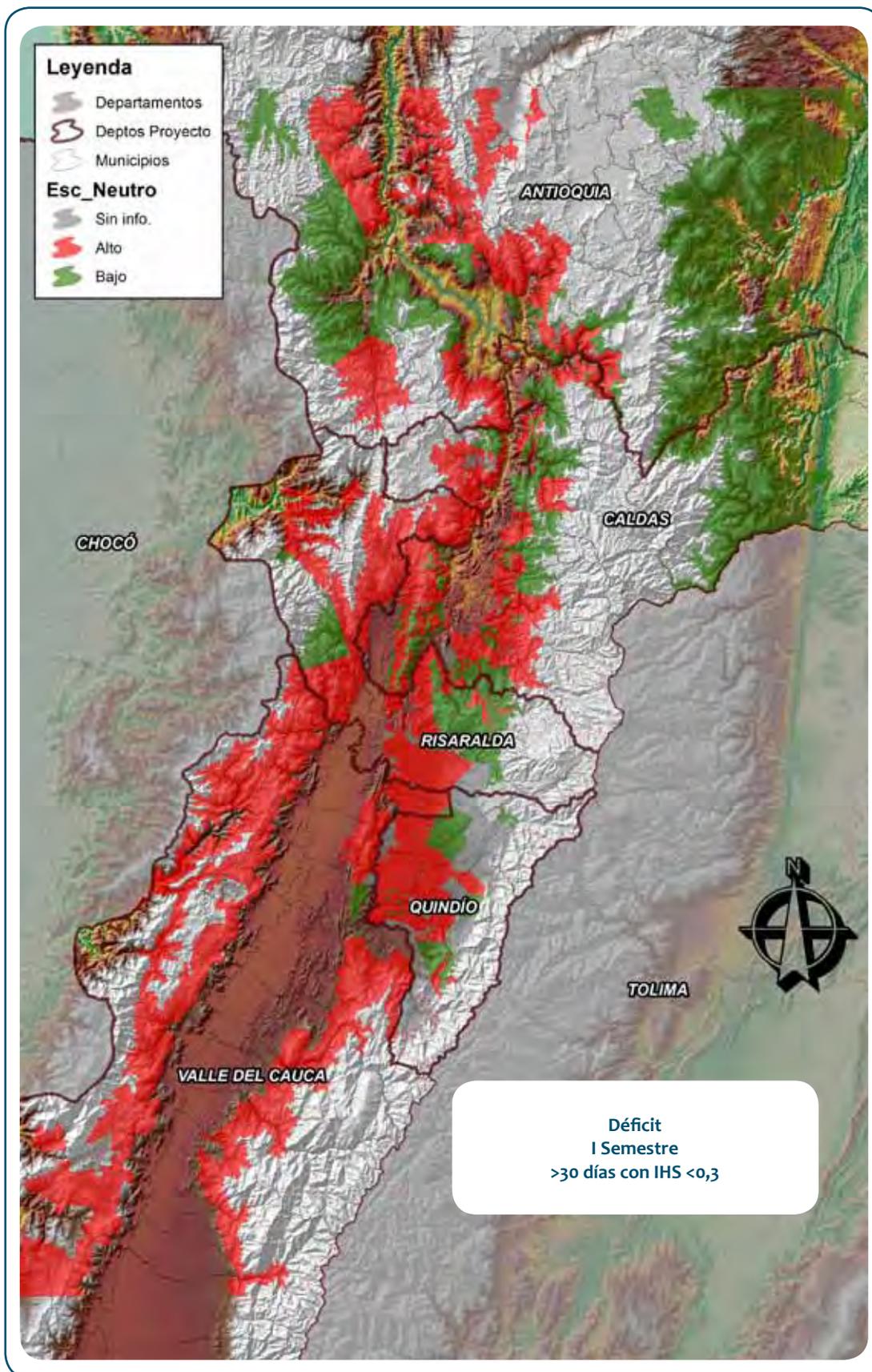


Figura 98. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por déficit hídrico durante condiciones Neutro para el primer semestre del año.

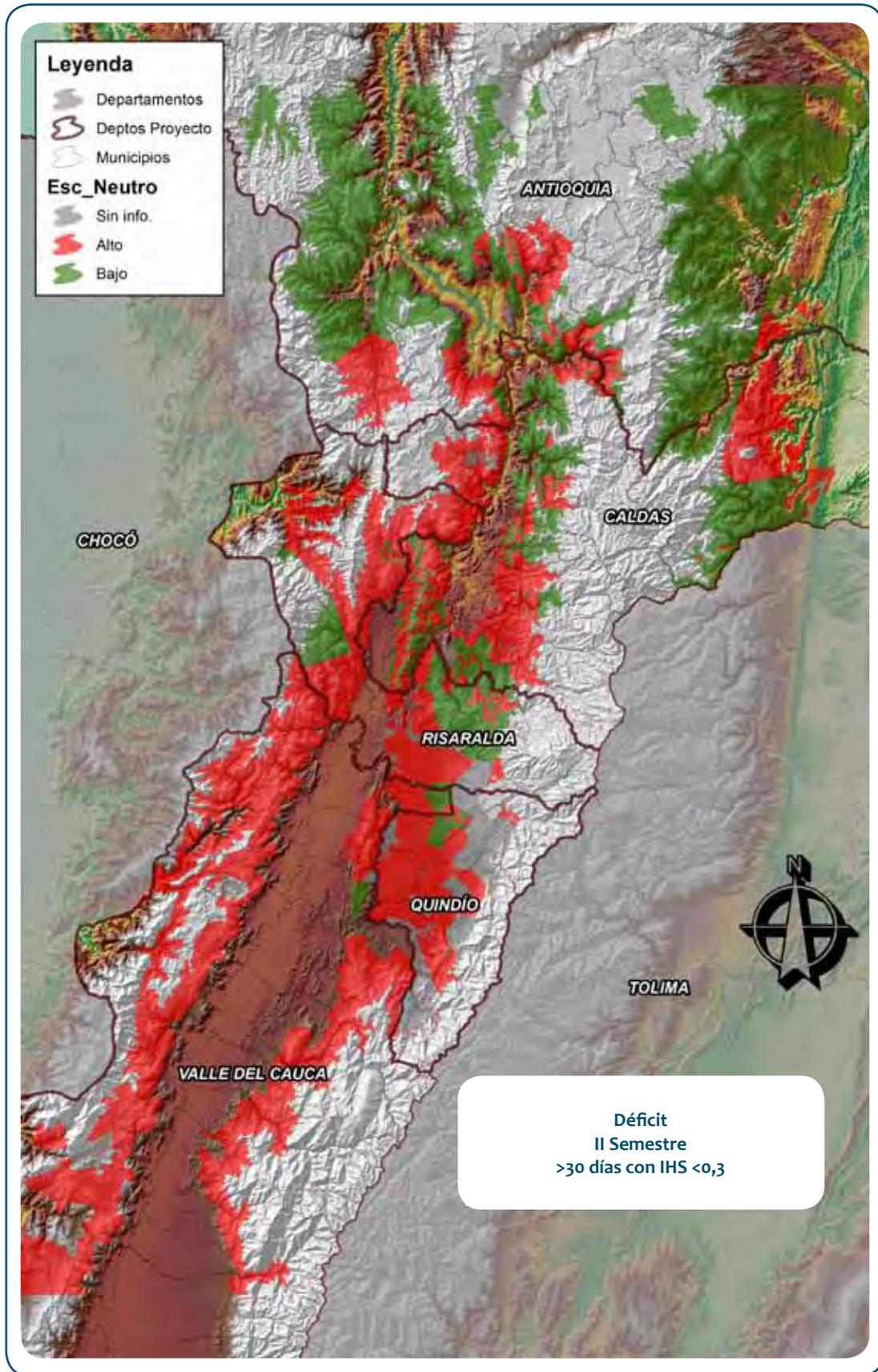


Figura 99. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por déficit hídrico durante condiciones Neutro para el segundo semestre del año.

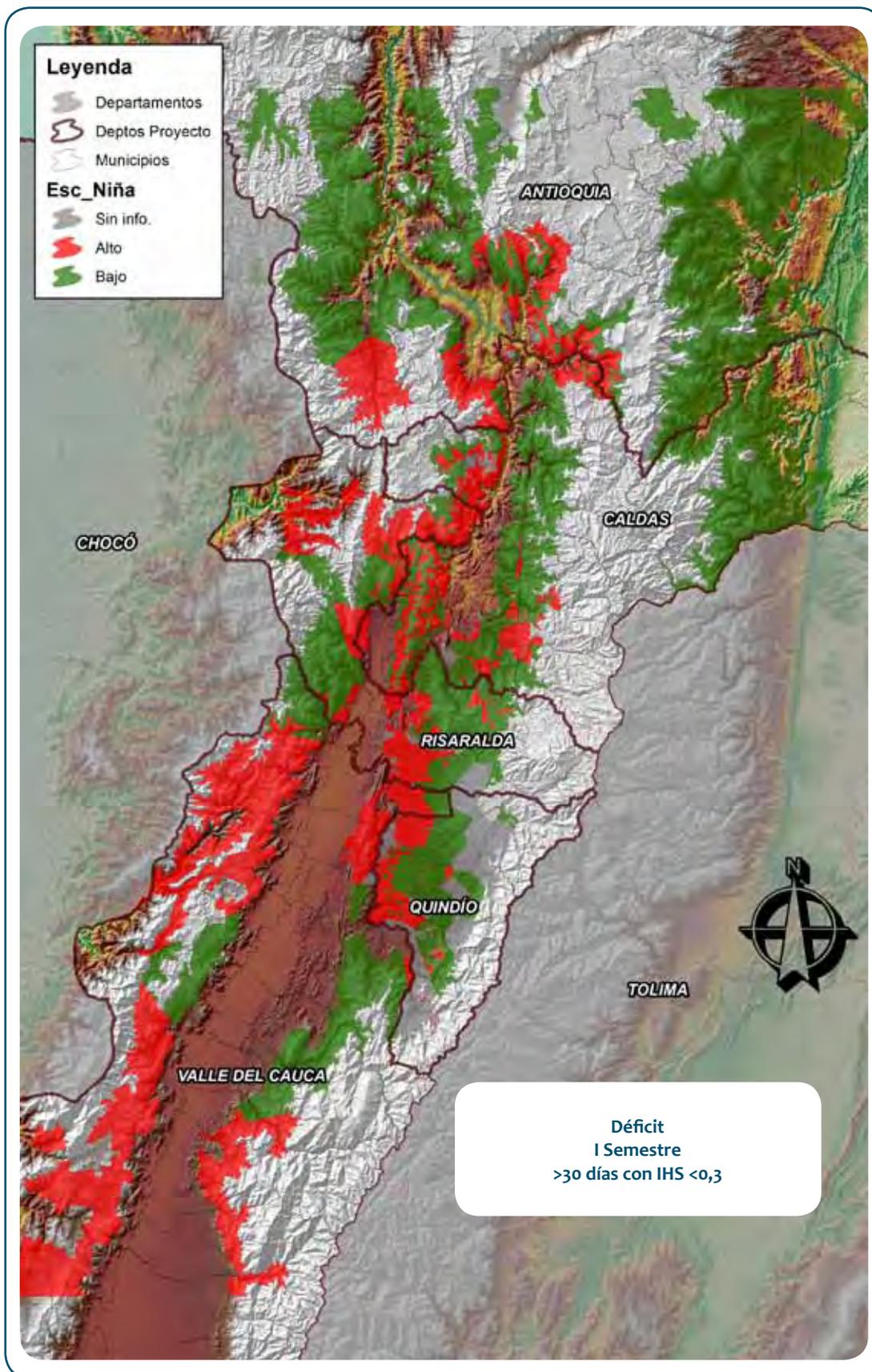


Figura 100. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por déficit hídrico durante condiciones La Niña para el primer semestre del año.

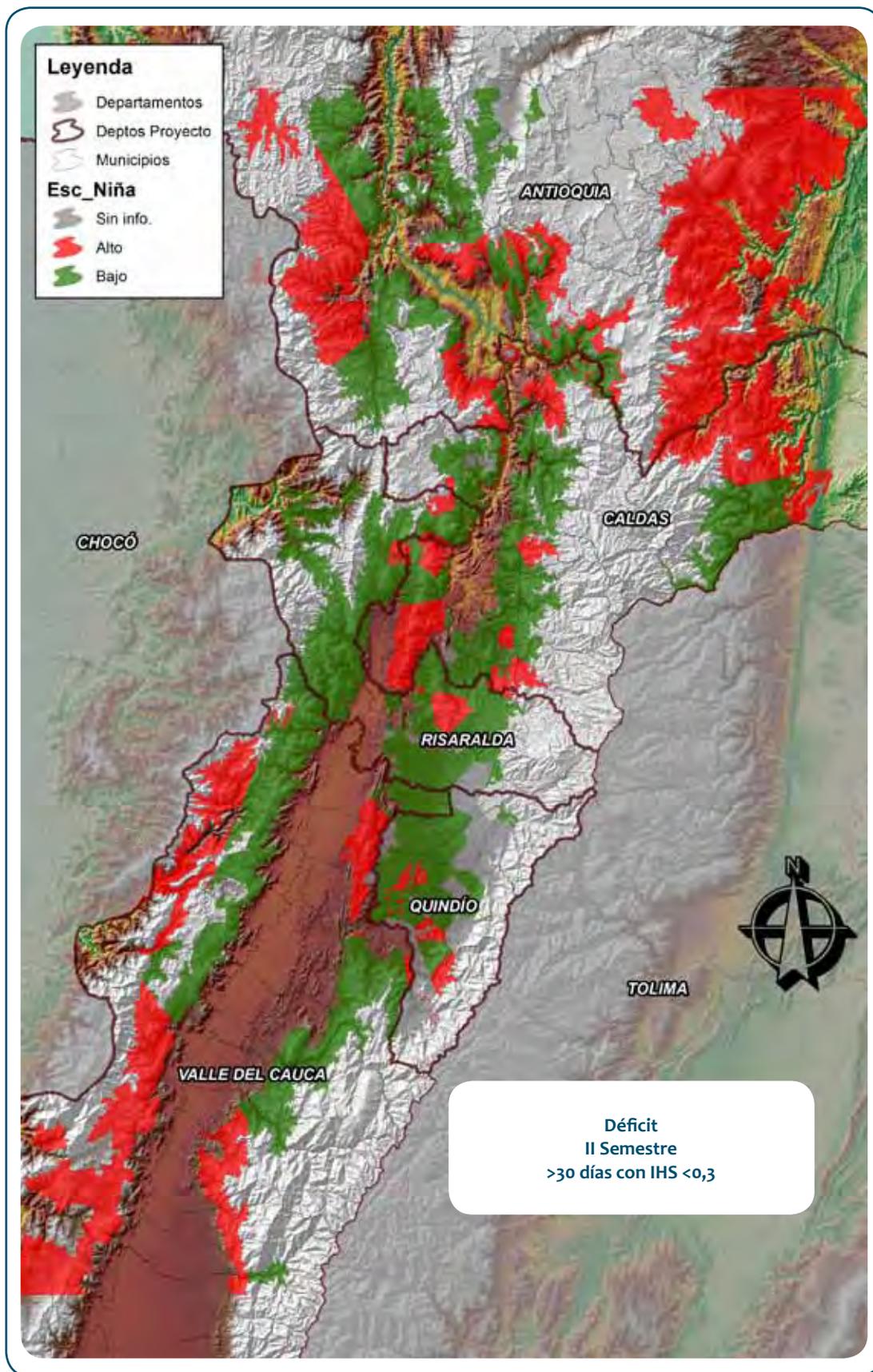


Figura 101. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por déficit hídrico durante condiciones La Niña para el segundo semestre del año.

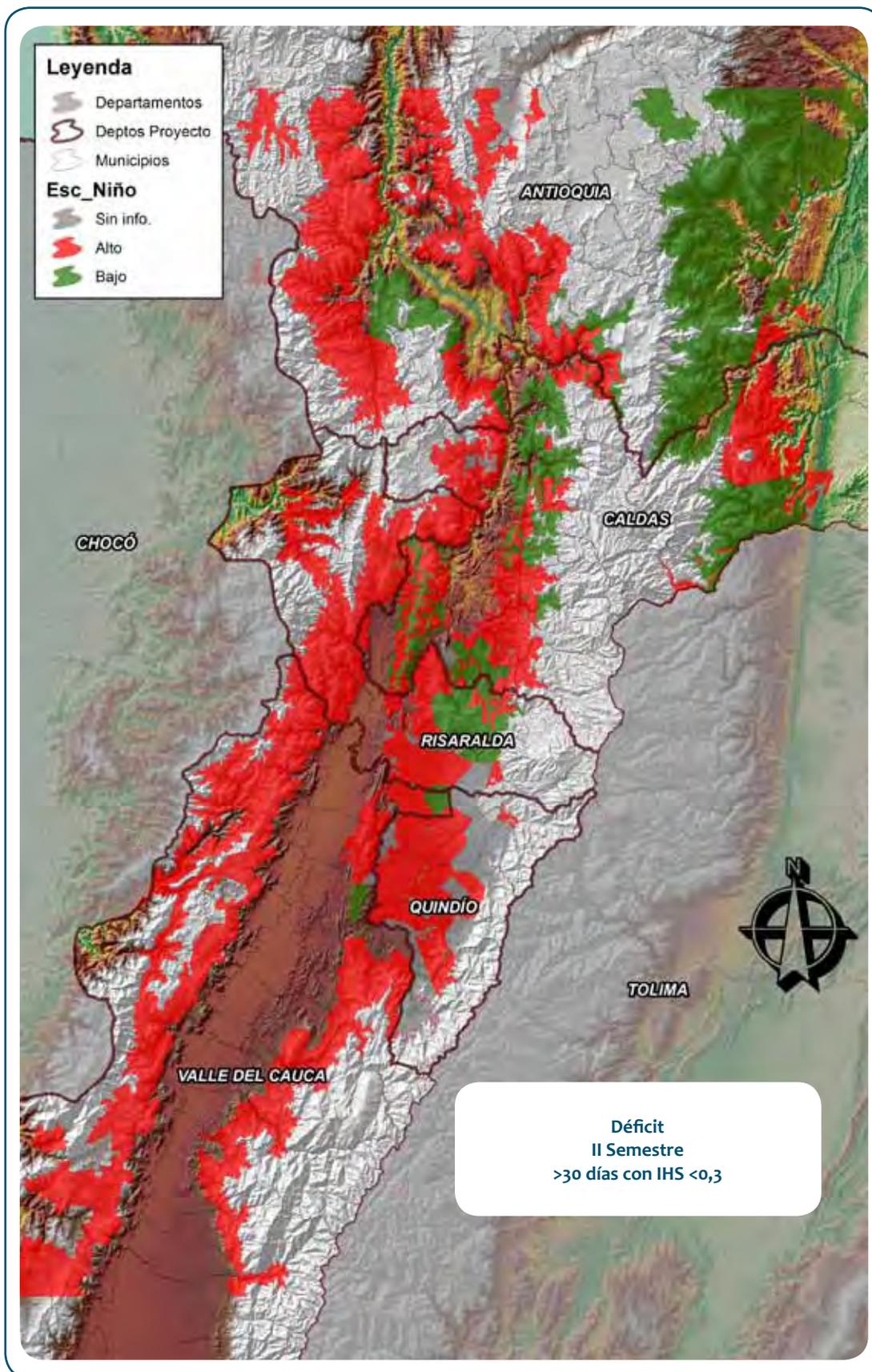


Figura 102. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por déficit hídrico durante condiciones El Niño para el primer semestre del año.

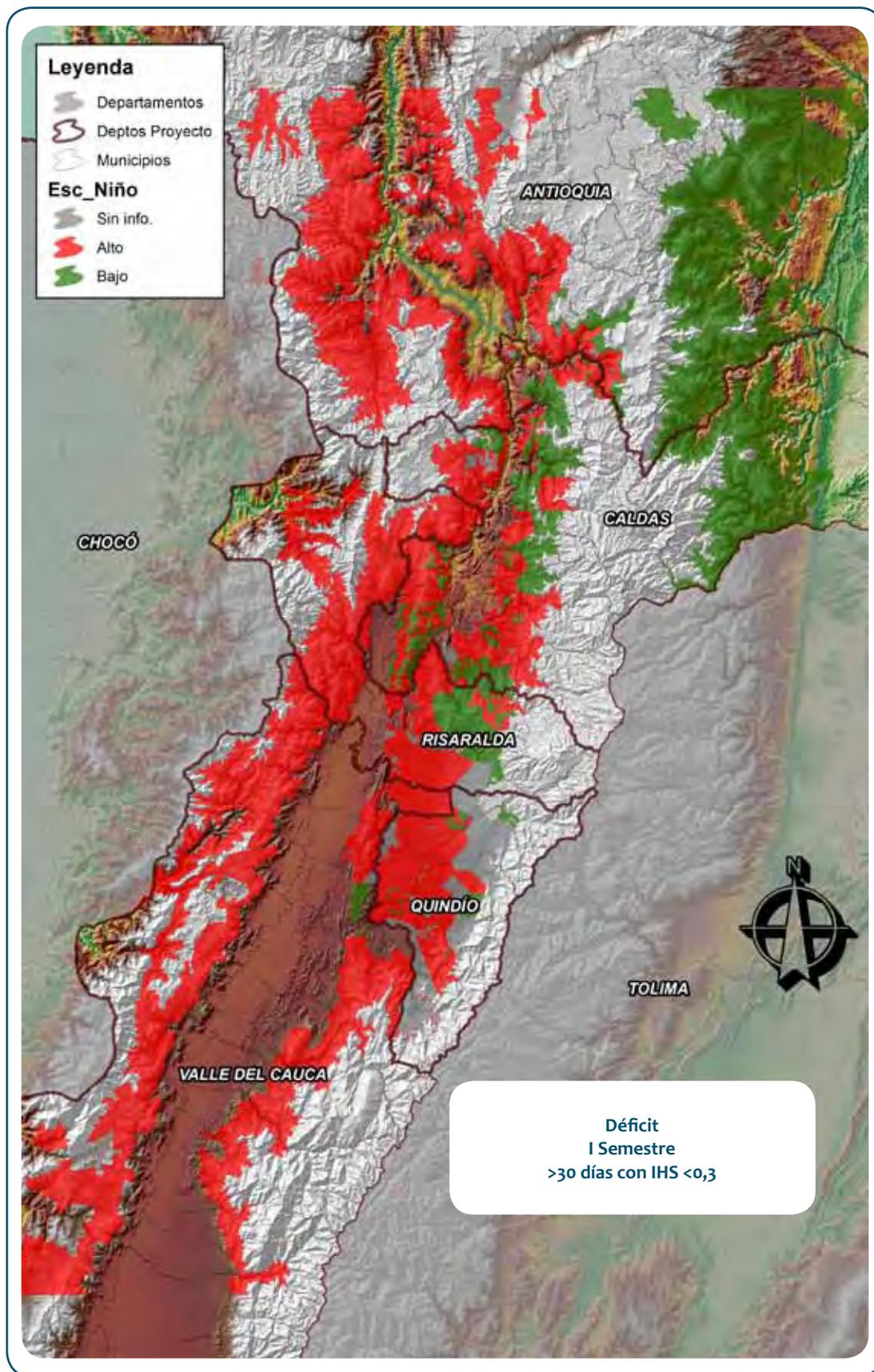


Figura 103. Áreas con riesgo potencial alto de verse afectado el rendimiento del cultivo del café por déficit hídrico durante condiciones El Niño, para el segundo semestre del año.

Los índices hídricos aplicados para café son útiles para adelantar un análisis regional sobre el riesgo potencial de la zona cafetera centro-occidental a reducir la producción por efecto de la variabilidad climática interanual, ocasionada por los eventos de El Niño/La Niña.

Los mapas de zonificación del cultivo del café para el exceso y el déficit hídrico permiten identificar las áreas de riesgo potencial por escenarios de variabilidad climática (El Niño, La Niña y Neutro), para cada departamento en donde se cuente con información mínima de suelos, clima y cultivo.

De los departamentos cafeteros considerados en el estudio se encontró que la zona cafetera del Valle del Cauca presenta mayor riesgo al déficit hídrico en escenarios de El Niño y Neutros, y al igual que es el de menor riesgo al exceso hídrico, aun en escenarios de La Niña.

Identificación de riesgos agroclimáticos potenciales en la zona cafetera colombiana: Tiempo Térmico y Amplitud Térmica. La zona cafetera de Colombia presenta unas características orográficas, geográficas e hidrográficas que son únicas e igualmente variables dentro del mismo territorio, estas condiciones hacen que las variables atmosféricas como la temperatura, la precipitación, el brillo solar y la humedad relativa, entre otras, presenten un comportamiento diferente a lo largo y ancho de cada región del país.

Para el análisis de los efectos de las variables atmosféricas sobre las plantas se hace conveniente el empleo de índices agroclimáticos, éstos integran el componente suelo-planta-atmósfera como un todo, lo que permite considerar las interacciones que se presentan entre estos tres componentes del agroecosistema del café.

Este proyecto consiste en la determinación del riesgo agroclimático a la variación de la temperatura media, máxima y mínima por medio de los índices de tiempo térmico (TT) y amplitud térmica (AT) durante los eventos de variabilidad climática inter-anual (El Niño-La Niña-Neutro) para el cultivo del café, además de la generación de modelos matemáticos que expliquen el comportamiento de la temperatura media promedio y la amplitud térmica con respecto a la altitud, para toda la zona cafetera de Colombia a nivel de región, región/latitud y en algunos casos puntuales como es la zona cafetera central a nivel de departamento (disponibilidad de información climática). El reto con la realización de estos trabajos enfocados hacia la definición del riesgo agroclimático a la variabilidad climática es la generación de la primera matriz de riesgo agroclimática para el cultivo del café

Resultados. El riesgo agroclimático generado por los cambios en temperatura durante los eventos climáticos de La Niña y El Niño puede tener efectos positivos y negativos directos sobre la floración del cultivo del café. Temperaturas medias por debajo de los 20°C dificultan la acumulación del tiempo térmico requerido para la floración, igualmente amplitudes térmicas inferiores a los 10°C impiden el estímulo de la misma.

Se logró la construcción de los modelos altitudinales para cada uno de los índices agroclimáticos térmicos descritos (Tiempo Térmico y Amplitud Térmica) por escenarios de variabilidad climática inter-anual Neutro/La Niña/El Niño, estos modelos se plantearon a nivel de región, región/latitud y a nivel departamental para aquellos que contaban con la información climática requerida para la construcción de los mismos. Así mismo, se realizó el análisis estadístico de los modelos obtenidos para garantizar la calidad de los mismos.

Adicionalmente, se determinó la probabilidad de presentarse temperaturas medias inferiores a los 20°C y amplitudes térmicas por debajo de los 10°C para cada uno de los eventos climáticos Neutro/La Niña/El Niño, para diferentes zonas altitudinales en los departamentos cafeteros de Colombia. Además, se presentan las probabilidades de tener temperaturas medias inferiores a los 20°C y amplitud térmica inferior a los 10°C para los departamentos de la zona cafetera colombiana.

También se identificaron aquellas zonas donde la temperatura media podría alcanzar valores superiores o iguales a los 25°C, los cuales son igualmente perjudiciales e impiden que la planta de café exprese su máximo potencial productivo.

Se hizo la espacialización del riesgo por temperatura y amplitud térmica para el departamento de Risaralda como un piloto, para luego ser aplicado a los demás departamentos analizados, también se hizo el cálculo del porcentaje de área en riesgo potencial para este mismo departamento.

Modelos altitudinales de temperatura media y amplitud térmica probables al 90% para la zona cafetera colombiana por Región/Latitud. Se obtuvieron los modelos altitudinales de temperatura media probable al 95% y la amplitud térmica probable al 95% para cada condición climática (Neutro/La Niña/El Niño) en diferentes latitudes dentro de una misma región (Cuenca Cauca 2° - 5°, Cuenca Cauca 5° - 7°, Cuenca Magdalena 3° - 4°, Cuenca Magdalena 4° - 7° y Región Atlántica > 7°). En las Figuras 104 a la 111 se muestra el comportamiento de la temperatura y la altitud para cada escenario climático y en cada una de las regiones/latitud definidas.

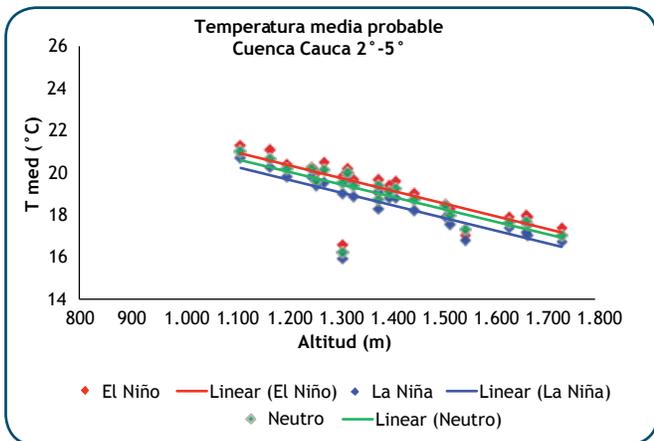


Figura 104. Relación entre la temperatura media probable al 90% y la altitud para la Cuenca Cauca en la latitud 2° - 5° en la zona cafetera colombiana durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

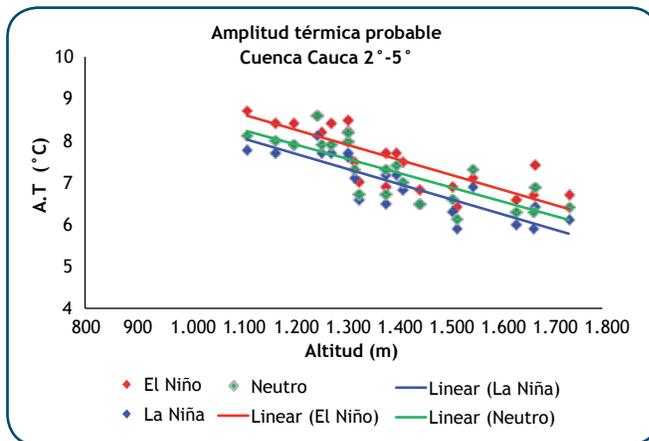


Figura 105. Relación entre la amplitud térmica probable al 90% y la altitud para la Cuenca Cauca en la latitud 2° - 5° en la zona cafetera colombiana durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

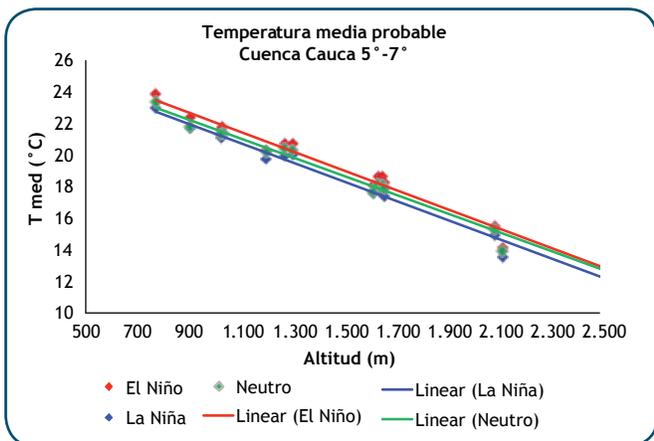


Figura 106. Relación entre la temperatura media probable al 90% y la altitud para la Cuenca Cauca en la latitud 5° - 7° en la zona cafetera colombiana durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

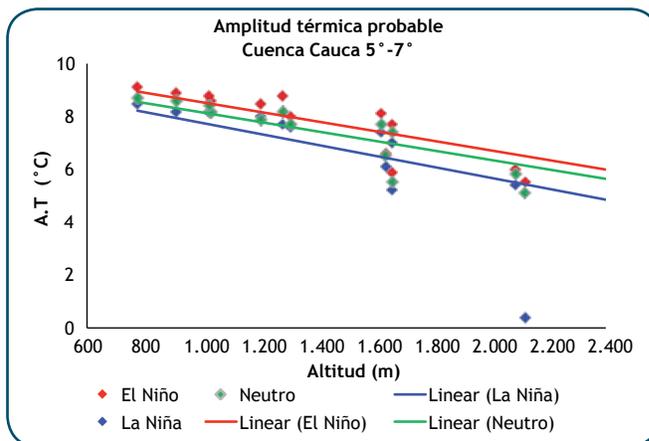


Figura 107. Relación entre la amplitud térmica probable al 90% y la altitud para la Cuenca Cauca en la latitud 5° - 7° en la zona cafetera colombiana durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

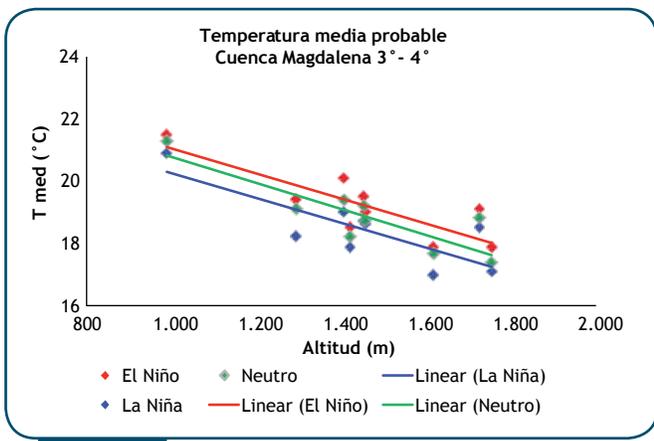


Figura 108. Relación entre la temperatura media probable al 90% y la altitud para la Cuenca Magdalena en la latitud 3° - 4° en la zona cafetera colombiana durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

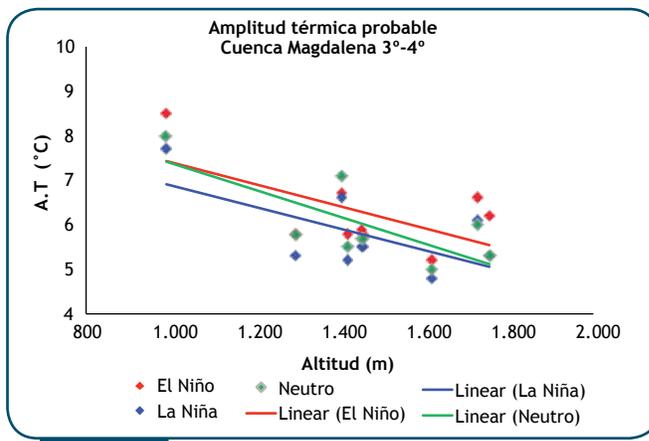


Figura 109. Relación entre la amplitud térmica probable al 90% y la altitud para la Cuenca Magdalena en la latitud 3° - 4° de la zona cafetera colombiana durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

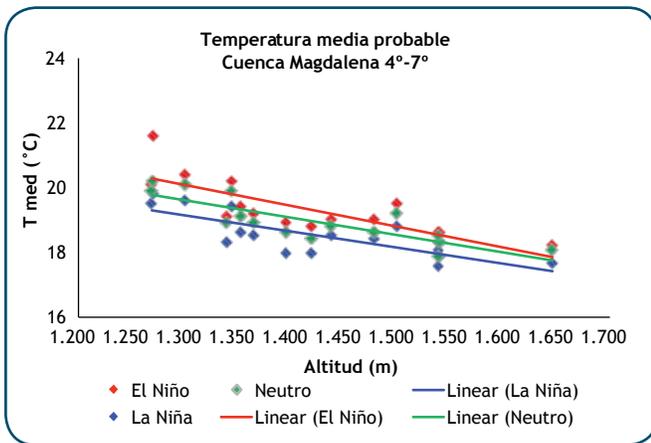


Figura 110. Relación entre la temperatura media probable al 90% y la altitud para la Cuenca Magdalena en la latitud 4° - 7° de la zona cafetera colombiana durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

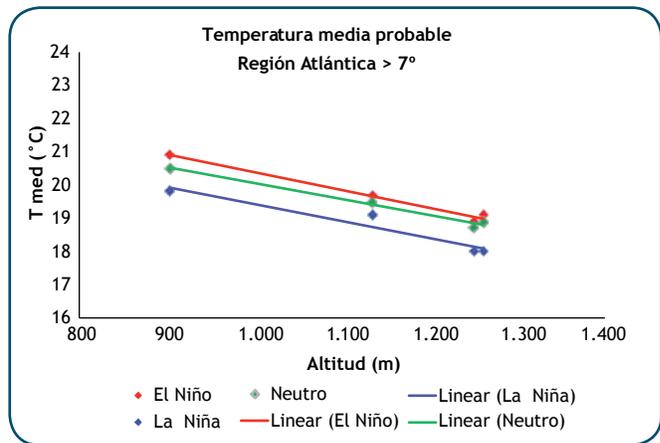


Figura 111. Relación entre la temperatura media probable al 90% y la altitud para la Región Atlántica >7° de la zona cafetera colombiana durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

Probabilidades de presentar temperaturas medias diarias inferiores a 20°C para los departamentos de la zona cafetera colombiana– Efectos sobre acumulación del tiempo térmico. Algunos lugares de la zona cafetera Colombiana tienden a presentar temperaturas inferiores a 20°C y superiores a 25°C. A

continuación se presentan aquellas zonas cafeteras que podrían presentar temperaturas inferiores a los 20°C y su probabilidad de ocurrencia. En las Figuras 112 a la 125 se muestran las zonas y la probabilidad de ocurrencia para cada condición de variabilidad climática inter-anual para los diferentes departamentos cafeteros del país.

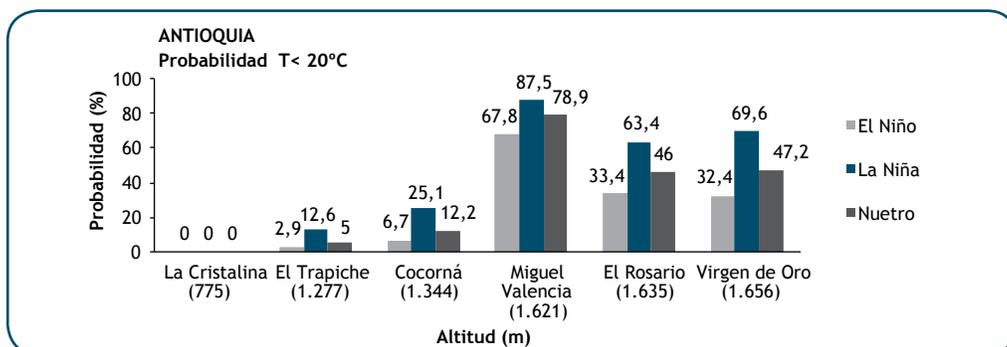


Figura 112. Probabilidad de presentarse una temperatura media < 20° C en la zona cafetera del departamento de Antioquia durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

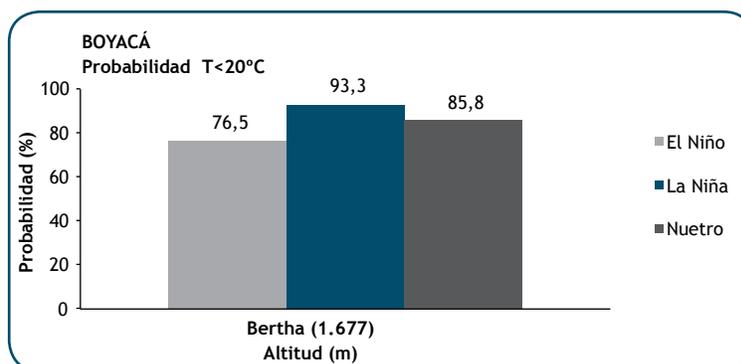


Figura 113. Probabilidad de presentarse una temperatura media < 20° C en la zona cafetera del departamento de Boyacá durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

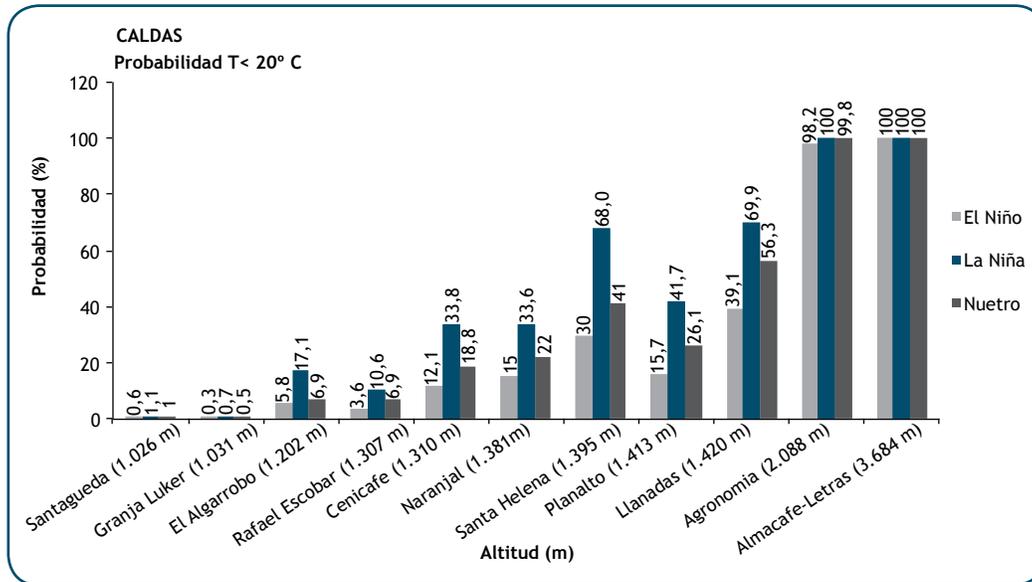


Figura 114. Probabilidad de presentarse una temperatura media < 20° C en la zona cafetera del departamento de Caldas durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

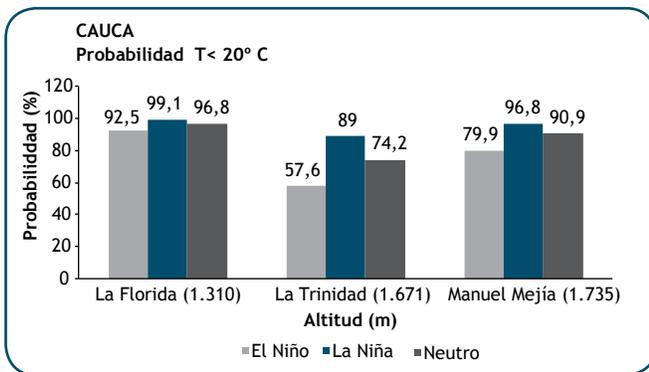


Figura 115. Probabilidad de presentarse una temperatura media < 20° C en la zona cafetera del departamento de Cauca durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

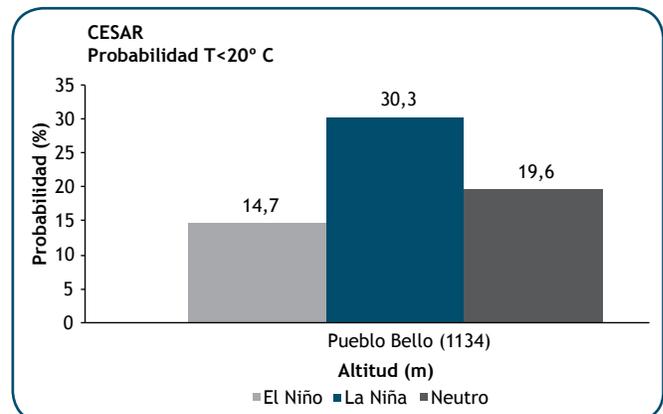


Figura 116. Probabilidad de presentarse una temperatura media < 20° C en la zona cafetera del departamento de Cesar durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

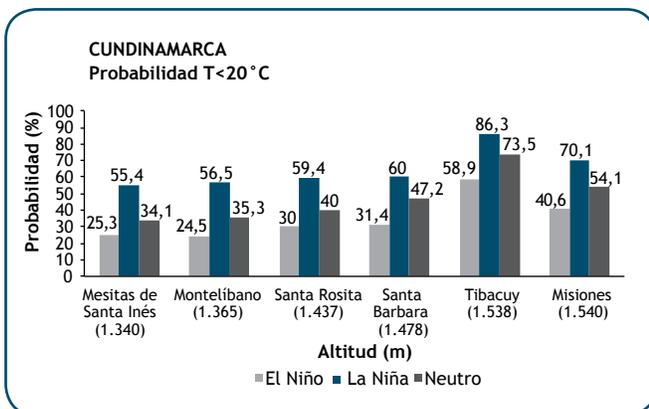


Figura 117. Probabilidad de presentarse una temperatura media < 20° C en la zona cafetera del departamento de Cundinamarca durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

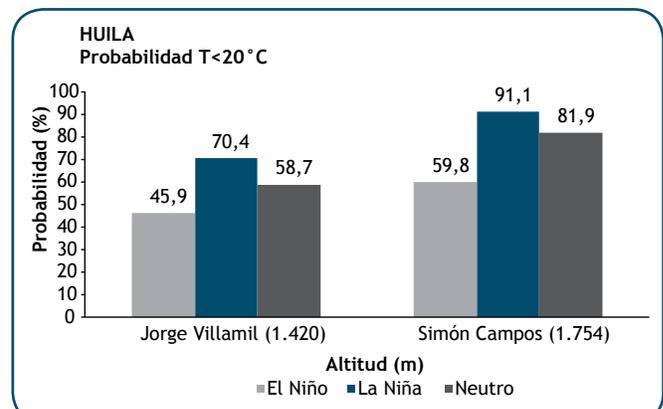


Figura 118. Probabilidad de presentarse una temperatura media < 20° C en la zona cafetera del departamento de Huila durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

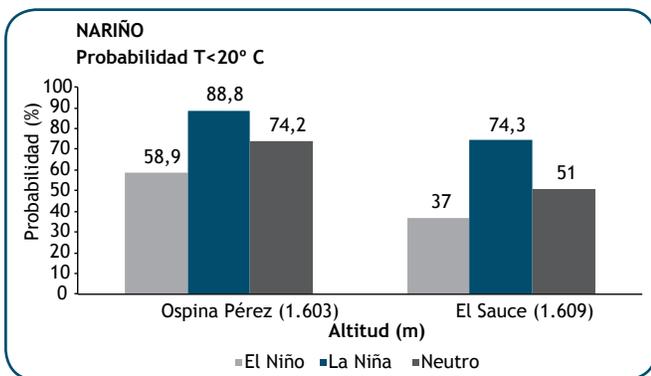


Figura 119. Probabilidad de presentarse una temperatura media $< 20^{\circ}\text{C}$ en la zona cafetera del departamento de Nariño durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

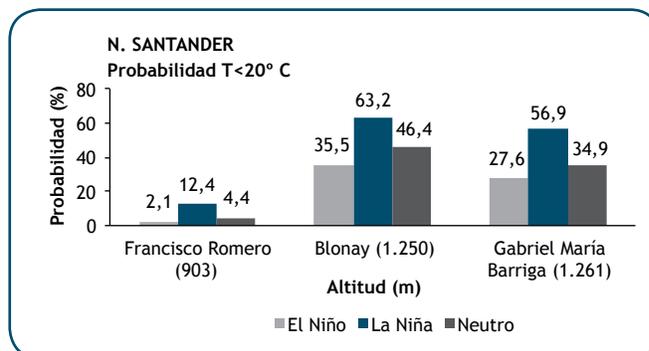


Figura 120. Probabilidad de presentarse una temperatura media $< 20^{\circ}\text{C}$ en la zona cafetera del departamento de Norte de Santander durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

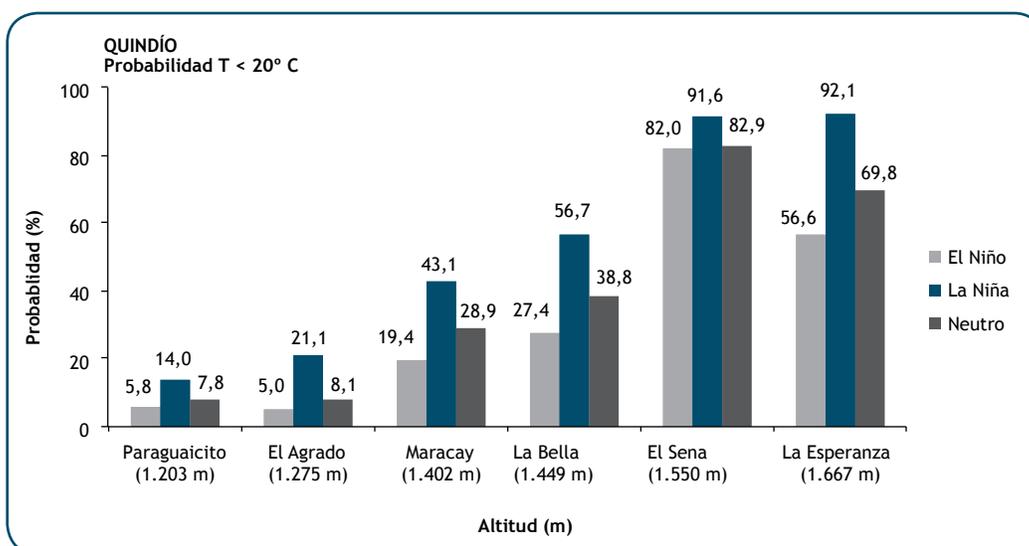


Figura 121. Probabilidad de presentarse una temperatura media $< 20^{\circ}\text{C}$ en la zona cafetera del departamento de Quindío durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

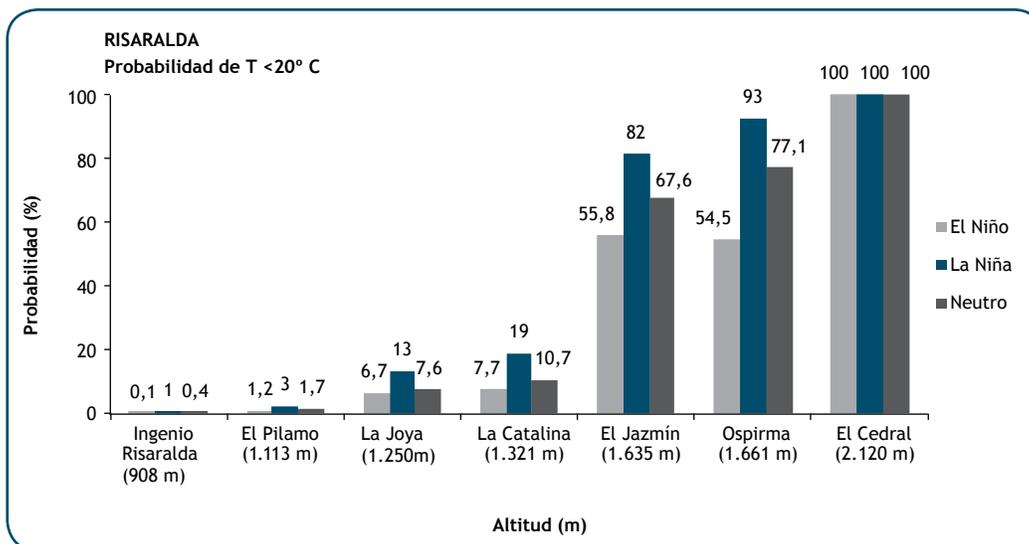


Figura 122. Probabilidad de presentarse una temperatura media $< 20^{\circ}\text{C}$ en la zona cafetera del departamento de Risaralda durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

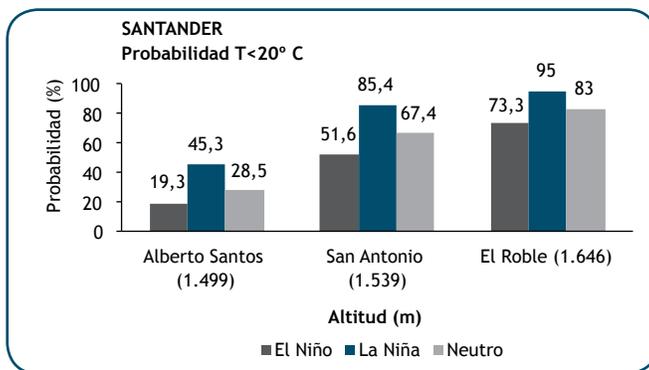


Figura 123. Probabilidad de presentarse una temperatura media $< 20^{\circ}\text{C}$ en la zona cafetera del departamento de Santander durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

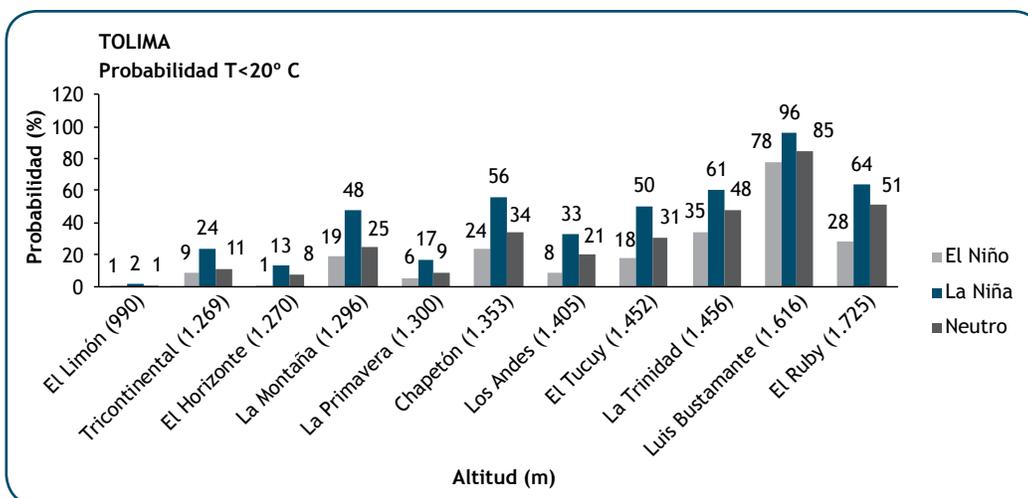


Figura 124. Probabilidad de presentarse una temperatura media $< 20^{\circ}\text{C}$ en la zona cafetera del departamento de Tolima durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

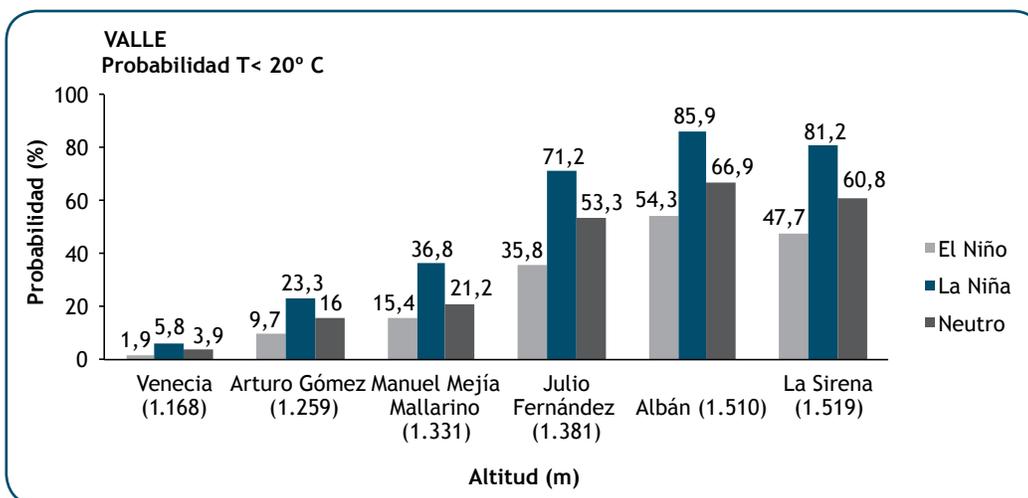


Figura 125. Probabilidad de presentarse una temperatura media $< 20^{\circ}\text{C}$ en la zona cafetera del departamento de Valle durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

Probabilidades de presentarse temperaturas medias diarias superiores a 25°C en la zona cafetera colombiana. A continuación se presentan aquellas zonas cafeteras que podrían presentar temperaturas superiores a los 25°C y su probabilidad de ocurrencia. En las Figuras 126, 127 y 128 se muestran las zonas y la probabilidad de ocurrencia de tener $T > 25^{\circ}\text{C}$ para cada condición climática Neutro/La Niña/El Niño y una panorámica de las tres condiciones para las zonas que presentan esta característica climática.

Probabilidades de presentar amplitud térmica inferior a 10°C para los departamentos de la zona cafetera colombiana. La amplitud térmica se estima como la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima a nivel diario ($T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}$) y se considera como el estímulo térmico necesario para el inicio de la floración. Amplitudes

térmicas inferiores a 10°C y consecutivas (> 50 días por trimestre), impiden el estímulo de la floración. En las Figuras 126-138 se muestran para cada uno de los departamentos productores de café las zonas y la probabilidad de ocurrencia de tener $A.T < 10^{\circ}\text{C}$ durante las condiciones climáticas Neutro/La Niña/El Niño (Figuras 129 a la 142).

Espacialización del riesgo agroclimático por temperatura y amplitud térmica para el departamento de Risaralda. Utilizando los modelos obtenidos para el departamento de Risaralda se procedió hacer la espacialización del riesgo agroclimático por temperatura y amplitud térmica por medio del modelo digital de elevación. Se calculó el área en riesgo potencial alto para los eventos climáticos Neutro /La Niña/El Niño y el área de transición entre un evento climático y otro (Figuras 143 a la 148).

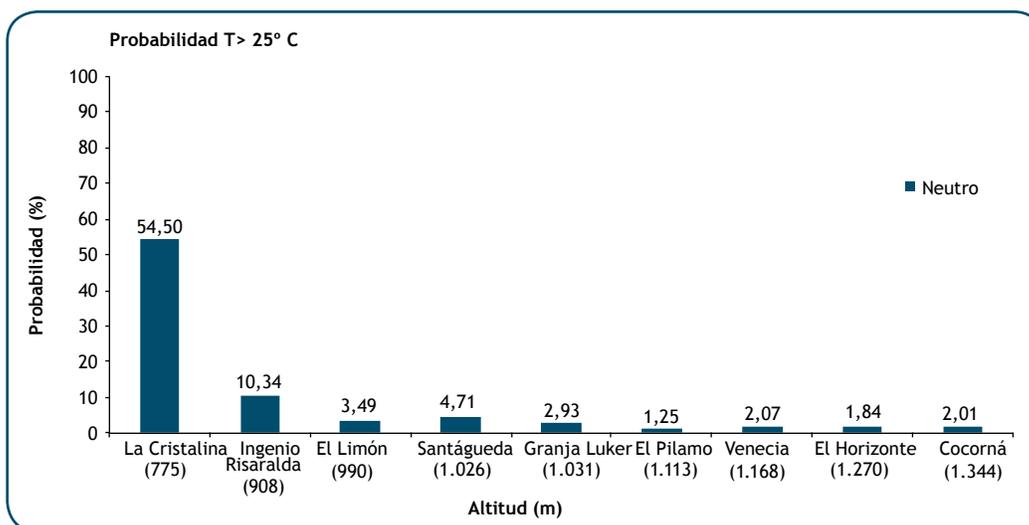


Figura 126. Probabilidad de presentarse una temperatura media > 25° C en la zona cafetera de Colombia durante el evento climático Neutro.

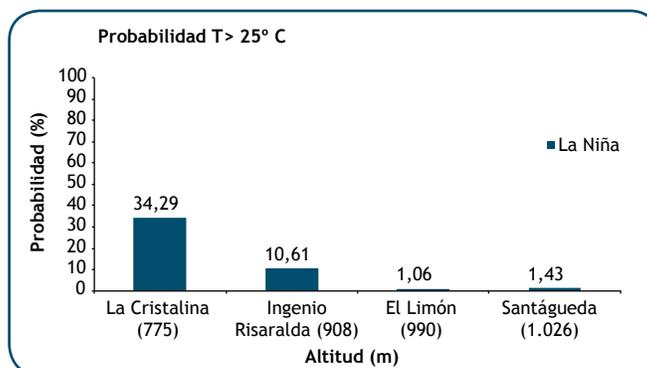


Figura 127. Probabilidad (%) de presentarse una temperatura media > 25° C en la zona cafetera de Colombia durante el evento climático La Niña.

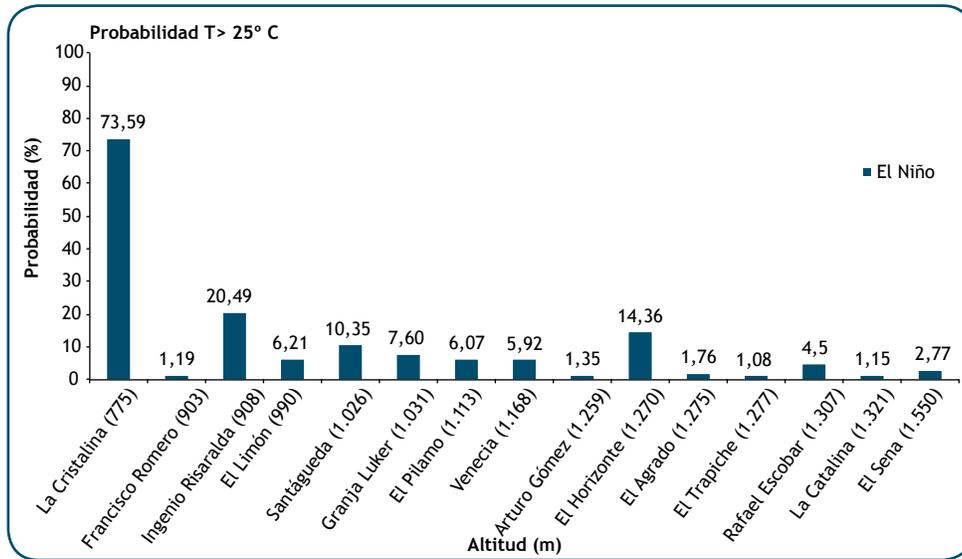


Figura 128. Probabilidad (%) de presentarse una temperatura media > 25° C en la zona cafetera de Colombia durante el evento climático El Niño.

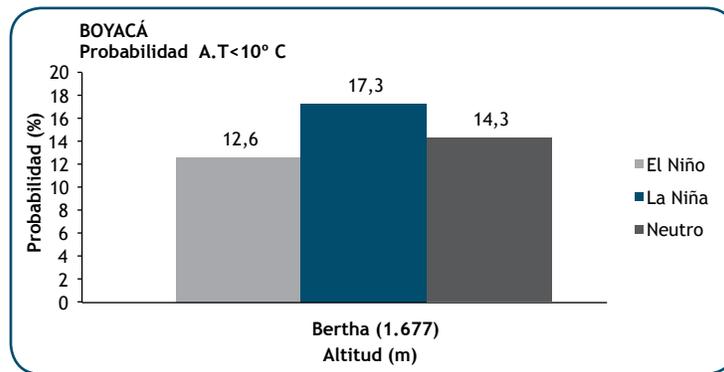


Figura 130. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica < 10° C en la zona cafetera del departamento de Boyacá durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

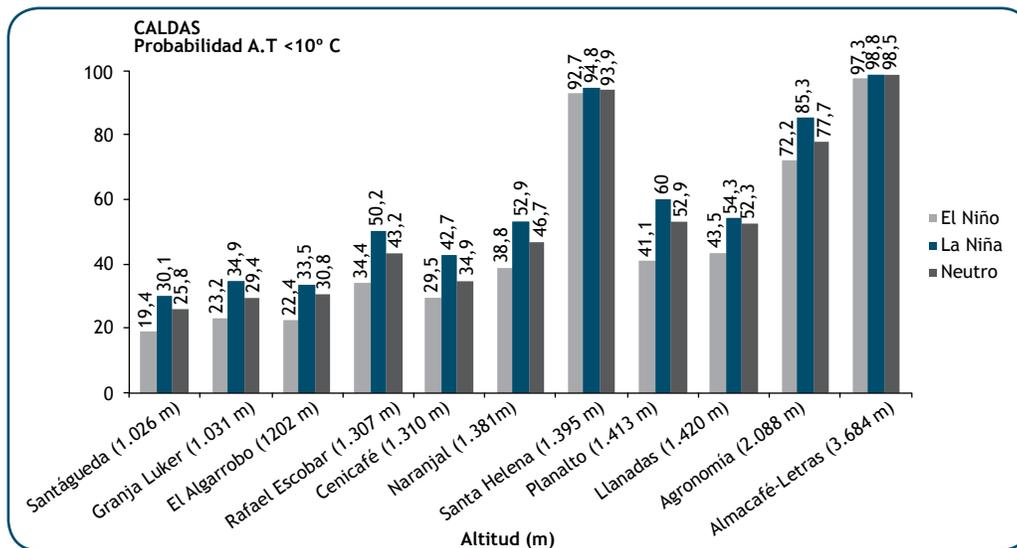


Figura 131. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica < 10° C en la zona cafetera del departamento de Caldas durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

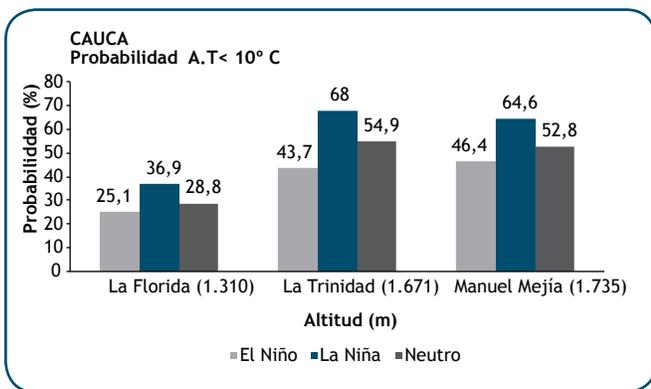


Figura 132. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica <math>< 10^{\circ}C</math> en la zona cafetera del departamento de Cauca durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

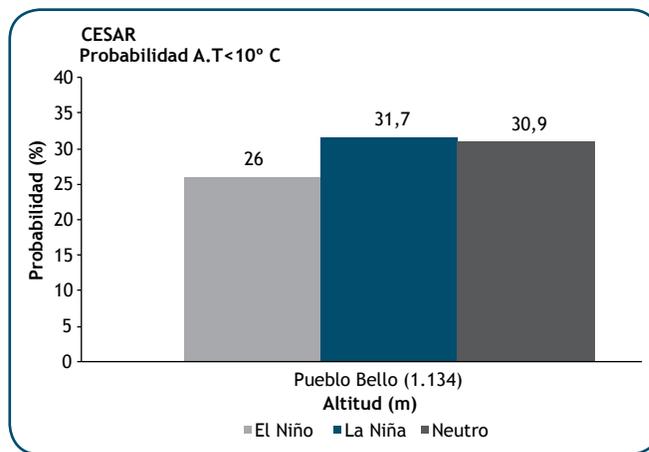


Figura 133. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica <math>< 10^{\circ}C</math> en la zona cafetera del departamento de Cesar durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

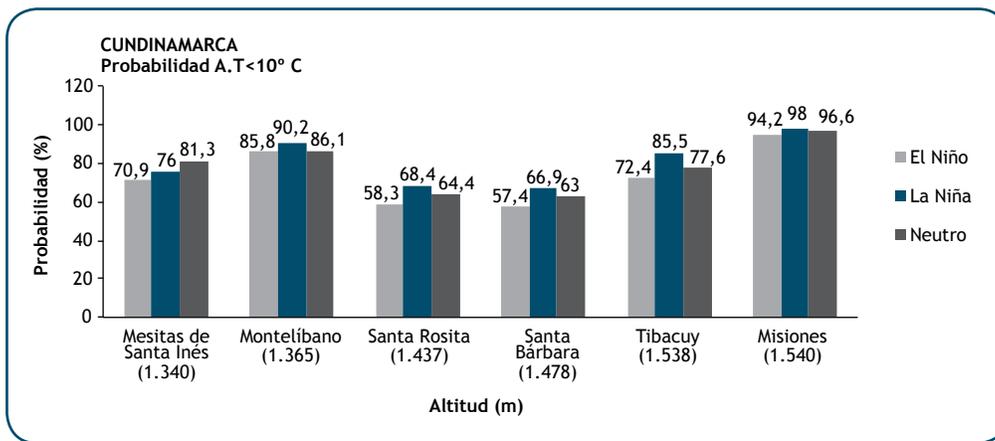


Figura 134. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica <math>< 10^{\circ}C</math> en la zona cafetera del departamento de Cundinamarca durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

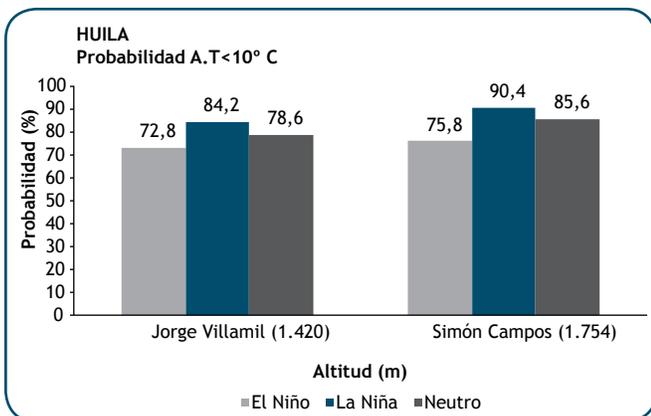


Figura 135. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica <math>< 10^{\circ}C</math> en la zona cafetera del departamento de Huila durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

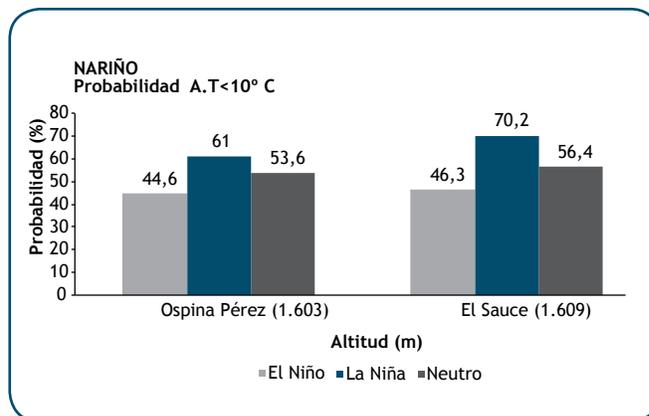


Figura 136. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica <math>< 10^{\circ}C</math> en la zona cafetera del departamento de Nariño durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

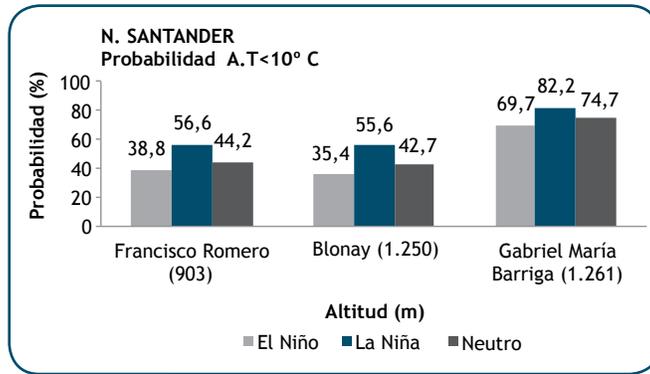


Figura 137. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica < 10° C en la zona cafetera del departamento de Norte de Santander durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

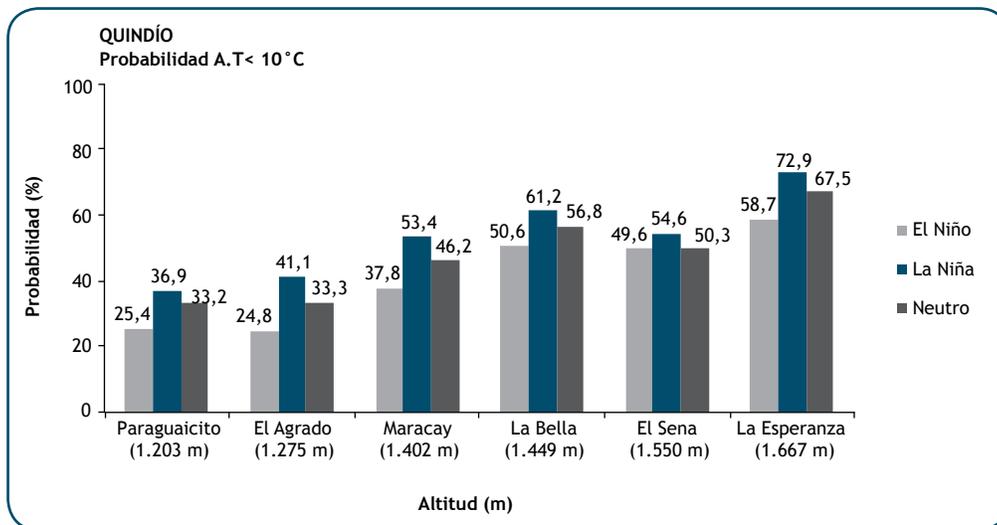


Figura 138. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica < 10° C en la zona cafetera del departamento de Quindío durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

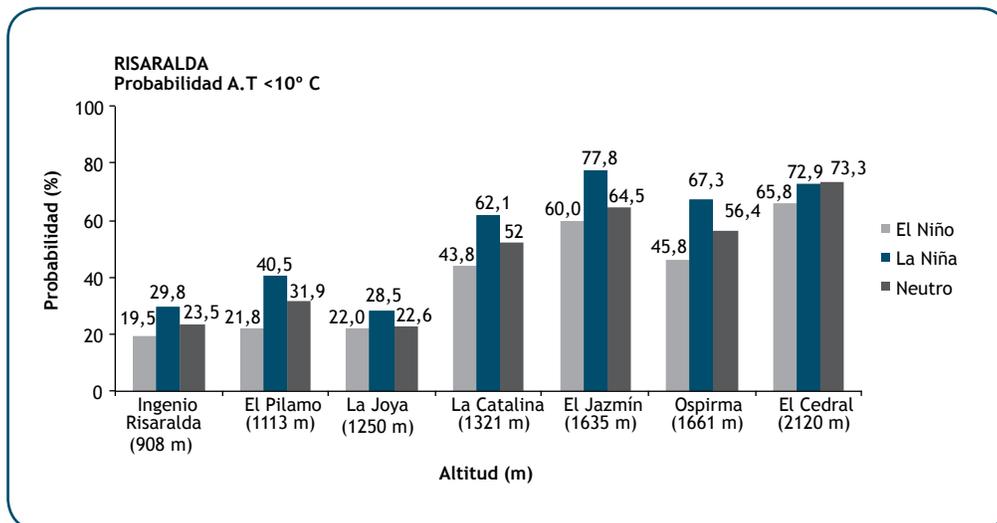


Figura 139. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica < 10° C en la zona cafetera del departamento de Risaralda durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

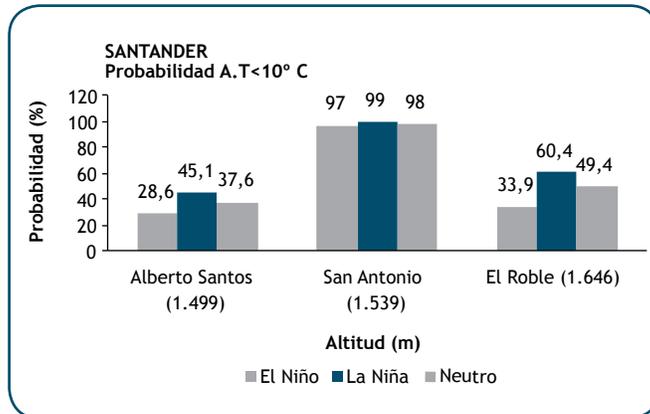


Figura 140. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica < 10° C en la zona cafetera del departamento de Santander durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

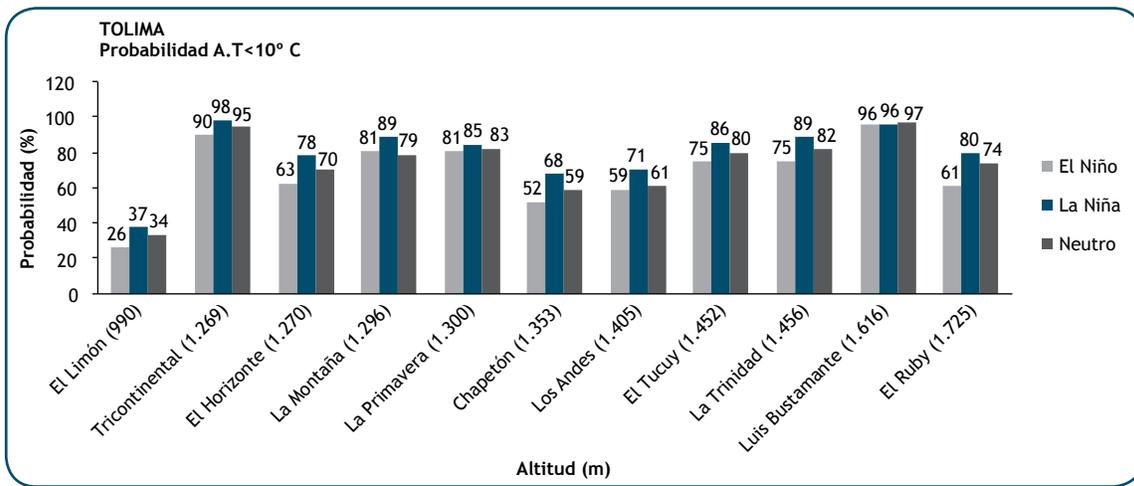


Figura 141. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica < 10° C en la zona cafetera del departamento de Tolima durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

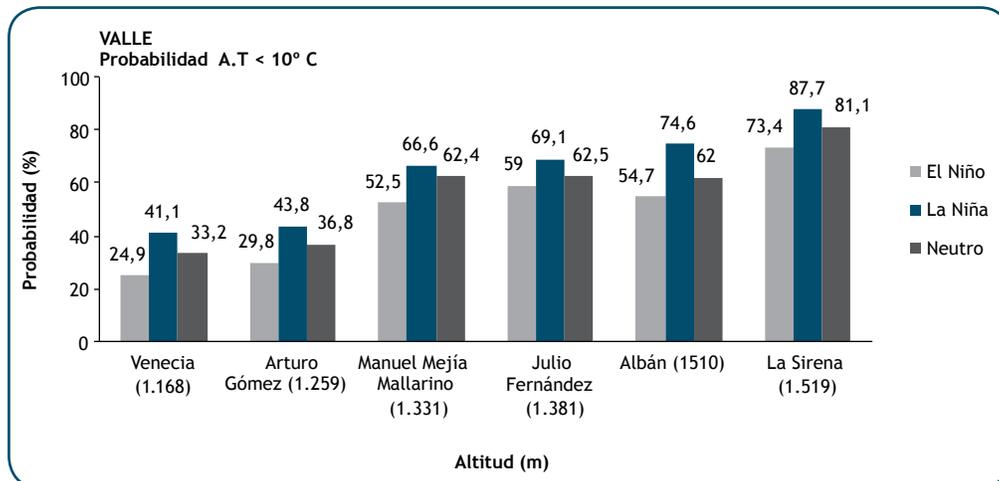


Figura 142. Probabilidad (%) de presentarse una amplitud térmica < 10° C en la zona cafetera del departamento de Valle durante los eventos climáticos de Neutro/La Niña/ El Niño.

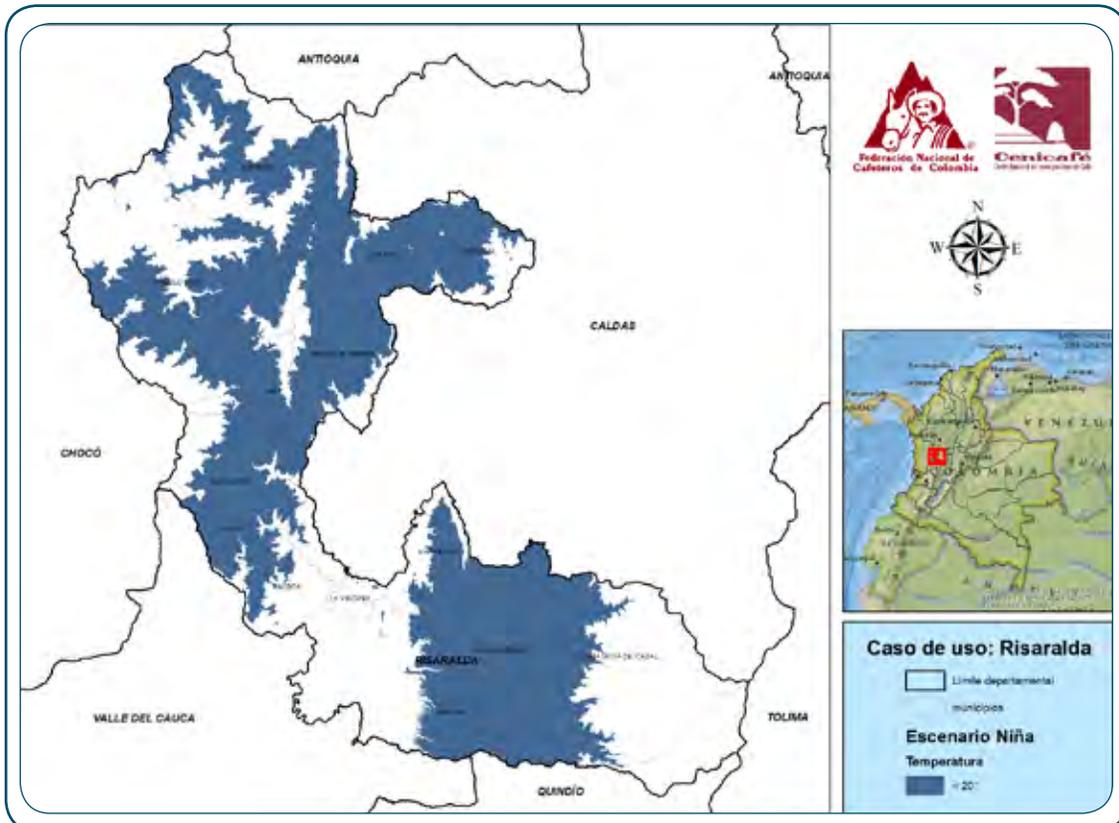


Figura 143. Espacialización del riesgo agroclimático por temperatura durante el evento climático de El Niño.

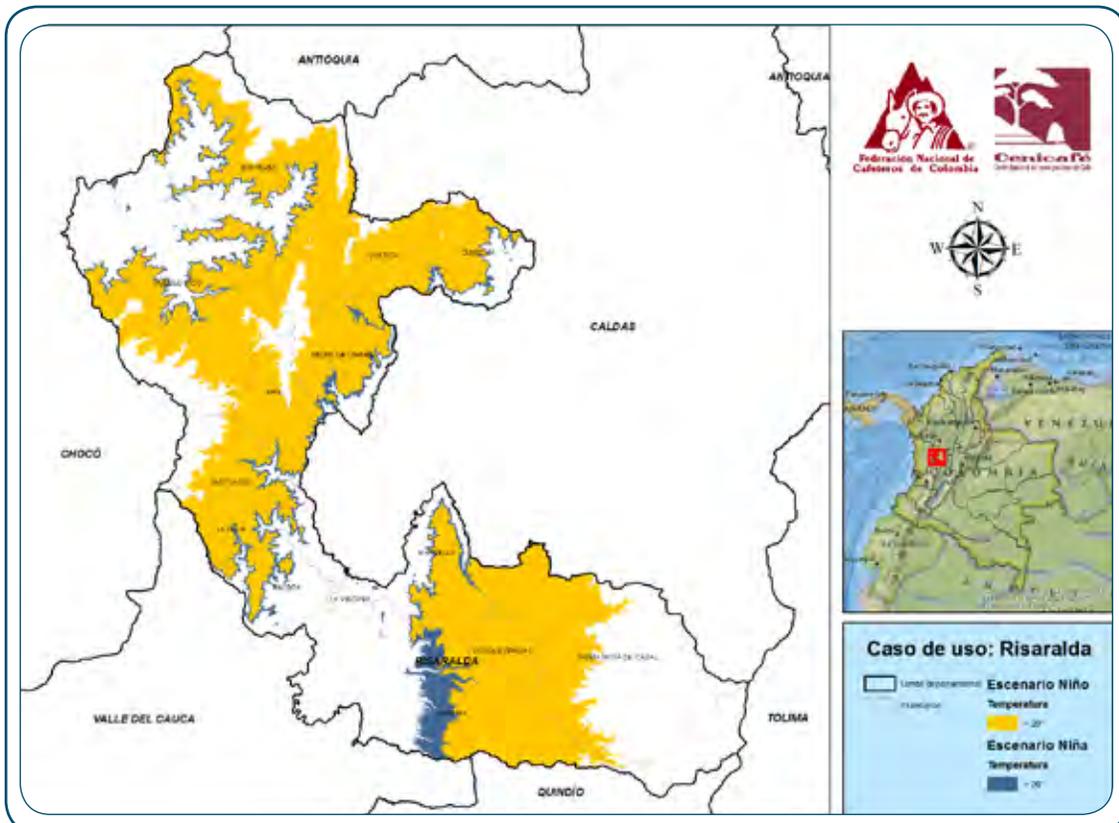


Figura 144. Espacialización del riesgo agroclimático por temperatura durante el evento climático de El Niño.

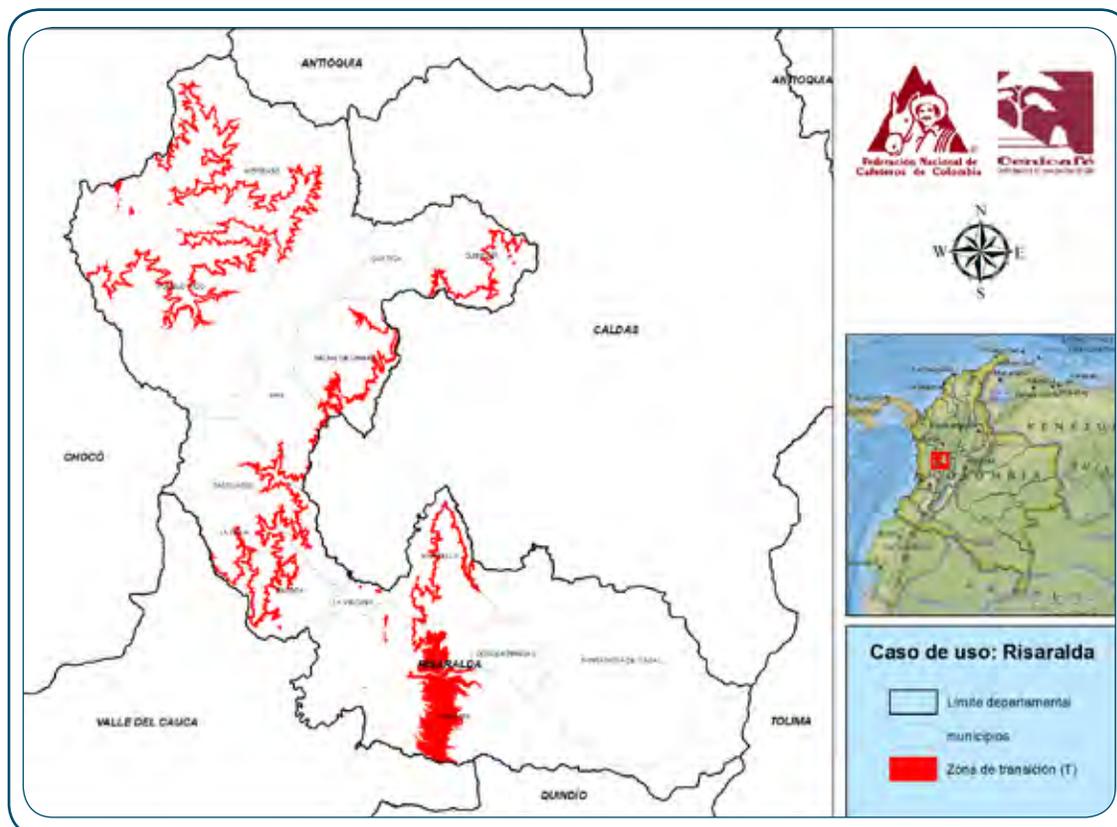


Figura 145. Espacialización de la zona de transición durante los eventos climáticos de La Niña - El Niño para el riesgo agroclimático por temperatura.

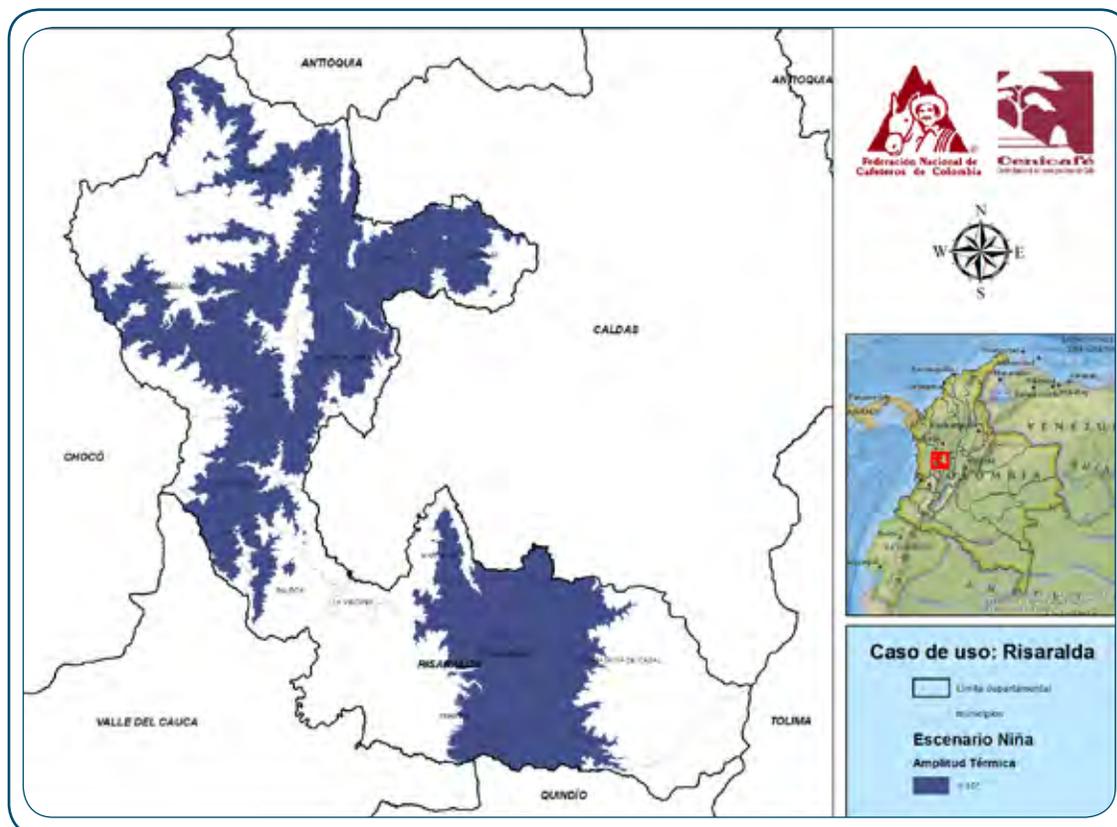


Figura 146. Espacialización del riesgo agroclimático por amplitud térmica durante el evento climático de La Niña.

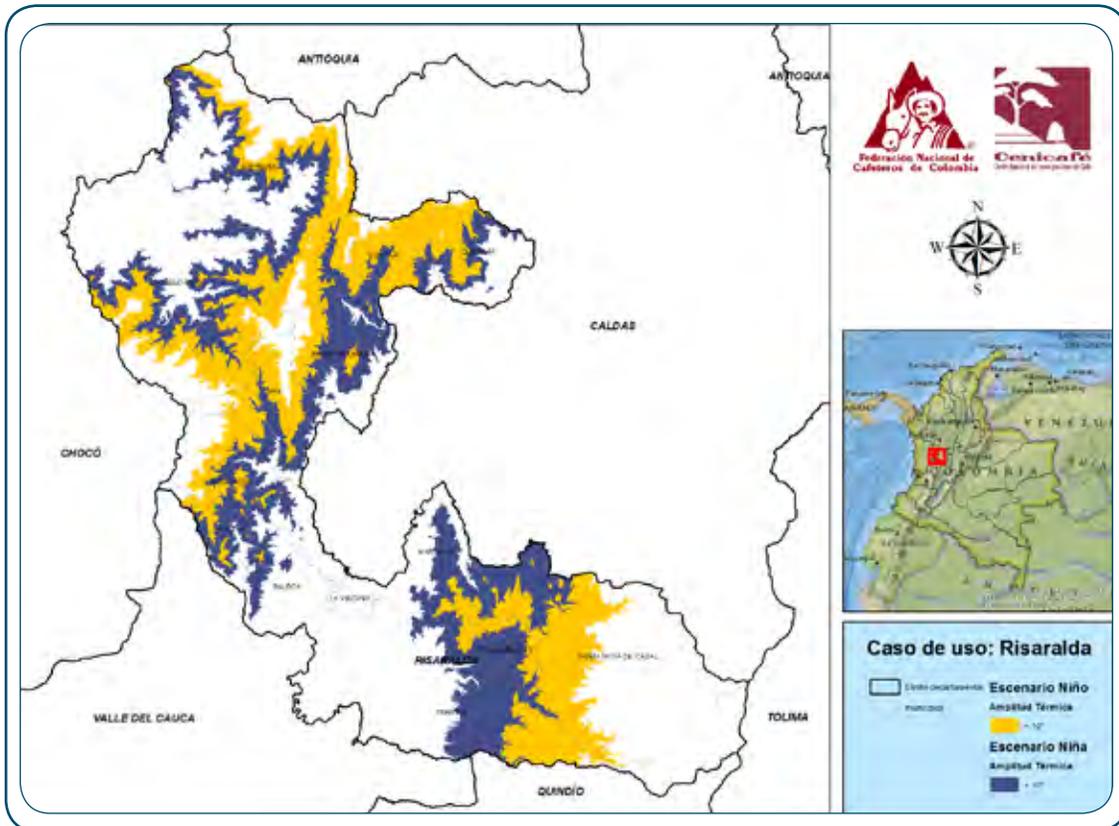


Figura 147. Espacialización del riesgo agroclimático por amplitud térmica durante el evento climático de El Niño.

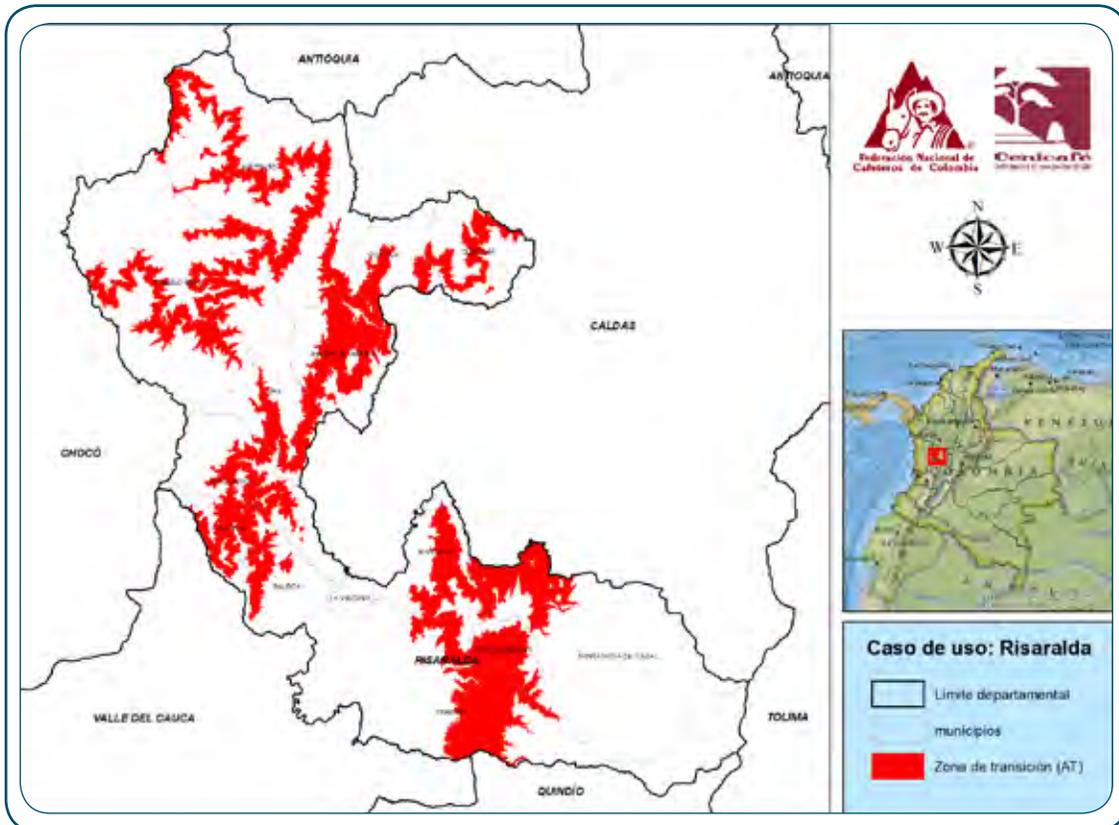


Figura 148. Espacialización de la zona de transición durante los eventos climáticos de La Niña - El Niño para el riesgo agroclimático por amplitud térmica.

Identificación de riesgos agroclimáticos potenciales en la zona cafetera colombiana: Brillo Solar.

Dada la influencia de los eventos climáticos sobre la variable atmosférica brillo solar y de ésta sobre la producción de café, se dio continuidad al análisis del brillo solar en la zona cafetera colombiana durante los eventos de El Niño y La Niña y determinar aquellas zonas en riesgo potencial por brillo solar, bajo diferentes escenarios climáticos (Neutro, La Niña y El Niño). El brillo solar como una variable determinante en la producción de café puede disminuir el número de botones florales si el promedio diario por trimestre no es mayor a 7,5 horas diarias por trimestre. El criterio de análisis para esta investigación del riesgo agroclimático por brillo solar fue la cantidad de horas de brillo solar anuales durante los eventos climáticos de Neutro, La Niña y El Niño, donde si el número de horas de brillo solar anual es inferior a las 1.500 horas se presenta un riesgo alto por brillo solar y si las horas de brillo solar anuales superan las 1.500 horas el riesgo se considera como bajo. Este análisis se realizó para las series históricas de la variable brillo solar de las diferentes estaciones meteorológicas que hacen parte de la red de la Federación Nacional de Cafeteros.

Resultados. Al aplicar el criterio de análisis de riesgo agroclimático descrito para la variable brillo solar, se obtuvo la cantidad de horas de brillo solar que pueden acumularse durante un año en cada uno de los eventos climáticos Neutro, La Niña y El Niño para toda la zona cafetera colombiana. Al conocer la cantidad de horas de brillo acumuladas y tener identificado el nivel a partir del cual se presenta el riesgo por déficit en las horas acumuladas durante el año, los resultados se espacializaron a nivel de país y de departamento para Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca (Figuras 149, 150 y 151).

Las principales diferencias en cuanto a la cantidad de horas de brillo solar acumuladas entre un evento climático y otro son hasta de 339 horas de diferencia registradas en la estación meteorológica Cocorná (Cocorná-Antioquia) entre los eventos Neutro/La Niña, 351 horas de diferencia registradas en la estación meteorológica La Ilusión (Filadelfia-Caldas) entre los eventos Neutro/El Niño, y de 505 horas de diferencia registradas en la estación meteorológica La Trinidad (Piendamó-Cauca) entre los eventos La Niña/El Niño.

Los lugares en donde se registró la menor cantidad de horas de brillo solar durante los eventos climáticos Neutro, La Niña y El Niño son El Cedral (Pereira-Risaralda) con 970, 804 y 1.039 horas de brillo anuales, respectivamente, en La Selva (Ginebra-Valle del Cauca) con 928, 1.177 y 1.320 horas de brillo anuales, respectivamente, y en El Tukuy (Villarrica-

Tolima) con 997, 1.176 y 1.388 horas de brillo anuales, respectivamente.

Otros lugares por el contrario mantienen una buena cantidad de horas de brillo solar acumuladas durante el año sin importar la condición climática que se presente, éste es el caso de La Cristalina (Támesis-Antioquia) con 2.174, 2.010 y 2.303 horas de brillo/año, Pueblo Bello (Pueblo Bello-Cesar) con 2.318, 2.294 y 2.382 horas de brillo/año y Alberto Santos (Socorro-Santander) con 2.230, 2.163 y 2.384 horas de brillo/año en escenarios Neutro/La Niña/El Niño respectivamente.

Desarrollo de un sistema para detección de deficiencias nutricionales con visión de artificial

– **Caso Nitrógeno.** Esta investigación tiene como objetivo general desarrollar un sistema para detección de deficiencias nutricionales con visión de artificial – Caso nitrógeno.

Durante el segundo y tercer trimestre del 2013 se adelantaron actividades relacionadas con la caracterización de hojas de café con deficiencia de nitrógeno por medio de procesamiento de imágenes. Se realizaron caracterizaciones tanto en el laboratorio como en el campo, donde se contaba con dos escenarios, el primero de ellos con condiciones controladas de iluminación y el segundo con condiciones normales de luz ambiente. Se utilizaron tres cámaras para realizar la caracterización, dos de ellas en el espectro de luz visible y la tercera en el espectro de luz infrarroja (Figura 152). Los primeros acercamientos a índices nutricionales con imágenes se hicieron basados en la representación del color RGB, y se obtuvo como resultado que la mejor técnica para obtener un cálculo relacionado con el estado nutricional de la hoja, es la cámara infrarroja. Sin embargo es necesario terminar con la caracterización para encontrar otras representaciones de color significativas y determinar los índices nutricionales dentro de un modelo matemático que los relacione.

Este estudio tiene como proyección desarrollar un modelo matemático basado en la extracción de características y análisis de aquellas más predominantes, y definir la deficiencia de nitrógeno con una tecnología al alcance del caficultor. Así mismo, se espera implementar algoritmos de detección de deficiencia en dispositivos móviles como la tableta cafetera.

Evaluación del riesgo a la erosión en la zona cafetera colombiana.

Con el objetivo de evaluar el riesgo por erosión hídrica de los suelos de la zona cafetera colombiana y recomendar las tecnologías apropiadas que permitan el adecuado uso, manejo y conservación de los suelos y aguas de la zona cafetera colombiana, se inició el experimento de caracterización

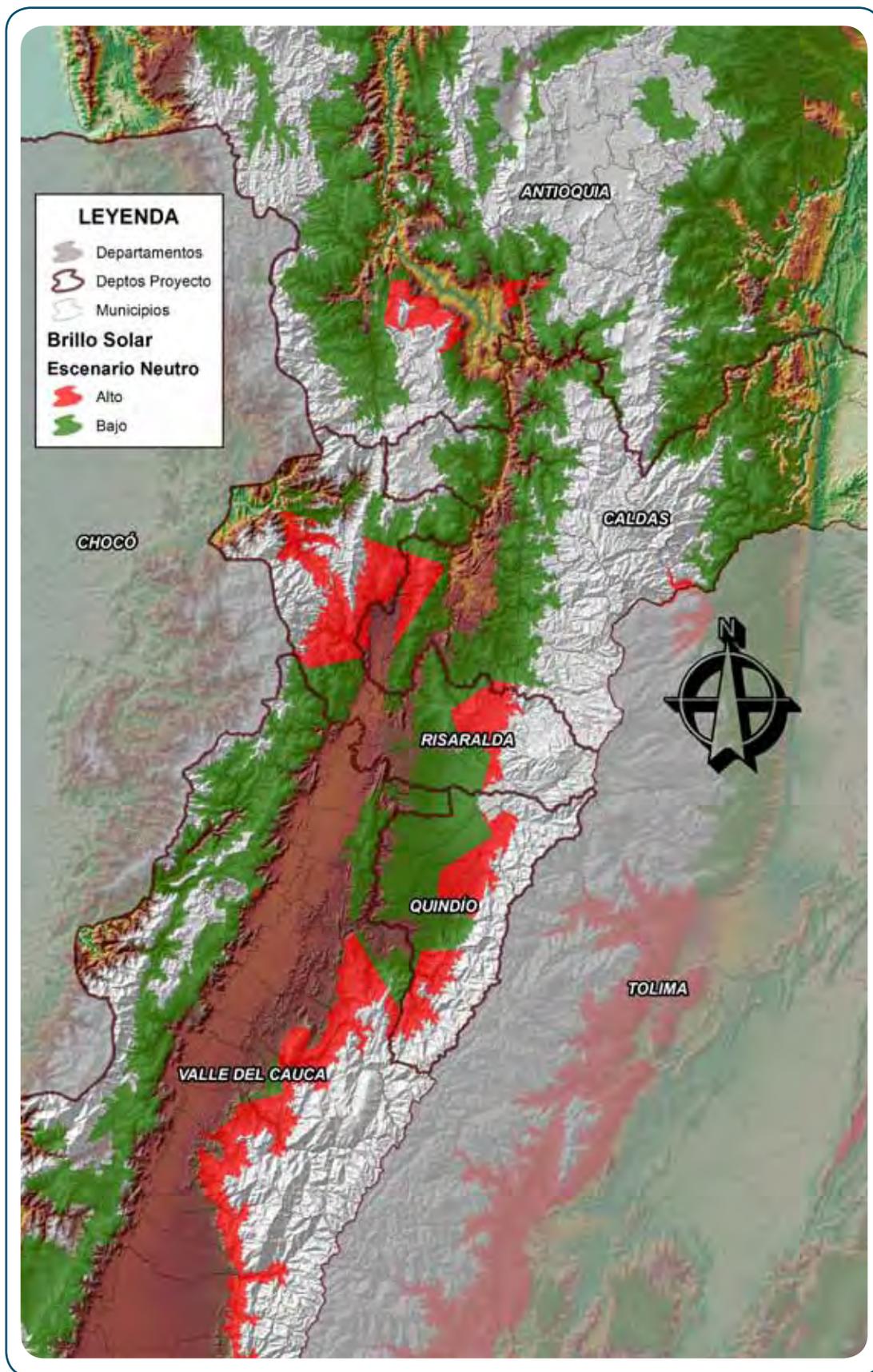


Figura 149. Riesgo agroclimático potencial por brillo solar en el evento climático Neutro para la zona cafetera colombiana centro-occidental.

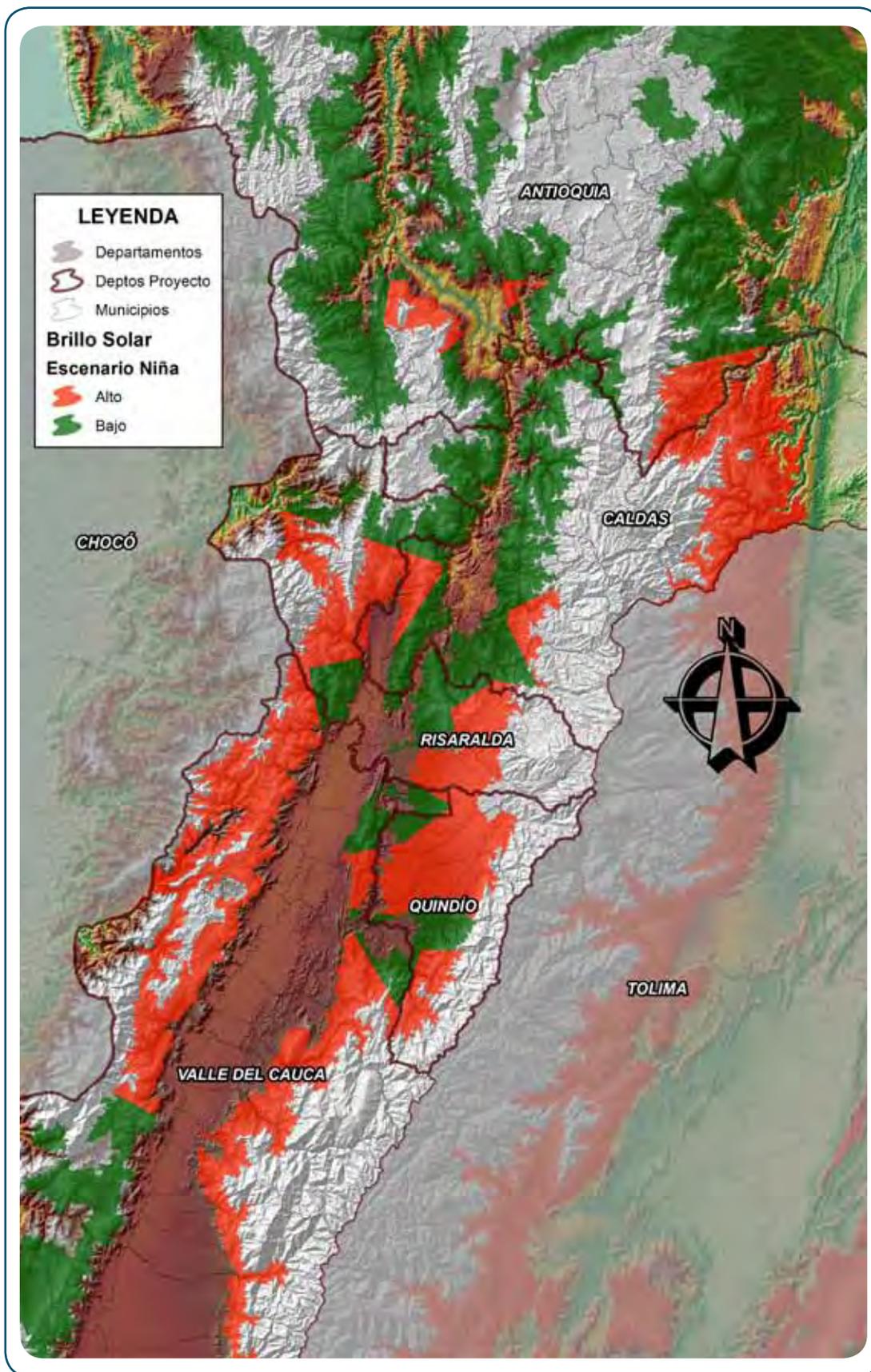


Figura 150. Riesgo agroclimático potencial por brillo solar en el evento climático La Niña para la zona cafetera colombiana centro-occidental.

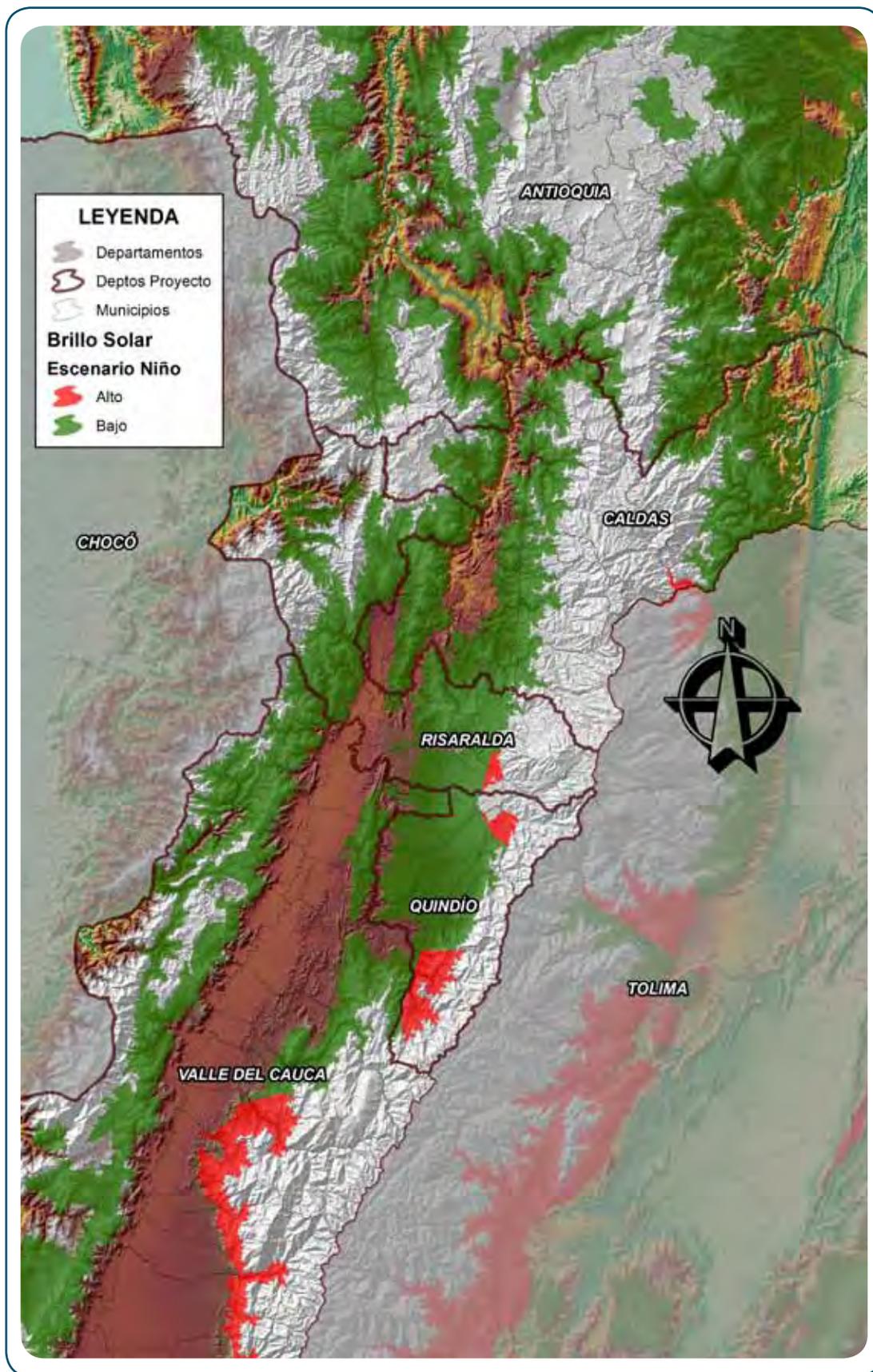


Figura 151. Riesgo agroclimático potencial por brillo solar en el evento climático El Niño para la zona cafetera colombiana centro-occidental.



Figura 152. a. Árbol sin deficiencia de Nitrógeno, imágenes VIS-IR; b. Árbol con deficiencia de Nitrógeno, imágenes VIS-IR.

al riesgo por erosión en el departamento del Quindío, con avances significativos en la determinación de la erosividad, realizada por medio del análisis histórico (15 años de precipitación) de 19 estaciones meteorológicas ubicadas en la región cafetera del departamento (Figura 153), y avances parciales en el cálculo de erodabilidad, con la toma de muestras de suelo alteradas e inalteradas para análisis físico y de materia orgánica en 24 puntos de la región cafetera del departamento. Hasta la fecha se tienen resultados parciales del Índice Modificado de Fournier (IMF), Factor K (erodabilidad) y propiedades físicas posiblemente correlacionables con dicho factor.

Índices de agresividad climática para la región cafetera del Quindío. De las 19 estaciones agroclimáticas, ocho presentaron registros históricos completos de precipitación diaria por 15 años (1997 – 2011), tres presentaron registros por 14 años, una por 13 años, cuatro por 12 años y tres por 11 años (Tabla 39). Según un análisis con distribución de rangos de clasificación, tomada de la distribución por cuartiles de las precipitaciones anuales de todas las estaciones durante los 15 años, se encontró que durante los años 1999, 2008, 2010 y 2011 se presentaron las máximas precipitaciones anuales. De las estaciones, la que mayor precipitación anual presentó fue Vivero (Quimbaya), con un total de 4.173 mm en el año 2011, pero la que mayores precipitaciones presentó en el registro histórico total fue Quebradanegra (Calarcá) y la de menores precipitaciones La Ilusión (Circasia).

Índice Modificado de Fournier (IMF). Los valores promedio del índice de erosividad de la lluvia “IMF” para la región cafetera del departamento del Quindío son muy altos, es decir, mayores que 160 (Tabla 40). De la totalidad de los datos, individuales anuales, solamente la estación La Alejandría (Génova) en el año 2009, presentó un valor en la categoría alto (153), el resto de las localidades presentaron valores correspondientes a la clasificación muy alto. Estos valores indican que los suelos de la zona se ven afectados por una fuerte agresividad climática con la lluvia como agente fuertemente erosivo.

Tabla 39. Estaciones agroclimáticas incluidas en el estudio y los años de los que se tomó el dato de precipitación diaria.

Estación	Municipio	Latitud (N)		Longitud (W)		Altitud (m)	Años Total	Años períodos
		°	'	°	'			
El Agrado	Montenegro	04	31	75	48	1.275	15	1997 - 2011
El Jardín	Calarcá	04	28	75	42	1.300	11	1998, 2000 - 2002, 2005 - 2011
El Porvenir	Pijao	04	19	75	47	1.470	15	1997 - 2011
La Alejandría	Génova	04	11	75	47	1.600	12	1997 – 2000, 2003 – 2007, 2009 - 2011
La Argentina	La Tebaida	04	27	75	47	1.200	14	1998 - 2011
La Bella	Calarcá	04	30	75	40	1.449	15	1997 - 2011
La Esperanza	Buenavista	04	22	75	45	1.428	12	1997 – 1998, 2000 – 2006, 2008 - 2011
La Esperanza	Filandia	04	38	75	41	1.671	14	1997 – 2003, 2005 - 2011
La Ilusión	Circasia	04	35	75	43	1.442	15	1997 - 2011
La Julia	Montenegro	04	33	75	45	1.250	12	1997 – 1999, 2002 – 2003, 2005 - 2011
La Miranda	La Tebaida	04	26	75	51	1.193	15	1997 - 2011
La Pradera	Armenia	04	28	75	43	1.350	13	1997 - 1998, 2000 – 2009, 2011
Maracay	Quimbaya	04	36	75	44	1.402	15	1997 - 2011
Mónaco	Córdoba	04	25	75	42	1.250	12	1997 – 2002, 2004 – 2005, 2008 - 2011
Paraguaito	Buenavista	04	24	75	44	1.203	11	1998, 2000 – 2002, 2005 - 2011
Quebradanegra	Calarcá	04	27	75	40	1.500	11	1997 – 1998, 2000 – 2004, 2006, 2009 - 2011
Sorrento	Montenegro	04	33	75	49	1.203	15	1997 - 2011
Tucumán	Armenia	04	32	75	44	1.250	14	1998 – 2011
Vivero	Quimbaya	04	37	75	46	1.330	15	1997 - 2011

Índice de concentración de las precipitaciones (ICP). La variabilidad temporal de la distribución de las lluvias, para el área de estudio, es moderadamente estacional (Tabla 40), lo que indica que hay algunos tiempos marcados donde la erosividad puede ser mayor, sin embargo, por los valores estar tan próximos a la concentración uniforme (< 10 %) se puede presumir que son poco relevantes y no son determinantes para producir la mayor agresividad en un tiempo determinado y, por ende, la erosión se puede dar de igual manera en todos los meses del año.

Erosividad (R). La zona cafetera del departamento de Quindío presenta un nivel de erosividad entre alto y muy alto; en el nivel alto se encuentra el área de influencia de cinco estaciones y en nivel muy alto las de las 14 estaciones restantes (Tabla 40). De las cinco estaciones que presentan un nivel alto, cuatro se encuentran en el flanco occidental de la región cafetera, con influencia en parte de los municipios de Montenegro, La Tebaida y Génova, las demás áreas de influencia presentan R muy alta (Figura 154).

Tabla 40. Valores promedio de Índice Modificado de Fournier (IMF), Índice de concentración de precipitaciones (ICP), Valores Erosividad (R) y sus clasificaciones, para el área cafetera del departamento del Quindío.

Estación	Municipio	IMF promedio		ICP (%)		Erosividad (MJ.mm.ha-1)	
El Agrado	Montenegro	235,50	MA	10,47	ME	9.382,95	A
El Jardín	Calarcá	301,86	MA	11,39	ME	11.930,86	MA
El Porvenir	Pijao	265,14	MA	11,63	ME	10.521,13	MA
La Alejandría	Génova	218,07	MA	11,68	ME	8.765,32	A
La Argentina	La Tebaida	259,66	MA	11,05	ME	10.310,41	MA
La Bella	Calarcá	261,27	MA	11,69	ME	10.372,36	MA
La Esperanza	Filandia	314,23	MA	10,51	ME	12.406,08	MA
La Esperanza	Buenavista	291,49	MA	11,43	ME	11.532,81	MA
La Ilusion	Circasia	284,82	MA	10,57	ME	11.276,87	MA
La Julia	Montenegro	271,35	MA	10,74	ME	10.804,96	MA
La Miranda	La Tebaida	234,97	MA	10,79	ME	9.362,34	A
La Pradera	Armenia	251,62	MA	10,98	ME	10.107,63	MA
Maracay	Quimbaya	270,54	MA	10,47	ME	10.728,41	MA
Mónaco	Córdoba	282,73	MA	11,19	ME	11.196,40	MA
Paraguaicito	Buenavista	261,71	MA	11,05	ME	10.389,32	MA
Quebradanegra	Calarcá	287,14	MA	11,76	ME	11.365,76	MA
Sorrento	Montenegro	236,30	MA	10,75	ME	9.453,81	A
Tucumán	Armenia	250,63	MA	10,41	ME	9.963,63	A
Vivero	Quimbaya	253,39	MA	10,64	ME	10.069,77	MA

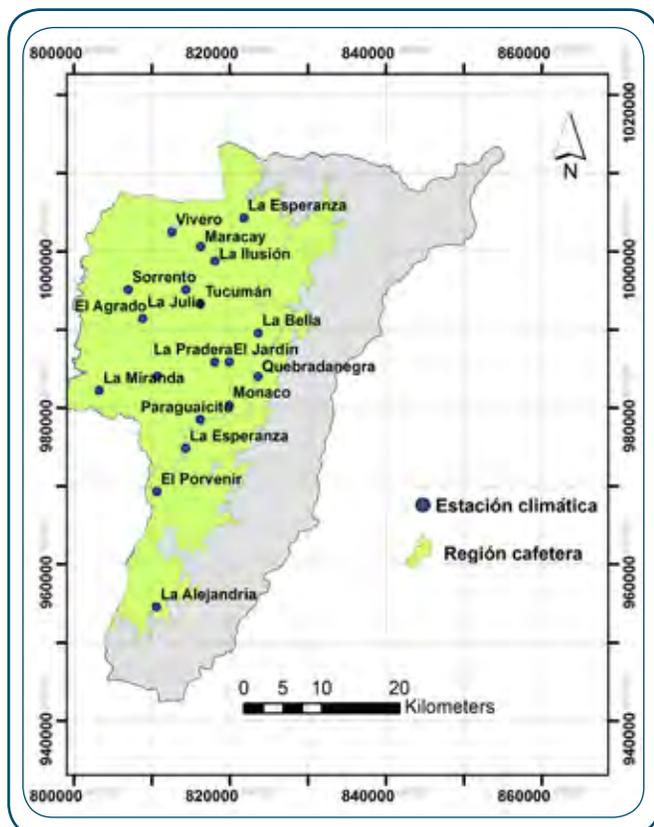


Figura 153. Ubicación de las 19 estaciones agroclimáticas en el departamento del Quindío.

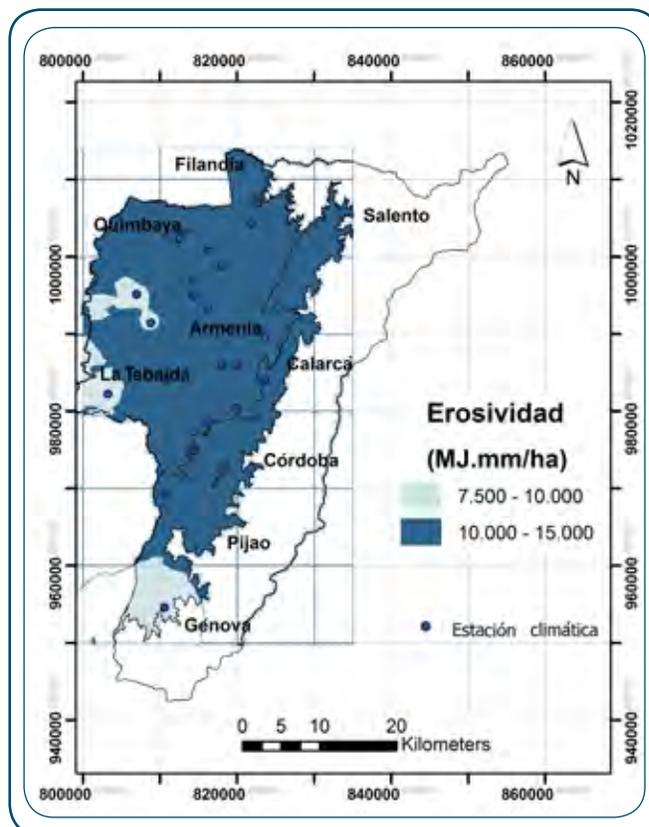


Figura 154. Mapa de distribución espacial de la erosividad (R) en la región cafetera del departamento del Quindío.



Convenio Huellas de Paz

PROYECTO HUELLAS DE PAZ

Implementación del Sistema Integrado de Gestión Rural – SIGR, en Buenas Prácticas Agrícolas – BPA en los componentes social, calidad (técnico-económico) y medio ambiente en las zonas de producción de los titulares de derecho del Convenio Huellas de Paz. STB-2321-1.

Durante el 2013, se continuó con la implementación del SIGR, dentro del Convenio Huellas de Paz, iniciativa que hace parte de las alianzas estratégicas de cofinanciación que la Federación Nacional de Cafeteros realiza con organismos de Cooperación Internacional -la Fundación Humanismo y Democracia- H+D y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo –AECID.

Cenicafé a través de la Disciplina Sostenibilidad y con la colaboración de las Disciplinas Recursos Naturales y Conservación, Suelos, Fitotecnia y asesoría de Biometría, ajustó dentro de la metodología del Sistema Integrado de Gestión Rural (SIGR) las fases del verificar y actuar, con el fin de contribuir al logro de los resultados del Convenio.

A continuación se presenta el avance en cada fase del sistema integrado de gestión rural, de acuerdo a los resultados esperados en la matriz de marco lógico del Convenio.

Fase Planear

Para contribuir al mejoramiento de las condiciones de salubridad (agua potable y saneamiento básico) en las comunidades rurales de los cuatro departamentos, en la primera fase del SIG se tomó la siguiente información:

Abastecimiento del agua. En las Tablas 41 y 42 se reportan las fuentes proveedoras del agua, pero no contienen información sobre la calidad de la misma. Es decir, que obtener el agua a través de acueductos no implica la potabilización de ésta, en muchas ocasiones, los abastecimientos de agua son tanques de conducción desde nacimientos, quebradas o ríos.

De acuerdo con la organización mundial de la salud se precisan 50 y 100 L de agua al día para satisfacer las necesidades humanas más básicas. El agua necesaria para cada uso debe ser salubre y, por lo tanto, no debe contener microorganismos o sustancias químicas que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. Además debe tener un color, olor y un sabor aceptables, así si el agua va a ser consumida por el ser humano, debe contar con una calidad y ser totalmente segura para la salud.

La información anterior se complementó con una información secundaria que reporta los valores del Índice de Riesgos de la Calidad del Agua – IRCA (Tabla 43), según el diagnóstico de la calidad del agua suministrado por las empresas prestadoras del servicio de acueducto en Colombia 2009 y 2010¹.

El agua apta para el consumo humano en Colombia debe cumplir con las características físicas, químicas

Tabla 41. Porcentaje de Titulares de Derechos que toman el agua para el consumo humano de diferentes fuentes abastecedoras.

Departamento	Fuentes de abastecimiento del agua		
	Nacimiento, quebrada o arroyo	Acueducto veredal o municipal	Más de una fuente
Cauca	34	62	4
Valle del Cauca	55	43	2
Nariño	13	77	10
Antioquia	8	92	-

Tabla 42. Porcentaje de Titulares de Derechos que toman el agua para beneficiar el café cereza de diferentes fuente abastecedora.

Departamento	Fuentes de abastecimiento del agua			
	Nacimiento, quebrada o arroyo	Acueducto veredal o municipal	Más de una fuente	No realizan el beneficio en la finca
Cauca	29	61	3	7
Valle del Cauca	43	37	20	0
Nariño	15	78	4	3
Antioquia - Ituango	91	3	0	6

¹ Diagnóstico de la calidad del agua suministrado por las empresas prestadoras del servicio de acueducto en Colombia 2009 y 2010. Superintendencia de servicios públicos domiciliarios – Colombia 2011.

Tabla 43. Resultados del Índice de Riesgos de la Calidad del Agua-IRCA por municipios, para los departamentos del Convenio.

Departamento	Municipio	IRCA Rural	Nivel de riesgo
Antioquia	Betulia	No hay dato	Sin información
	Betania – Hispania		
	Sopetrán		
	La Ceja		
	Santa Rosa de Osos		
Cauca	Jambaló	88,4	Inviabile sanitariamente
	Caloto	82,6	Nivel alto
	Corinto	No hay dato	Sin información
	Santander de Quilichao	49,1	Nivel de riesgo medio
	Morales	0,9	Sin riesgo
Nariño	Consacá	No hay dato	Sin información
	Samaniego	No hay dato	Sin información
	El Tambo	53,9	Nivel alto
	San Lorenzo	56,7	Nivel alto
	La Unión	59,0	Nivel alto
	Los Andes	No hay dato	Sin información
Valle del Cauca	Sandoná	2,0	Sin riesgo
	Bugalagrande	29,2	Nivel medio
	Sevilla	58,9	Nivel alto
	Riofrío	48,7	Nivel alto

y microbiológicas definidas en la Resolución 2115 del 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Salud y Protección Social.

Con la información anterior se concluye sobre la necesidad de mejorar la calidad del agua en estas poblaciones objeto del Convenio, para contribuir al ejercicio de sus derechos fundamentales como son condiciones de salubridad en estas comunidades rurales.

Con la colaboración de la Disciplina de Gestión de Recursos Naturales y Conservación, se determinó la calidad del agua, con la información suministrada por los Comités Departamentales de Cafeteros de Antioquia y Nariño, con los análisis microbiológicos y fisicoquímicos del agua (Tabla 44), antes de construir los sistemas de abastecimiento.

Adicional a estos resultados se calculó el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) para cada municipio (Tabla 45).

Con los resultados de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos se encuentra que la clasificación del nivel de riesgo para los cuatro municipios del departamento de Antioquia antes de realizar la construcción de los acueductos es alto (IRCA entre 35,1- 80), lo que indica que el agua no es apta para consumo humano. Básicamente dicho incumplimiento se debe a que los resultados de los parámetros microbiológicos (Coliformes totales y *E. coli*) arrojaron valores por encima del límite establecido por la Resolución 2115 de 2007. Específicamente para el caso del municipio de

Betania se evidencia incumplimiento en dos parámetros fisicoquímicos (Turbiedad y hierro total), por lo cual presenta un valor del IRCA mayor a los otros municipios, pero de igual forma se sitúa en un nivel de riesgo alto.

En Nariño, los resultados microbiológicos para las nueve veredas del municipio del Carmen, se presentan en la Tabla 46. Estos valores fueron iguales en las todas las veredas. Además, con los resultados de los análisis microbiológicos se calculó el Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) para las nueve veredas (Tabla 47).

Con los resultados de los análisis y según lo establecido en la Resolución 2115 de 2007, el nivel de riesgo para la calidad del agua de las nueve veredas es alto (IRCA 40). La clasificación de nivel de riesgo obtenida indica que el agua no es apta para consumo humano. Se deben realizar los análisis fisicoquímicos a las muestras de cada sistema de abastecimiento, para hacer una clasificación acertada del nivel de riesgo (IRCA) y recomendar el tipo de tratamiento para potabilizar el agua.

Saneamiento básico

Manejo de aguas residuales postcosecha. Los criterios establecidos para evaluar el desempeño de este aspecto se basan en las recomendaciones técnicas relacionadas con el manejo de los lixiviados, el mucílago y las aguas mieles (Tabla 48).

Manejo de aguas residuales domésticas. La implementación de técnicas sencillas para el manejo de vertimientos domésticos como trampas de grasa

Tabla 44. Resultados de los análisis de calidad del agua en los municipios de Antioquia con intervención del Convenio Huellas de Paz.

Análisis microbiológico					
Parámetro	Unidad	Betania	La Ceja	Sopetrán	Betulia
Coliformes totales	NMP/100 ml	350 x 10 ³	350 x 10 ³	350 x 10 ³	< 1,8
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	7,8 x 10 ¹	<1,8	2 x 10 ¹	280 x 10 ³
Análisis fisicoquímicos					
Parámetro	Unidad	Betania	La Ceja	Sopetrán	Betulia
Color aparente	Co-Pt	12	<2	3 (V)	< 2
Turbiedad	NTU	3,55	1,87	<0,34	< 0,34
pH	Unidades de pH	6,81	6,98	6,67	7,36
Dureza total	mg/L CaCO ₃	<9,50	17,6	10,8	45,1
Hierro total	mg/L Fe ³⁺	0,59	0,24	<0,09	0,20
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	5,05	9,59	5,55	40,4
Aluminio	mg/L Al ³⁺	0,023	0,048	<0,017	<0,017
Cloruros	mg/L Cl ⁻	<8,80	<8,80	<8,80	<8,80
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻	<0,028	<0,028	<0,028	<0,028
Sulfatos	mg/L SO ₄ ⁻	<0,44	<0,44	<0,44	<0,44

Tabla 45. Resultados del IRCA calculado para los cuatro municipios de Antioquia.

Característica	Puntaje			
	Betania	La Ceja	Sopetrán	Betulia
Color aparente	0	0	0	0
Turbiedad	15	0	0	0
pH	0	0	0	0
Cloro residual libre	-	-	-	-
Alcalinidad total	0	0	0	0
Calcio	-	-	-	-
Fosfatos	-	-	-	-
Manganeso	-	-	-	-
Molibdeno	-	-	-	-
Magnesio	-	-	-	-
Cinc	-	-	-	-
Dureza total	0	0	0	0
Sulfatos	0	0	0	0
Hierro total	1,5	0	0	0
Cloruros	0	0	0	0
Nitratos	-	-	-	-
Nitritos	0	0	0	0
Aluminio	0	0	0	0
Fluoruros	-	-	-	-
COT	-	-	-	-
Coliformes totales	15	15	15	15
<i>Escherichia coli</i>	25	25	25	25
IRCA	56,5	40	40	40

y pozos sépticos (Tabla 49), se convierten en una valiosa estrategia para mitigar la contaminación de las fuentes hídricas.

Residuos sólidos inorgánicos. Para determinar el desempeño en el manejo de estos residuos se establecieron tres criterios: Fincas que no presentan residuos en todas las áreas, fincas que cuentan con un

Tabla 46. Resultados de los análisis microbiológicos del agua en el municipio del Carmen (Nariño).

Análisis Microbiológico		
Parámetro	Unidad	Resultado
Coliformes totales	NMP/100 ml	2,3 x 10 ⁴
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	2,3 x 10 ⁴

centro de acopio y fincas que realizan clasificación de residuos acorde con la legislación (Decreto 1713/2002, Capítulo II, Artículos 14 y 24) (Tabla 50).

Residuos sólidos orgánicos. Para el manejo de los residuos orgánicos, los criterios establecidos para evaluar el desempeño se presentan en la Tabla 51.

En Antioquia, los Titulares de Derechos son jóvenes cafeteros que apenas establecieron los cultivos y no han iniciado su proceso de cosecha, por lo tanto no han obtenido pulpa para realizar la evaluación de su manejo.

Manejo de residuos peligrosos. En la Tabla 52 se presentan los resultados de los porcentajes de los predios de Titulares de Derecho que realizan buenas

prácticas para el manejo de residuos peligrosos en la actividad agrícola. El residuo peligroso más generado son los envases vacíos de agroquímicos, que pueden ser de materiales como vidrio, plástico, metálicos o cartón.

Tabla 49. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con manejo de aguas residuales domésticas.

Departamento	Buenas Prácticas		
	Pozo séptico	Trampa de grasa	Filtro anaerobio
Cauca	6	6	0
Valle del Cauca	26	23	21
Nariño	74	16	9
Antioquia	0	0	0

Tabla 47. Resultados de los análisis microbiológicos del agua en el municipio del Carmen (Nariño).

Característica	Puntaje
Color aparente	Sin dato (s.d)
Turbiedad	s.d
pH (S)	s.d
Cloro residual libre	s.d
Alcalinidad total	s.d
Calcio	s.d
Fosfatos	s.d
Manganeso	s.d
Molibdeno	s.d
Magnesio	s.d
Cinc	s.d
Dureza total	s.d
Sulfatos	s.d
Hierro total	s.d
Cloruros	s.d
Nitratos	s.d
Nitritos	s.d
Aluminio	s.d
Fluoruros	s.d
COT	s.d
Coliformes totales	15
<i>Escherichia coli</i>	25
IRCA	40

Tabla 50. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con manejo de residuos sólidos inorgánicos.

Departamento	Buenas Prácticas		
	Áreas del predio libre de residuos	Centro de acopio	Clasificación de residuos
Cauca	36	27	31
Valle del Cauca	81	15	19
Nariño	97	87	95
Antioquia	44	6	6

Tabla 51. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con manejo de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo con las recomendaciones técnicas.

Departamento	Buenas Prácticas		
	Manejo de la pulpa por lombricultivo	Manejo de la pulpa por compostaje	Manejo de la materia orgánica doméstica
Cauca	2	6	5
Valle del Cauca	9	9	5
Nariño	29	28	16
Antioquia	44	6	6

Tabla 48. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con manejo de aguas residuales postcosecha.

Departamento	Buenas Prácticas		
	Los lixiviados son recolectados y se agregan a la pulpa	El mucilago se agrega a la pulpa	Las aguas mieles se dirigen a un STMA
Cauca	5	4	4
Valle del Cauca	3	3	3
Nariño	9	10	13
Antioquia	0	0	0

Tabla 52. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con manejo de residuos peligrosos.

Departamento	Buenas Prácticas		
	Manejo de los envases vacíos de agroquímicos	Centro de acopio que cumpla con las recomendaciones técnicas	Entregar a una autorizada
Cauca	19	4	2
Valle del Cauca	41	15	19
Nariño	95	46	30

Dado que en los municipios de Antioquia la intervención está dirigida a los jóvenes que inician su sistema de producción de café, se encontró que el 22% de los encuestados contestaron que utilizan agroquímicos, pero ninguno tiene centro de acopio y el 6% entrega los envases vacíos a una entidad responsable.

Conservación de suelos. Aunque existen recomendaciones realizadas por Cenicafé, en la Tabla 53 se presentan aquellas evaluadas de acuerdo a su efectividad para la estabilización y conservación de este recurso.

Caracterización de los Titulares de Derechos y sus predios

Edad, sexo y estado civil. La mayoría de los Titulares de Derechos son hombres con un valor promedio entre los cuatro departamentos del 77% y 23% de mujeres. En cuanto a la edad, en Cauca, Valle del Cauca y Nariño existe un porcentaje superior a 68% de adultos, con un rango de edad entre 30 y 59 años, y en Antioquia se registró un 72% de adultos jóvenes entre 15 y 29 años, de acuerdo con los rangos de edad manejados por el Convenio.

Capital humano

Escolaridad o educación formal. Con relación a la escolaridad, el 72% de la población tiene conocimientos básicos de lectura y escritura, obtenidos en estudios primarios, este valor involucra tanto a Titulares de Derechos que no completaron la primaria como a los que sí lo hicieron. Esta información permite establecer estrategias para desarrollar planes de formación en los diferentes municipios.

Experiencia en sistemas de producción de café - Educación no formal. Con respecto a la experiencia en el manejo del cultivo de café que tienen los Titulares de Derechos, el mayor porcentaje en el departamento de Cauca llevan menos de 30 años cultivando el grano, en Valle del Cauca y Nariño entre 11 y 50 años; mientras que en Antioquia llevan manejando el cultivo menos de 20 años. Es así como la producción de café es una actividad tradicional en los predios evaluados.

Un alto porcentaje de los Titulares de Derechos tienen educación no formal a través de talleres, en temas relacionados con el cultivo de café, siendo fertilización el tema en que la mayoría de las personas beneficiarias del Convenio se han capacitado; por su parte conservación de suelos y cosecha son los menos abordados sin embargo, el porcentaje de Titulares de Derechos que han recibido información relacionada con estos temas supera el 67%.

Variedad, edad y densidad de los cultivos de café

En la Tabla 54 se presenta la información sobre las variedades cultivadas, la edad de los cafetales y la densidad de siembra, para el año 2010, valores que en el Convenio se utilizarán como línea base para el resultado de capacidad productiva.

En todas las zonas donde interviene el Convenio existe la oportunidad de mejorar el sistema productivo mediante ajustes para incrementar la capacidad productiva, como: 1. Cambio de variedades susceptibles a variedades resistentes; 2. Disminución de la edad promedio de los cafetales; y 3. Incremento en el número de plantas por hectárea (densidad de siembra).

Procesos de verificación o certificación de los predios. En promedio, el 92% de los Titulares de Derechos de los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Antioquia, no tienen certificación de calidad, en tanto que el 99% de los Titulares de Derechos del departamento de Nariño están en proceso de verificación con Nespresso AAA, en Cauca el 8% cuenta con Rainforest Alliance, DRD cabildo o Fondo Páez, y en Valle del Cauca el 8% cuenta con el Código 4C y el 6% está en proceso para ser certificados.

Caracterización en Buenas prácticas de los predios en los tres componentes

Componente social

Bienestar social. Los menores porcentajes relacionados con los baños con batería sanitaria completa (lavamanos y sanitario), duchas en funcionamiento, cocinas en condiciones adecuadas (chimeneas en buen estado), dormitorios (limpios, ordenados, con muebles básicos para el descanso y disposición de los elementos personales; además ventilados e iluminados) los presentaron los predios evaluados en el departamento de Antioquia. Solo el 46,7% tenía buenas condiciones generales de orden y aseo. Las mejores condiciones de los criterios evaluados se registraron en los predios del departamento de Nariño, criterio asociado al proceso de verificación Nespresso AAA en que se encuentran.

Salud y seguridad ocupacional. Del total de las personas que aplican agroquímicos, en Nariño el 3% se ha realizado la prueba de colinesterasa. Con relación a la potabilidad de agua en Cauca, Valle del Cauca y Antioquia entre el 13% y el 23% ha realizado análisis.

En promedio el 76% de los Titulares de Derechos en los cuatro departamentos lavan periódicamente los tanques de almacenamiento de agua. Para la prevención y atención de riesgos y emergencias, las fincas del departamento de Antioquia no cuentan

Tabla 53. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con la conservación de suelos.

Buenas prácticas	Departamentos			
	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Antioquia
Utiliza barreras vivas	48	46	92	9
Realiza manejo integrado de arvenses: Machete o guadaña, selector de arvenses, aspersora	40	44	80	94
Tiene árboles de sombrío en los lotes más pendientes y susceptibles a deslizamientos	73	57	92	6
Protege los taludes y hace mantenimiento de caminos de la finca con coberturas vivas	2	32	93	6
Deja las ramillas y hojarasca como cobertura muerta para proteger el suelo, después del zoqueo	83	80	90	13

Tabla 54. Porcentaje de área sembrada en variedad, edad y densidad de los cultivos de café en los predios de los Titulares de Derechos de Cauca, Valle del Cauca, Nariño y Antioquia en el año 2010 (SIC@ -FNC).

Departamento	Variedad (%)		Edad del cultivo (años)	Densidad (planta/ha)
	Resistente	Susceptible		
Cauca	60,3	39,7	8,2	5.481,2
Valle del Cauca	21,0	79,0	10,7	4.410,2
Nariño	22,5	77,5	6,2	5.439,4
Antioquia	63,3	36,7	8,6	4.933,1

con botiquín, extintor y espacios señalizados, aunque es importante anotar el bajo porcentaje presentado en los otros departamentos. El valor más alto para las buenas prácticas asociadas al uso y manejo de los elementos de protección personal (EPP) se registró en el departamento de Nariño, este resultado se puede asociar a los talleres relacionados con el manejo de agroquímicos a los cuales han asistido los Titulares de Derechos, así como a las iniciativas de sostenibilidad llevadas a cabo en este departamento.

Componente técnico – económico

Germinador y almácigo. Para determinar el desempeño en estos procesos se establecieron las buenas prácticas (Tablas 55 y 56) que contribuyen a garantizar la calidad de la chapola y el colino como producto final de cada uno de estos procesos.

Siembra. En la Tabla 57 se presentan los resultados relacionados con las buenas prácticas realizadas en términos de nutrición de cafetales y establecimiento de los cafetales.

Manejo del cultivo. En la Tabla 58 se presentan los resultados de las buenas prácticas realizadas en los predios de los Titulares de Derechos para el manejo del cultivo en los cuatro departamentos.

Cosecha. Este proceso se evaluó a partir de cinco buenas prácticas como se observa en la Tabla 59.

Beneficio. Este proceso fue evaluado mediante cinco buenas prácticas recomendadas en la Tabla 60.

Secado. En la Tabla 61 se resaltan las buenas prácticas evaluadas para este proceso.

Estructuración de planes de mejoramiento y plan integral de formación

Plan integral de formación. De acuerdo a los resultados anteriores se establecieron las actividades que se deben implementar para mejorar las prácticas en los Titulares de Derechos, sus predios y el café que se produce, las cuales se relacionan con la toma de conciencia respecto a sus derechos, expansión de sus capacidades y como resultado de esto, toma de decisiones más acertadas en todos los ámbitos personales, familiares y productivos, entre otros, que se deben evidenciar en los cambios de hábitos o forma de hacer las cosas, en la valoración y mejor uso de la infraestructura. Por lo tanto, estos planes se denominan integrales porque abarcan las tres líneas del Convenio social, económica y ambiental, unidas a través del plan integral de formación para adquirir el conocimiento y del plan de mejoramiento de buenas prácticas.

El Plan de formación dentro del Convenio Huellas de Paz, es el conjunto estructurado de acciones formativas articuladas y fundamentadas en un modelo pedagógico que permite visibilizar el principio de que las acciones hacia los Titulares de Derechos en el Convenio, se soporten en una población capacitada, motivada y con un grado de sensibilización tal, que les permita ser titulares de derechos, capaces de aprovechar las oportunidades y los recursos que el Convenio les brinda y que adquieran las competencias requeridas para tal fin, en beneficio de la competitividad y sostenibilidad social, ambiental y económica de sus empresas cafeteras.

El Plan Integral de Formación ha tenido como responsables directos a la Fundación Manuel Mejía y a Cenicafé. El proceso involucra igualmente al equipo de H+D, Cooperación Internacional como ente articulador y orientador, y a los Comités Departamentales como entes que representan las necesidades de formación de las personas beneficiadas.

Tabla 55. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con el proceso del germinador.

Buenas prácticas	Departamentos			
	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Antioquia
Compra de la semilla del Comité de Cafeteros	85	55	50	25
Construcción del germinador elevado del piso	7	13	24	3
Empleo de arena cernida	53	48	71	34
Construcción con dimensiones (m ²) por 1 kg de semilla	68	38	49	19
Desinfección del sustrato	70	35	50	47
Evaluación de la chapola	80	55	75	53

Tabla 56. Porcentaje de predios Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con el proceso del almacigo.

Buenas prácticas	Departamentos			
	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Antioquia
Establecimiento adecuado del sombrío	23	18	36	91
Drenajes	4	57	80	3
Empleo de bolsas de 17 x 23 cm y siembra antes de 6 meses	19	27	39	6
Aplicación de productos químicos o biológicos bajo recomendaciones técnicas	18	71	63	6
Manejo de arvenses agresivas	70	71	80	6
Evaluación de la calidad del colino	90	83	74	22

Tabla 57. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con el proceso de siembra.

Buenas prácticas	Departamentos			
	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Antioquia
Incorporación de enmiendas o materia orgánica antes de la siembra	61	51	57	9
Fertilización con base en los análisis de suelos	7	13	17	3
Actualización del análisis de suelo cada 2 años	4	9	8	3
Siembra en el campo en épocas con el inicio de lluvias	94	80	86	88
Siembra con la aplicación de las recomendaciones técnicas de Cenicafé como: Retirando la bolsa del almácigo, dejando el colino recto y apretando el suelo	97	93	77	94

Tabla 58. Porcentaje de predios de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con el proceso de manejo del cultivo.

Buenas prácticas	Departamentos			
	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Antioquia
Actualización del análisis de suelo cada 2 años	4	9	8	3
Evaluación del nivel de infección por roya	24	52	52	13
Manejo integrado de la roya	35	58	58	9
Evaluación del nivel de infestación de broca	29	46	18	3
Manejo integrado de la broca	66	57	20	3
Aplicación de productos de acuerdo con su categoría toxicológica	35	87	81	6

Tabla 59. Porcentaje de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con el proceso de cosecha de café.

Buenas prácticas	Departamentos			
	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Antioquia
Planificación de la cosecha mediante registros	1	5	16	0
Evaluación de la calidad de la masa cosechada	96	83	91	72
Evaluación de la recolección	61	87	95	84
Lavado de los recipientes	10	57	96	25
Uso de recipientes exclusivos para café	11	29	87	3

Tabla 60. Porcentaje de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con el proceso de beneficio de café.

Buenas prácticas	Departamentos			
	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Antioquia
Limpieza de equipos e infraestructura	15	38	91	28
Mantenimiento y calibración despulpadoras	39	72	96	31
Despulpado del café en seco	24	45	40	44
Beneficio del café el mismo día de cosecha	84	75	96	84
Control del tiempo fermentación y punto de lavado	92	89	98	88

Tabla 61. Porcentaje de Titulares de Derechos que realizan las buenas prácticas relacionadas con el proceso de secado de café.

Buenas prácticas	Departamentos			
	Cauca	Valle del Cauca	Nariño	Antioquia
Secado inmediatamente después de lavar el café	94	83	97	94
Café libre de agentes contaminantes	21	41	98	9
Secado sin producir daños mecánicos	16	62	98	22
Control de la temperatura en el secado mecánico	1	4	3	N.A
Evitar rehumedecimiento del café	58	33	5	No saben
Secado del café hasta una humedad entre 10% y 12%	76	49	96	No saben

*N.A.= No aplica, porque no utilizan secado mecánico.

Fase 2. Hacer

En esta fase se presentan todas las actividades planeadas para contribuir al logro de los resultados del Convenio.

Para iniciar la ejecución de los planes se realizó con los equipos de trabajo, conformados por los Coordinadores de las líneas, Formadores e Investigadores, procesos de sensibilización y de capacitación requeridos para que las personas desarrollen las actividades y tomen la información para el posterior control, seguimiento, evaluación y mejora continua.

Dentro de este plan integral se ejecutan la implementación del plan de formación unificado y la implementación de planes de mejoramiento en buenas prácticas en los componentes técnico-económico, ambiental y social.

Para llevar a cabo la implementación de los planes se utilizó un esquema educativo de multiplicación en cascada, para lo cual es importante identificar los siguientes roles:

- **Formadores o Formadoras:** Técnico extensionista o trabajadora social
- **Gestores o Gestoras:** Líderes comunitarios
- **Titulares de Derechos:** Beneficiarios del Convenio

Los Formadores multiplican el conocimiento a los

Gestores y Gestoras y éstos a su vez lo multiplican a los Titulares de Derechos. A continuación se describe el desarrollo de la implementación de cada uno de estos planes:

Implementación del plan de formación unificado.

La ejecución del Plan de formación consistió en llevar a cabo el Proceso de Implementación, cuyo objetivo es desarrollar las actividades de formación para las personas, que se definió capacitar, en el Convenio en cada departamento: Personas formadoras, Gestoras y Titulares de Derechos, en cada una de las líneas de acción.

La formación de los Titulares de Derechos se realizó principalmente sobre los fundamentos de la metodología de educación a distancia, que comprende el estudio en familia de los módulos de autoaprendizaje por parte de los y las Titulares de Derechos, y luego la generación de espacios de socialización denominados encuentros, en los cuales las personas Gestoras ponen en juego todas sus habilidades para motivar el diálogo de saberes. Los Gestores recoger las inquietudes en seis o siete encuentros previstos para la formación, siguiendo los momentos de bienvenida, socialización y cierre, en los cuales recogen los resultados de asistencia, formatos de recibido de material y de alimentación y los resultados de aprendizaje.

Verificación de la implementación del plan de mejoramiento en buenas prácticas. Para la verificación del plan de mejoramiento se realizarán seguimientos en los predios con el fin de evidenciar la aplicación

de las recomendaciones técnicas de Cenicafé para el sistema de producción de café y el cumplimiento de las legislaciones ambientales relacionadas con abastecimiento y saneamiento básico. Cabe aclarar que esta metodología tiene como objetivo identificar puntos críticos para implementar acciones preventivas más que correctivas.

Las actividades a desarrollar en esta fase son las siguientes:

Construcción de las matrices de seguimiento.

El objetivo de las matrices es permitir evidenciar la adopción de las recomendaciones técnicas, y las normas o legislaciones aplicables para cada una de ellas.

Para la línea ambiental se diseñaron dos matrices, una que permite realizar pruebas de calidad del agua en ausencia de pruebas de laboratorio y que mediante los sentidos visión y olfato (color, olor), y pruebas biológicas se pueda evidenciar o monitorear la calidad de ella; esta matriz de seguimiento se aplicará en aquellas zonas que tienen como iniciativa la mejora o construcción de acueductos, la cual se denomina abastecimiento de agua; otra matriz está dirigida a las intervenciones de saneamiento básico, relacionadas con el tratamiento y disposición de las aguas residuales domésticas y aguas residuales postcosecha del café con sistemas individuales SITAR y biodigestores.

Para la línea económica se construyeron dos matrices en buenas prácticas agrícolas, una para tomar información en los predios en los que se ha mejorado la infraestructura productiva agrícola, específicamente en beneficio y secado del café, y otra relacionada con las buenas prácticas que implican acciones o maneras de hacer las labores en los procesos de producción de café y que contribuyen a lograr la calidad física y sensorial del mismo, recolección del café, beneficio, secado y almacenamiento.

Capacitación para la toma de información.

Con el objetivo de articular las actividades de seguimiento entre los Comités Departamentales a través de los Formadores de los Gestores, Cooperación Internacional, Fundación Manuel Mejía y Cenicafé, se desarrolló una jornada de capacitación en las líneas ambiental y económica, dirigida por los investigadores de Cenicafé y la Fundación Manuel Mejía a los Formadores, quienes serán los encargados de recopilar la información en el campo para realizar la verificación de las implementaciones y la toma de decisiones para la construcción de los planes de acción y contribuir a la mejora continua. Con el apoyo de los Investigadores de Cenicafé se estructuró y socializó el instrumento

para el seguimiento del SIGR en la línea ambiental y económica mediante las matrices de seguimiento a los Formadores, se profundizaron los conceptos requeridos y se desarrollaron prácticas de campo.

Para algunas buenas prácticas que no requieren entrega de infraestructura, sino que son dependientes de la adopción del Titular de Derechos de nuevos comportamientos o hábitos que se reflejan en decisiones más acertadas, la verificación se realizará simultáneamente con la implementación del plan de formación; esto permitirá contribuir a que los conocimientos aprendidos se interioricen, mediante la ejecución de las actividades planteadas en los módulos impresos.

Establecimiento de responsabilidades y entrega de información

Consolidación de la información

Retroalimentación

A continuación se presentan los resultados del seguimiento y acompañamiento realizados durante el 2013.

Línea ambiental. Se tomaron muestras de agua a una muestra de 20 Sistemas Individuales de Tratamiento de Aguas Residuales (SITAR) en los municipios de Bugalagrande y Riofrío (Valle del Cauca), a las cuales se les realizaron los análisis físicos y químicos, con los siguientes resultados (Tabla 62):

Las pruebas utilizando bioindicadores (pez *Lebistes reticulatus* y lombriz roja *Eisenia foetida*) mostraron una tendencia de supervivencia de ambos organismos durante más de 24 horas cuando las concentraciones orgánicas, en términos de DQO, estaban por debajo de 100 ppm.

En concentraciones de DQO mayores de 100 ppm, el tiempo de supervivencia es menor a 24 horas, de uno o de ambos organismos.

De acuerdo a lo anterior se hicieron las siguientes recomendaciones:

Tiempo de supervivencia (biocontrolador) menor a 4 horas, en Bugalagrande el 33%, Riofrío el 50% y en Sevilla el 17%.

Las corrientes de agua provenientes de estos sistemas de tratamiento tienen una carga orgánica mayor a 100 ppm.

Puede ser una alerta acerca del funcionamiento de los sistemas de tratamiento, se sugiere: revisar la

periodicidad y calidad del mantenimiento y el caudal de entrada (que ingrese más agua de la estimada en el diseño).

Línea económica. Se incrementó en un 30% la capacidad productiva de las 1.369 hectáreas renovadas en 15 municipios de Antioquia, Nariño y Valle del Cauca al finalizar el Convenio, para la verificación y seguimiento de éste se analizará la información del Sistema de Información Cafetera SIC@, de la Gerencia Técnica de la FNC.

En la Tabla 63 se presentan las variables asociadas con el incremento de la capacidad productiva del café, tales como: Porcentaje de las variedades resistentes a la roya, edad del cultivo y densidad de siembra.

De acuerdo a los resultados de investigaciones desarrolladas por el Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé, a mayor porcentaje de variedad resistente, menor edad del cultivo y mayores densidades de siembra hay mayor producción de café por hectárea.

Para el caso de la variable variedades resistentes se observa que en todos departamentos hubo un incremento del 27,6% en Antioquia, del 90,5% en el Valle del Cauca y de 77,3% en Nariño, es decir, en estas zonas entre los años 2010 y 2012 se renovaron de manera significativa los cafetales con las variedades resistentes a la roya del cafeto.

La variable edad de los cultivos tuvo un comportamiento positivo a favor de este factor de recuperación de la producción, ya que en los tres departamentos hubo disminución de los ciclos de producción de los cafetales siendo más significativo en Antioquia, con una variación del 50%, en Valle del Cauca del 15,7% y en Nariño del 4,6%, con respecto al 2010.

Con relación a la variable densidad, ésta aumentó en el departamento de Antioquia con una variación del 7,9% y en el Valle del Cauca del 0,7%. En contraste, en el departamento de Nariño esta variable se redujo en un 1,0%.

Respecto a la calidad se han eliminado el 75% de los defectos en taza (fenol, fermento, *stinker*) y los defectos físicos (mordido, cardenillo, negro) con la implementación de buenas prácticas; a la finalización del Convenio se tomaron las muestras de café pergamino seco para realizar las pruebas físicas y de taza.

En Cauca se tomaron las muestras de café en los 128 predios Titulares de Derecho durante la época de cosecha. Estas muestras fueron entregadas a la Cooperativa de Caficultores de Manizales, donde realizaron las pruebas físicas y de taza.

En Valle del Cauca se tomaron 62 muestras de café de 150 Titulares de Derecho, y se les realizó el análisis de calidad en el laboratorio de Almacafé en Tuluá.

En el departamento de Nariño se tomaron de 205 Titulares de Derechos, 165 muestras de café pergamino seco, las cuales se entregaron para su análisis al Laboratorio de Calidades de la Cooperativa de Caficultores de Manizales.

En la Tabla 64 se muestran por departamento los resultados de las pruebas físicas y de taza.

Con estos resultados de las pruebas físicas y sensoriales del café se iniciará la implementación del plan de acción, actividad que se realizará conjuntamente entre los Formadores responsables de la Línea económica por municipio.

Tabla 62. Resultado de los análisis físicos y químicos de los SITAR en tres municipios del Valle del Cauca.

Muestra de agua a la salida del sistema							
Municipio	Color				Olor		pH promedio
	Ninguno	Claro	Amarillo	Café	Sí	No	
Bugalagrande	2	11	6	2	21	0	7,0
Riofrío	0	4	6	8	18	0	7,2
Sevilla	4	1	12	1	16	2	7,0

Mantenimiento						
Municipio	Trampa de grasa		Pozo séptico		Filtro anaerobio	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Bugalagrande	19	2	19	2	19	2
Riofrío	15	3	13	5	13	5
Sevilla	16	2	16	2	16	2

Prueba biológica guppy o lombriz				
Municipio	Tiempo de estudio 4 horas			
	Sí	No	Vivo	Muerto
Bugalagrande	21	0	14	7
Riofrío	10	8	5	5
Sevilla	18	0	15	3

Tabla 63. Porcentaje de área sembrada en variedades resistentes y susceptibles, edad y densidad de los cultivos de café en los predios de los Titulares de Derechos de Cauca, Valle del Cauca, Nariño y Antioquia durante los años 2010, 2011 y 2012.

Departamento	Año	Tipo variedad		Edad	Densidad
		Resistentes	Susceptibles		
Antioquia	2010	63,3	36,7	8,6	4.933,1
	2011	75,0	25,0	4,5	5.302,2
	2012	80,8	19,2	4,2	5.325,0
Nariño	2010	22,5	77,5	6,2	5.439,4
	2011	35,5	64,5	6,1	5.408,1
	2012	39,9	60,1	5,9	5.387,1
Valle del Cauca	2010	21,0	79,0	10,7	4.410,2
	2011	34,8	65,2	9,8	4.424,1
		40,0	60,0	9,0	4.441,9

Tabla 64. Resultado de los análisis de calidad realizados en cada departamento.

Departamento	Muestras de café pergamino seco	Muestras rechazadas (Humedad < 12%)	Tazas limpias	Tazas con defecto (fermento, fenol o vinagre)	Almendra defectuosa (rango)
Valle del Cauca	62	45,2%	50,0%	11,3%	1,2 – 11,5%,
Nariño	165	19,1%	80,0%	0,6%	0,2 – 4,4%
Cauca	128	39,8%	58,6%	1,2%	0,1 – 8,8%



Programa Forestal KFW

PROYECTO KFW

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

El objetivo de este proyecto es evaluar el efecto de la implementación de corredores de conservación y un Sistema de Gestión Integrado en Buenas Prácticas Agrícolas para promover la conservación de la biodiversidad y mejorar el desempeño ambiental de los beneficiarios del Programa Forestal KfW – FNC en siete microcuencas cafeteras y la ejecución de un programa de formación integral dirigido a las comunidades.

Los resultados y actividades que se desarrollan en esta investigación contribuirán en las dimensiones ambiental, social y económica. Durante el último período se avanzó principalmente en actividades que contribuyen a las dimensiones ambiental y social: 1. La construcción de una línea base en temas sociales, económicos y ambientales, 2. La implementación de las actividades para la construcción del corredor de conservación 3. El programa de educación, que incluyó la socialización del proyecto y sus objetivos entre las comunidades e instituciones con intereses en las microcuencas; buscando su vinculación a la construcción del corredor de conservación.

Este proyecto se encuentra en las primeras etapas de su ejecución. A continuación se describen los principales avances relacionados con las dimensiones establecidas por Cenicafé.

Caracterización de la línea base

1. Caracterización de uso del suelo. Se realizó la elaboración cartográfica para la construcción de los corredores de conservación en los siete departamentos de intervención del proyecto. Para obtener los resultados de delimitación de las microcuencas, análisis y cobertura de usos de suelo y la información cartográfica correspondiente, se empleó el Modelo Digital de Terreno (CIAT v. 4.2) 90 m. Teniendo planificada la zona a trabajar en cada microcuenca, y con el drenaje principal completamente identificado, se modelaron los valores con ArcAPEX. Posteriormente, con la información de los puntos de desembocadura que genera el software, se obtuvo la estructura para la construcción de los límites de cada microcuenca.

Se realizaron visitas de verificación y ajuste a las siete microcuencas, a la vez que se validaron y corrigieron posibles errores entre el Modelo Digital de Terreno y la zona de estudio. Para la corrección de delimitación y levantamiento de información cartográfica se utilizaron imágenes satelitales, en algunos casos de alta resolución SIC@ y en otros casos imágenes RapidEye, sobre las cuales realizó la verificación y actualización de los datos.

Para la fase de digitalización, edición y modelación de la información, se empleó el Software ArcGIS10.1. Los análisis y resultados se discutieron posteriormente en las reuniones de planeación participativa en cada región.

2. Caracterización biológica. A continuación se resumen los resultados preliminares de los muestreos de avifauna realizados en cada microcuenca.

Microcuenca La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia). Se han registrado 79 especies de aves pertenecientes a 27 familias. La parte alta de la cuenca se encuentra dentro del área de manejo especial Farallones de Citará. El área presenta condiciones topográficas con predomios de pendientes, lo que ha permitido que se conserven las partes altas de la cuenca. Durante el muestreo se registró la presencia de un lek del gallito de roca (*Rupicola peruviana*), en una ladera muy pendiente del bosque de galería que protege el nacimiento de la quebrada. También se observaron algunos individuos del cacique candela (*Hypopyrrhus pyrohypogaster*), especie endémica de Colombia, la cual se encuentra amenazada de extinción en la categoría En Peligro (EN) según la IUCN. Las partes media y baja de la cuenca están dominadas por cultivos de café con un poco de sombrío en algunos casos, y rastrojos altos en el retiro de la quebrada con predominio de caña brava. Debido a que hay una fuerte intervención antrópica, la avifauna registrada corresponde a especies generalistas, típicas de hábitats intervenidos, como algunos atrapamoscas, fruteros y semilleros (familias Tyrannidae, Thraupidae y Fringillidae, respectivamente).

Microcuenca El Congal (Pensilvania, Caldas). Se han registrado 75 especies de aves pertenecientes a 23 familias. En la parte alta de la cuenca se registraron varias bandadas mixtas con aves típicas de alta montaña y con gran cantidad de individuos, hasta 30 en algunos casos, las cuales en su mayoría estaban conformadas por fruteros, mirlas, arañeros y chamiceros, entre otros. Este tramo de la cuenca es el único que presenta fragmentos de bosque significativos, además que se conectan con los filos de las montañas cercanas, prueba de esto es la presencia del águila iguanera (*Spizaetus tyrannus*), un depredador de gran tamaño, que necesita extensiones grandes de bosque en buen estado. En

la zona media y baja se registraron especies propias de zonas intervenidas y degradadas, principalmente algunos atrapamoscas, semilleros y fruteros (Familias Tyrannidae, Fringillidae y Thraupidae, respectivamente).

Microcuenca La Lajita (Timbío, Cauca). Se han registrado 85 especies de aves pertenecientes a 29 familias. La comunidad de aves de la cuenca se caracteriza por estar conformada por una gran cantidad de especies generalistas, resultado del alto grado de intervención que presenta el paisaje. A pesar que los humedales representan un componente importante del lugar, se encontraron muy pocas especies de aves asociadas a este hábitat, posiblemente debido a que los humedales no se encuentran aislados ni protegidos del ganado. En los humedales se destaca la presencia de la chilacoa colinegra (*Aramides cajanea*) y la garcita rayada (*Butorides striata*). Además, cabe resaltar la presencia de otras especies que aunque no son especialistas de algún hábitat particular, son poco comunes y locales en su distribución, como son el azor cordillerano (*Accipiter striatus*), el zorzal piquinaranja (*Catharus aurantirostris*), el zafiro cabeciazul (*Hylocharis grayi*) y el atrapamoscas ojirrojo (*Knipolegus poecilurus*).

Microcuenca El Burro (El Pital, Huila). Se han registrado 112 especies de aves pertenecientes a 26 familias. La composición de la comunidad en la parte alta difirió significativamente de lo encontrado en las partes media y baja, debido a que la parte alta hay grandes fragmentos de bosques de roble que se encuentran conectados a lo largo de los filos de montaña. Por último, en la parte alta de la cuenca se registraron tres especies endémicas: el atlapetes oliváceo (*Atlapetes fuscoolivaceus*), la caminera tolimense (*Leptotila conoveri*) y el colibrí cabecicastaño (*Anthocephala floriceps*). En la parte media y baja de la cuenca se encuentran las especies típicas de paisajes cafeteros y áreas abiertas como potreros limpios, potreros arbolados y cultivos, principalmente tángaras y atrapamoscas.

Microcuenca La Esmeralda (Santuario, Risaralda). Se han registrado 90 especies de aves pertenecientes a 29 familias. En la parte alta se registraron especies propias de ecosistemas en muy buen estado de conservación. Este sector de la cuenca es un bosque montano maduro y continuo hasta la parte alta del parque, con fuertes pendientes y terreno escarpado. En la parte media debido a la heterogeneidad de la vegetación, en los transectos en interior de bosque se observó una mayor cantidad de aves, destacándose varias especies de colibríes congregados forrajeando en plantas del género *Palicourea*, tales como el colibrí cola de raqueta (*Ocreatus underwoodii*), el rumbito

pechiblanco (*Calliphlox mitchellii*), el esmeralda occidental (*Chlorostilbon melanorhynchus*) y el colibrí calzoncitos verdoso (*Haplophaedia aureliae*). En la parte baja la mayoría de la avifauna de esta zona corresponde a especies generalistas, es decir, que soportan la degradación y fragmentación presente en el área.

Microcuenca El Ramo (Zapatoca, Santander). Se han registrado 90 especies de aves pertenecientes a 18 familias. A diferencia de la metodología empleada en las demás cuencas, en ésta no se efectuó el muestreo desde el nacimiento hasta la desembocadura, sino que se tomó un tramo entre el km 17 y el km 23 de la vía que desde Zapatoca conduce a San Vicente de Chucurí, y que se encuentra paralela al lecho de la quebrada El Ramo. Los transectos se dispusieron desde la quebrada hasta los filos de las cuchillas circundantes, abarcando un intervalo altitudinal entre los 1.500 a los 2.290 m de altitud. Parte de la microcuenca se encuentra en jurisdicción del Parque Nacional Natural Serranía de los Yariguíes, el cual es considerado como uno de los pocos relictos de bosque prístino en la vertiente occidental de la cordillera Oriental. En comparación con el estado ambiental de las demás cuencas que hacen parte del proyecto, El Ramo es la cuenca más conservada. Esta afirmación se puede sustentar por la gran cantidad de especies de aves endémicas y en algún grado de amenaza de extinción registradas en los muestreos, entre las cuales se encuentran el torito frentirojo (*Capito hypoleucus*), el dacnis turquesa (*Dacnis hartlaubi*), el inca negro (*Coeligena prunellei*), el amazilia buchicastaña (*Amazilia castaneiventris*), el amazilia frentiazul (*Amazilia cyanifrons*), el gorrión montés cabecirufo (*Atlapetes latinuchus yariguierum*), el tordo montaño (*Macroagelaius subalaris*) y la guacharaca colombiana (*Ortalis columbiana*).

Microcuenca Campeón (Fresno, Tolima). Se han registrado 75 especies de aves pertenecientes a 20 familias. Pese al alto grado de intervención del sitio se registraron especies propias de interior de bosque y dos especies de gorriónes de distribución restringida: el gorrión montés de anteojos (*Atlapetes flaviceps*) que es endémica para Colombia y además está clasificada según la IUCN como En Peligro de extinción (EN), y el gorrión montes cabecinegro (*Arremon atricapillus*), que es casi endémico para el país. La parte media está conformada por grandes extensiones de cultivos de café principalmente, y cultivos de plátano, aguacate y potreros con pocos árboles dispersos. Se observaron varias especies de fruteros y atrapamoscas propios de zonas abiertas y muy intervenidas. La zona baja, hacia la desembocadura del área, se encuentra un poco más conservada, con algunos fragmentos de bosque que aún se conservan intactos debido a la topografía inclinada y el difícil acceso al terreno.

3. Caracterización fisicoquímica del agua. Hasta el momento se ha realizado la evaluación de la calidad inicial del agua superficial de la microcuenca El Burro en El Pital (Huila), utilizando el indicador ICA de la NFS, antes de iniciar con la implementación de las buenas prácticas agrícolas en el cultivo y beneficio del café en fincas cafeteras presentes en la microcuenca.

Una vez realizados los muestreos y caracterización se determinó que la calidad del agua fue buena en la microcuenca El Burro para la parte alta y baja, según la escala de clasificación del ICA, lo que indica que no es un agua apta para consumo humano, pero sí puede utilizarse para el riego de cultivos, la pesca, en industrias que no requieran una calidad alta del agua y en cualquier tipo de deporte acuático. En la parte media de la microcuenca se encontró que el agua es de calidad media, lo que indica que es un agua levemente contaminada, que requiere tratamiento de potabilización para su consumo. Se puede utilizar en el riego de la mayoría de cultivos, tiene un uso restringido cuando se usa con fines recreativos (deportes de inmersión) y para la acuicultura. El hecho de que la calidad del agua en la parte baja de la microcuenca presente un índice mejor que en la parte media se debe en gran medida a que el caudal en este sitio es diez veces mayor que en los otros dos, por lo tanto, la contaminación en este sitio se diluye, cuando a la corriente están llegando afluentes con buena calidad de agua.

4. Percepción de los agricultores hacia la biodiversidad. Para evaluar las percepciones de los agricultores hacia la biodiversidad, se realizaron entrevistas estructuradas a los agricultores beneficiarios de cada microcuenca. En la entrevista se exploraron tres temas así: Conocimiento, actitudes y comportamientos de conservación.

El conocimiento acerca de la biodiversidad se evaluó a través de cinco preguntas sobre diferentes aspectos de la biodiversidad y el medio ambiente, el conocimiento sobre las aves migratorias y una escala de conocimiento ecológico.

Las actitudes frente a la biodiversidad y la posibilidad de implementar acciones para su conservación fueron evaluadas a través de ocho preguntas relacionadas con los beneficios que proveen los diferentes elementos de la biodiversidad, la gravedad de algunos problemas ambientales en la región, la intención de realizar nuevas prácticas de conservación y una escala de actitud frente a la biodiversidad en zonas cafeteras.

Los comportamientos de conservación se evaluaron a través de siete preguntas donde se verificaron las

prácticas realizadas en la finca que pueden promover la conservación del medio ambiente y la biodiversidad, especialmente en cuanto a la protección de quebradas, la presencia de áreas de conservación, el uso de herramientas de manejo del paisaje, la señalización que prohíbe la cacería y la presencia de animales silvestres cautivos.

Para cada una de las preguntas asociadas a cada uno de los tres criterios (conocimiento, actitud y comportamiento), se estimó la proporción de entrevistados que dio la respuesta adecuada y se asignó una calificación a cada una de las preguntas para obtener un índice en cada uno de los tres aspectos (Tabla 65). La sumatoria de la calificación en conocimiento, actitud y comportamiento, permite asignar una calificación por agricultor o índice de agricultores amigables con la biodiversidad.

Con el valor del índice por aspecto en cada una de las fincas se construyó el índice general de agricultores amigables con la biodiversidad. Así, si un agricultor daba todas las respuestas adecuadas en los diferentes aspectos y cumplía con todos los criterios evaluados acerca del entorno natural de la finca, el valor del índice sería 3. Un agricultor ambientalmente amigable tiene las siguientes características: Conciencia y sensibilidad hacia el medio ambiente; entendimiento básico del medio ambiente y sus problemas; actitudes positivas hacia la biodiversidad; habilidades para identificar y resolver los problemas ambientales; y realiza comportamientos de conservación en su finca y en la comunidad.

Para el índice de agricultores amigables con la biodiversidad se estimó el promedio del índice por finca con su respectivo intervalo, con un coeficiente de confianza del 95%, así como el índice para cada uno de los aspectos evaluados.

El índice de agricultores amigables con la biodiversidad varió entre 0,99 y 1,40. Ningún departamento alcanzó índices superiores a 1,50. Se encontró como tendencia general que en cuanto al conocimiento, la mayoría de las microcuencas, excepto en Cauca, este aspecto es el que tuvo el valor más bajo. En cuanto a la actitud los agricultores de las microcuencas de Caldas, Risaralda, Santander y Tolima obtuvieron los valores más altos. En relación al comportamiento, sólo en las microcuencas de Antioquia, Huila y Cauca este aspecto presentó el valor más alto.

En cuanto al conocimiento, el índice varió entre 0,16 y 0,50. Respecto al conocimiento sobre los diferentes componentes de la biodiversidad, en general, los entrevistados tuvieron más conocimiento acerca de

Tabla 65. Criterios que componen el índice de agricultores amigables con la biodiversidad y su calificación.

Aspecto	Criterio o práctica	Respuesta	Calificación	Calificación total
Conocimiento	Menciona al menos tres prácticas para conservar el medio ambiente	3 prácticas o más	0,1660	1
	Definición correcta de aves migratorias	Sí = 1	0,1660	
	Reconoce beneficios de los animales silvestres diferentes de los estéticos	Sí = 1	0,1660	
	Definición correcta de biodiversidad	Sí = 1	0,1660	
	Escala de conocimiento ecológico	≥ 6 respuestas correctas	0,1660	
	Reconoce beneficios de los bosques diferentes al agua	Sí = 1	0,1660	
Actitud	Considera sembrar más árboles el siguiente año	Sí = 1	0,1666	1
	Considera invertir 12 ó más jornales en el semestre para realizar prácticas de conservación	Sí = 1	0,1666	
	Considera asistir a capacitaciones al menos dos veces al mes	Sí = 1	0,1666	
	Considera que tiene habilidades suficientes para realizar prácticas para conservar el medio ambiente	Sí = 1	0,0833	
	Considera que conoce cómo sembrar y cuidar árboles	Sí = 1	0,0833	
	Considera que tiene el conocimiento suficiente para enseñar a otros sobre el medio ambiente	Sí = 1	0,0833	
	Escala de actitud	≥ 5 respuestas esperadas	0,0833	
	Considera que conoce cómo las acciones que realiza afectan el medio ambiente	Sí = 1	0,0833	
Comportamiento	¿Está claramente señalizada la prohibición de la cacería en la finca?	Sí = 1	0,1000	1
	¿Existen evidencias de cacería en la finca?	No = 0	0,1000	
	¿Se encuentran animales silvestres cautivos en la finca?	No = 0	0,1000	
	Si tiene algún área de conservación en la finca, hace un manejo positivo?	Sí = 1	0,2000	
	¿Existe implementada alguna cerca viva, agroforestal café, silvopastoril, árboles en potreros?	Sí = 1	0,1500	
	Si en la región hay comité ambiental, el agricultor pertenece a éste?	Sí = 1	0,1500	
	Cuando identifica un problema ambiental en su región, ha realizado alguna actividad para resolverlo?	Sí = 1	0,2000	

los beneficios que proveen los bosques. Los aspectos sobre los cuales los entrevistados tuvieron menos conocimiento fueron acerca de las definiciones sobre biodiversidad y aves migratorias.

Respecto a las actitudes hacia la biodiversidad y la implementación de prácticas de conservación, los índices variaron entre 0,37 y 0,59. Los entrevistados consideran que tienen habilidades para realizar prácticas de conservación en sus fincas y para enseñar a otros sobre cómo conservar el medio ambiente.

El índice respecto a los comportamientos de conservación fluctuó entre 0,25 y 0,65 (Tabla 66). Los comportamientos de conservación más frecuentes en las fincas fueron la ausencia de evidencias de cacería y la ausencia de animales silvestres como mascotas. Los comportamientos de conservación menos generalizados en las fincas fueron la presencia de señalización que prohíba la cacería, la afiliación de los entrevistados con algún comité ambiental y la participación en actividades para resolver los problemas ambientales en sus regiones.

Tabla 66. Índice de agricultores amigables con la biodiversidad para cada una de las microcuencas evaluada.

Microcuenca	Índice de agricultores amigables con la biodiversidad
La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	1,33
El Congal (Pensilvania, Caldas)	1,29
La Lajita (Timbío, Cauca)	1,31
El Burro (El Pital, Huila)	0,99
La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	1,33
El Ramo (Zapatoca, Santander)	1,40
Campeón (Fresno, Tolima)	1,22

A continuación se presentan los resultados de la línea base de caracterización de las percepciones de los agricultores hacia la biodiversidad, para cada una de las microcuencas evaluadas.

Los resultados acerca de las percepciones de los agricultores hacia la biodiversidad, proveen información útil para:

Promover la participación de la comunidad para incentivar comportamientos de conservación.

Desarrollar un programa de formación acorde a los conocimientos de la comunidad.

Evaluar el cambio en conocimiento, actitud y comportamiento para cada agricultor después de participar en el programa.

5. Caracterización de sostenibilidad

Diagnóstico ambiental. Los principales índices desarrollados para evaluar el desempeño ambiental de las fincas están relacionados con el manejo de aguas residuales postcosecha, el manejo de residuos sólidos orgánicos y el manejo aguas residuales domésticas. Los dos primeros índices se asignaron solamente a los caficultores beneficiarios, y el índice de manejo de aguas residuales domésticas se asignó a todos los beneficiarios.

Para cada una de las preguntas asociadas a cada aspecto se estimó la proporción de entrevistados que realiza la práctica adecuada. Se asignó una calificación para obtener los índices de desempeño en cada uno de los aspectos, que toman valores entre 0 y 1 (Tabla 67), donde 1 indica un caficultor que realiza adecuadamente las prácticas.

Con relación al manejo de residuos sólidos orgánicos postcosecha, la microcuenca La Arboleda es la que presenta un mejor manejo con un índice de 0,30. El desempeño más bajo en este aspecto se registró en la microcuenca La Esmeralda con 0,12 (Tabla 68).

Con relación al manejo de aguas residuales postcosecha, la microcuenca El Burro presentó un mejor manejo con un índice de 0,12. Las microcuencas El Congal y La Esmeralda presentaron un valor de 0, debido a que no se encontraron fincas que realicen tratamiento (Tabla 68).

En cuanto al manejo de aguas residuales domésticas, la microcuenca El Burro presentó el mejor desempeño, con un índice de 0,33. La microcuenca Campeón presentó el desempeño más bajo, con un índice de 0,08 (Tabla 68).

Diagnóstico social. Para realizar la medición del capital social en las comunidades beneficiarias del proyecto se utilizó una herramienta basada en el instrumento elaborado por el Banco Mundial. Este cuestionario, refleja las dimensiones estructurales y cognitivas del capital social y las principales formas en las que opera y que permitirán fortalecer la sostenibilidad del corredor de conservación. Los resultados para cada departamento se presentan para cada uno de los siguientes aspectos: (1) Capital humano, (2) Confianza

y solidaridad, (3) Acción colectiva y cooperación, (4) Conformación de grupos y redes, (5) Información y comunicación, (6) Cohesión e inclusión social, (7) Empoderamiento y acción política.

Capital humano. El capital humano está relacionado con las capacitaciones que han recibido los cafeteros y que han sido impartidas por técnicos del Servicio de Extensión, instructores del SENA y la Fundación Manuel Mejía, principalmente. En la Tabla 69 se presenta la proporción de personas que han recibido capacitación en temas relacionados con los procesos del sistema de producción de café, ambientales como el manejo de residuos sólidos y peligrosos, y otros relacionados con administración y primeros auxilios.

Más del 50% de los caficultores han recibido capacitación en temas relacionados con el sistema de producción de café, sin embargo, al evidenciar las buenas prácticas que realizan en sus fincas no se observa una relación positiva; por eso es necesario considerar el tipo de capacitación que han recibido y las causas de porqué no adoptan e implementan la buenas prácticas recomendadas por Cenicafé.

Con relación a las capacitaciones en temas ambientales es necesario fortalecer los temas y evaluar los aspectos en los que sea necesario mejorar y prevenir en cada una de las microcuencas.

Confianza y solidaridad. La confianza se basa en el comportamiento que se espera de la otra persona que participa en la relación, y la solidaridad se refiere al nivel de contribución a proyectos que benefician a otros (Tabla 70). En general, se tiene un alto grado de confianza en la relación con las demás personas de la comunidad. En cuanto a la solidaridad, la proporción de encuestados que están dispuestos a ayudar está por encima del 90% en todas las microcuencas.

Acción colectiva y cooperación. Este aspecto se refiere a la actitud de participación con otras personas en proyectos que benefician a la comunidad. En la Tabla 71 se presenta la respuesta afirmativa de los encuestados a las siguientes preguntas: “Durante el año pasado, ¿Trabajó con otras personas de su vereda para hacer algo por el beneficio de la comunidad?” (R1) y “¿Qué proporción de personas en su vereda hacen una contribución de dinero, tiempo, bienes y/o trabajo a las actividades de la comunidad?” (R2).

Conformación de grupos y redes. Este aspecto busca conocer e identificar las instituciones o los grupos que se encuentran conformados en la comunidad, los objetivos de los mismos y qué beneficio generan para la comunidad. En la mayoría de los departamentos,

Tabla 67. Criterios que componen cada uno de los índices desarrollados y su calificación.

Aspecto	Criterio o práctica	Calificación	Calificación total
Manejo de aguas residuales postcosecha	Realiza tratamiento	0,3	1
	Las aguas mieles son recolectadas y agregadas a la pulpa	0,2	
	Las aguas mieles van a un STMA	0,3	
	Mucílago se agrega a la pulpa	0,2	
Manejo de residuos sólidos orgánicos postcosecha	Tiene fosa	0,1	1
	Tiene lombricultivo	0,1	
	Las dimensiones son las adecuadas	0,1	
	Techada	0,1	
	Tanques de drenes	0,1	
	Transporta la pulpa en seco	0,1	
	Mantiene la humedad de la masa	0,1	
	Descomposición total de la pulpa	0,1	
	Realiza volteos cada 15 días	0,1	
	Añade enmiendas	0,1	
Manejo de aguas residuales	Trampa de grasa, pozo séptico, filtro anaerobio, humedal	0,8	1
	Realiza mantenimiento a la trampa de grasa	0,1	
	Realiza mantenimiento al pozo séptico	0,1	

Tabla 68. Índices de diagnóstico ambiental para cada una de las microcuencas evaluadas.

Microcuenca	Manejo residuos sólidos orgánicos postcosecha	Manejo de aguas residuales postcosecha	Manejo de aguas residuales domésticas
La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	0,30	0,01	0,16
El Congal (Pensilvania, Caldas)	0,28	0,00	0,30
La Lajita (Timbío, Cauca)	0,23	0,01	0,22
El Burro (El Pital, Huila)	0,29	0,12	0,33
La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	0,12	0,05	0,18
El Ramo (Zapatoca, Santander)	0,16	0,00	0,12
Campeón (Fresno, Tolima)	0,30	0,03	0,08

Tabla 69. Proporción de encuestados en cada microcuenca que ha recibido capacitaciones relacionadas con el sistema de producción de café y medio ambiente.

Tipo de Capacitación	Microcuenca						
	La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	El Congal (Pensilvania, Caldas)	La Lajita (Timbío, Cauca)	El Burro (El Pital, Huila)	La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	El Ramo (Zapatoca, Santander)	Campeón (Fresno, Tolima)
En café	59	69	56	67	55	84	47
Ambiental	53	50	43	55	48	79	36
Otros	38	20	38	49	33	68	22

Tabla 70. Proporción de encuestados en cada microcuenca de acuerdo con los aspectos de confianza y solidaridad.

Aspecto	Microcuenca						
	La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	El Congal (Pensilvania, Caldas)	La Lajita (Timbío, Cauca)	El Burro (El Pital, Huila)	La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	El Ramo (Zapatoca, Santander)	Campeón (Fresno, Tolima)
Confianza	78	96	77	78	79	96	91
Solidaridad	93	96	93	92	94	100	93

Tabla 71. Proporción de encuestados en cada microcuenca, que participó en actividades para el beneficio de la comunidad y que realizan contribuciones en dinero, tiempo o bienes/trabajo.

Pregunta	Microcuenca						
	La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	El Congal (Pensilvania, Caldas)	La Lajita (Timbío, Cauca)	El Burro (El Pital, Huila)	La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	El Ramo (Zapatoca, Santander)	Campeón (Fresno, Tolima)
R1	80	88	75	75	60	81	66
R2 (Dinero)	48	54	45	40	32	35	36
R2 (Tiempo)	57	85	50	65	61	74	72

las personas encuestadas reconocen la existencia varios grupos en sus regiones, de los cuales los que más sobresalen son la junta de acción comunal y la Cooperativa de Caficultores.

Información y comunicación. En este aspecto se identifican los medios de comunicación a través de los cuales las comunidades acceden a la información y con qué frecuencia acceden a éstos. Los medios de comunicación a los que más acceden en las comunidades son la televisión y el teléfono. Sin embargo, en la microcuenca El Ramo el medio de comunicación al que más acceden los habitantes es la radio, debido a que las condiciones de conectividad a telefonía son mínimas en la zona.

Cohesión e inclusión social. Es el grado de consenso de los miembros de un grupo, con sus normas y valores, así como el posicionamiento del individuo en la dinámica de la comunidad. En la Tabla 72, se presenta el porcentaje de los encuestados que piensan que la vereda es unida, lo cual permite generar estrategias que fomenten la unión de la comunidad alrededor del recurso de uso común (corredor).

Empoderamiento y acción política. El empoderamiento se refiere a la capacidad de emprender acciones en conjunto y la acción política a la participación de las familias en asuntos organizativos, tanto comunitarios como gubernamentales. En la Tabla 73 se presentan las proporciones de las peticiones que tuvieron éxito. Para calcular el total de peticiones (n) se consideraron las respuestas “una vez” o “varias veces” a la pregunta “¿Con qué frecuencia se reunieron para hacer peticiones durante el último año?”. Para calcular la proporción, se cuantificaron las respuestas “Sí, todas tuvieron éxito” y “La mayoría tuvo éxito” cuando se les hizo la pregunta “¿Alguna de estas peticiones tuvo éxito?”.

Diagnóstico de calidad. El desempeño de este componente se evaluó analizando todos los procesos que conforman el sistema de producción de café. Adicionalmente, cada aspecto técnico se evaluó a partir de la aplicación de las buenas prácticas agrícolas y las recomendaciones generadas de las investigaciones realizadas por Cenicafé. Para evaluar cada aspecto o proceso se establecieron preguntas que fueron organizadas y analizadas de acuerdo a la influencia que tiene la práctica dentro de cada proceso. Se asignó una calificación para obtener los índices de desempeño en cada uno de los aspectos, que toman valores entre 0 y 1 (Tabla 74), donde 1 indica un caficultor que realiza adecuadamente las prácticas. Se presentan los resultados del índice para el proceso del beneficio y la infraestructura utilizada en éste.

El índice de desempeño del proceso de beneficio varió entre 0,65 para la microcuenca El Congal y 0,78 para la microcuenca La Arboleda (Tabla 75).

Infraestructura del beneficio. Con el fin de conocer el tipo de infraestructura utilizada en el beneficio por los caficultores e identificar necesidades de intervención, se tomó una información adicional. A su vez, ésta se relaciona directamente con buenas prácticas en el proceso del beneficio y contribuyen a una mayor eficiencia de la empresa cafetera y mejor desempeño ambiental (Tabla 76).

Los resultados encontrados acerca del diagnóstico ambiental, social y de calidad proveen información útil para:

- Determinar las necesidades de inversión en infraestructura que deben implementarse en las microcuencas
- Desarrollar un programa de formación y sensibilización que promueva la adopción de buenas prácticas agrícolas en las fincas
- Promover la sostenibilidad del corredor a largo plazo a través del trabajo comunitario
- Evaluar el cambio en el desempeño ambiental y de calidad para cada agricultor después de participar en el programa

Implementación – Planes de intervención

Proceso de planeación participativa de los corredores. En la construcción de los corredores de conservación se ha buscado incorporar la participación de las comunidades y de los diferentes actores interesados en el medio ambiente regional, como los Comités de Cafeteros, los gobiernos locales, las entidades ambientales y las personas o instituciones con intereses ambientales. Este enfoque participativo también ha sido incorporado en el proceso de planeación del corredor, con la realización de reuniones, denominadas de planeación participativa, en las cuales se ha buscado involucrar diferentes actores regionales en la definición del trayecto del corredor y en la identificación de las localidades y herramientas de manejo del paisaje en donde dar inicio a las acciones de construcción del corredor.

Como resultado del proceso se lograron resultados en la definición del eje principal y los lineamientos generales para considerar en la selección de las

Tabla 72. Proporción de encuestados en cada microcuenca que consideran que la vereda es unida.

Microcuenca						
La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	El Congal (Pensilvania, Caldas)	La Lajita (Timbío, Cauca)	El Burro (El Pital, Huila)	La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	El Ramo (Zapatoca, Santander)	Campeón (Fresno, Tolima)
38	65	43	31	58	41	43

Tabla 73. Proporción de peticiones al gobierno, entidades o instituciones externas que tuvieron éxito.

Microcuenca						
La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	El Congal (Pensilvania, Caldas)	La Lajita (Timbío, Cauca)	El Burro (El Pital, Huila)	La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	El Ramo (Zapatoca, Santander)	Campeón (Fresno, Tolima)
31,25 (n=48)	36,95 (n=46)	32,33 (n=130)	61,00 (n=105)	65,38 (n=52)	30,50 (n=59)	62,00 (n=84)

Tabla 74. Aspecto técnico evaluado y los criterios o prácticas establecidas para conformar el índice de beneficio.

Aspecto	Criterios	Calificación	Calificación total
Beneficio	Realiza una adecuada limpieza de equipos e infraestructura para asegurar la inocuidad del café	0,2	1
	Asegura un correcto funcionamiento de equipos realizando calibraciones, mantenimiento y mediciones previas	0,2	
	Realiza el despulpado del café en seco	0,2	
	El proceso de beneficio se realiza con criterios técnicos	0,4	

Tabla 75. Índice de desempeño del proceso de beneficio por microcuenca.

Microcuenca	Índice de desempeño en beneficio
La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	0,78
El Congal (Pensilvania, Caldas)	0,65
La Lajita (Timbío, Cauca)	0,69
El Burro (El Pital, Huila)	0,72
La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	0,66
El Ramo (Zapatoca, Santander)	0,68
Campeón (Fresno, Tolima)	0,69

Herramientas de Manejo del Paisaje y de las localidades en la construcción del corredor. Estos lineamientos generales, sirven como guías para iniciar el proceso de construcción del corredor, pero no deben ser considerados como mandatos fijos. Las decisiones finales respecto a localidades y herramientas en donde se comenzará la construcción del corredor están sujetas al interés de los agricultores y dueños de fincas y los resultados de las negociaciones con cada uno de ellos.

Una primera evaluación de los puntos positivos del proceso permite concluir que: 1. Se enriquece el análisis geográfico; 2. Sirve de guía para el inicio de acciones en el corredor; 3. Se fortalece el sentido de apropiación del corredor; 4. Crea oportunidades para discusión. Entre los puntos por mejorar se pueden citar los siguientes: Considerar la heterogeneidad de la audiencia; asegurar claridad en el análisis geográfico; asegurar que los temas tratados reciban atención.

Programa de educación

Sensibilización. La implementación de un corredor de conservación en una zona densamente poblada, como lo son las microcuencas cafeteras que hacen parte de este proyecto, implica sobre todo la participación activa de sus pobladores. Se debe fortalecer el sentido de pertenencia y establecer las responsabilidades. Por esta razón se está realizando un programa de sensibilización a la comunidad en conservación de la biodiversidad y los recursos naturales y, buenas prácticas agrícolas.

Las actividades del programa de sensibilización para las comunidades se han desarrollado en forma de talleres, juegos, entrega de publicaciones (como Biocartas, boletines y afiches) y monitoreo participativo de aves.

Estas jornadas de sensibilización han servido además para fortalecer las relaciones entre la comunidad y los extensionistas de cada región, y para que refuercen los contenidos en estos temas mientras aprenden herramientas didácticas para enseñarlos.

Por otra parte, durante estas jornadas se han creado comités comunitarios de trabajo. Esta es una forma de lograr que la comunidad avance hacia la gestión y el trabajo comunitario en pro de su propio bienestar. Lograr consolidar estos comités puede ser una forma efectiva de conseguir la sostenibilidad en el tiempo de las acciones realizadas en este proyecto.

Tabla 76. Proporción de caficultores con infraestructura para realizar los procesos de beneficio del café.

Infraestructura	Microcuenca						
	La Arboleda (Ciudad Bolívar, Antioquia)	El Congal (Pensilvania, Caldas)	La Lajita (Timbío, Cauca)	El Burro (El Pital, Huila)	La Esmeralda (Santuario, Risaralda)	El Ramo (Zapatoca, Santander)	Campeón (Fresno, Tolima)
Separador hidráulico	57,0	0,0	0,0	0,9	9,8	2,0	0,0
Tanque sifón	19,1	4,0	0,0	2,9	12,0	4,1	0,0
Tolva seca	17,7	52,0	25,9	64,1	80,4	46,0	25,0
Despulpadora	62,3	96,0	96,4	99,0	92,5	99,0	100,0
Zaranda manual/ mecánica	98,5	28,0	62,5	75,7	41,2	64,0	41,7
Desmucilagador	86,8	0,0	1,8	2,9	3,8	6,2	0,0
Canal de correteo	27,9	4,0	0,9	4,9	2,0	9,1	0,0
Canal semisumergido	76,1	0,0	1,8	0,0	0,0	2,0	0,0
Tanque fermentación	16,4	96,0	57,3	75,7	86,8	84,0	60,0
Tanque tina	94,1	4,0	1,8	7,8	3,8	3,1	0,0
Tornillo sinfín	4,4	0,0	1,8	4,9	3,9	8,4	1,7
Transporte de pulpa por gravedad	24,2	96,0	79,8	62,1	92,2	87,8	26,7
Transporte de pulpa hidráulico	60,0	0,0	0,0	0,9	3,9	5,1	0,0



Caracterización de los Cacaos de Colombia - Fase III

CARACTERIZACIÓN DE LOS CACAOS DE COLOMBIA - FASE III-

CONVENIO No. CEN 630-2010

Proyecto Especial Cofinanciado por Casa Luker S.A.

Los resultados presentados en el siguiente informe se describen de forma general dada la cláusula de confidencialidad existente en el convenio No. CEN630-2010

CARACTERIZACIÓN DE LOS CACAOS COLOMBIANOS POR ZONA DE PRODUCCIÓN Y GRADO DE FERMENTACIÓN

Con el fin de caracterizar química, física, funcional y sensorialmente las zonas de expansión cacaotera así como diez clones promisorios fermentados y seleccionados por Casa Luker, se realizaron 261 análisis correspondientes a fibra dietaria, proteína total y capacidad antioxidante por Orac. Resultados preliminares mostraron que los valores proteicos para los departamentos de Arauca, Meta, Cundinamarca, Bolívar, Caldas, Cesar, Córdoba, Tolima y Antioquia oscilaron entre los 11,00% y los 13,38%, mientras que los de fibra se mantuvieron entre 12,01% y 16,37%. La capacidad antioxidante por Orac evidenció cacaos de baja y alta capacidad antioxidante con valores de 473,31 y 920,27 unidades Orac, respectivamente.

Muestras fermentadas de los clones promisorios seleccionados presentaron niveles proteicos entre 9,00% y 12,35%, valores de fibra entre 12,26% y 13,47% y la capacidad antioxidante evidenció que el 50% de los clones presentaba un gran potencial antioxidante, con valores de Orac superiores a los 900 (μ mol TE)/g de producto.

CACAOS NACIONALES Y MUESTRAS COMERCIALES DE CACAOS INTERNACIONALES EN FUNCIÓN DE SUS ATRIBUTOS QUÍMICOS, SENSORIALES, Y FUNCIONALES

Durante el 2013 se realizó la caracterización de los atributos físicos, químicos, sensoriales, nutricionales y funcionales de los cacaos de Perú, seleccionados por Casa Luker y clasificados por zonas geográficas de cultivo, en el desarrollo del programa de cooperación USAID-CHEMONICS.

Se realizó la cuantificación de proteína, fibra dietaria total y capacidad antioxidante como Orac, de 16 muestras procedentes de los departamentos y provincias

seleccionados en el estudio, para un total de 144 análisis. El contenido de proteína total en los departamentos de Perú evaluados osciló entre los 12,37 y 12,92 g/100 g. El contenido de fibra dietaria total por departamento se mantuvo entre los 12,33 y los 13,85 g/100 g, con niveles por provincia muy superiores con respecto a las demás muestras evaluadas, con valores hasta de 14,55 g /100 g. De los departamentos evaluados se destacaron tres, por presentar capacidades antioxidantes altas, que oscilaron entre los 641,86 y los 811,29 orac (μ mol TE)/g de producto.

Determinación preliminar entre el grado de fermentación y los atributos químicos, físicos, sensoriales y funcionales. Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados para la realización de cada uno de los experimentos de fermentación desarrollados, correspondientes a fermentación 2011, fermentación 2012, tratamiento térmico y pruebas interbodegas, se realizaron 270 análisis, los cuales permitieron evidenciar la diferencia en el comportamiento de la proteína, fibra dietaria total y capacidad antioxidante como Orac durante el desarrollo de dos fermentaciones realizadas en diferentes épocas de cosecha y con variación en la incorporación de un clon de interés comercial (CCN51), así como en la modificación de la variable temperatura tras el montaje de seis experimentos y la influencia del almacenamiento en las posibles variaciones que éstas puedan tener durante la estadía en las bodegas de almacenamiento de Casa Luker, en Manizales.

CARACTERIZACIÓN DE LOS CACAOS DE PERÚ

El estudio se llevó a cabo para 11 provincias de Perú, con tres repeticiones por cada muestra. Los granos de cacao fueron procesados en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de Casa Luker – Bogotá, donde se realizó el análisis físico de los granos, la obtención del licor de cacao y la evaluación sensorial de los licores obtenidos. Posteriormente, el licor fue enviado a Cenicafé donde se realizaron los diferentes análisis.

Con el licor de cacao se realizó la extracción de la grasa (manteca de cacao) empleando el método Soxhlet que permite además obtener la cocoa (licor de cacao sin grasa). El valor promedio de grasa total para las muestras evaluadas fue de 54%.

A la manteca de cacao extraída se le determinó el contenido promedio de ácidos grasos (AG), mediante la técnica de cromatografía de gases acoplada a un detector de masas (GC/MSD). Los ácidos grasos predominantes en la manteca de cacao de Perú fueron mayoritariamente saturados (AGS), con un valor promedio para el ácido graso esteárico de 32,70%

y de 30,10% para el ácido palmítico. Las muestras provenientes de Perú evidenciaron una alta proporción de AG monoinsaturados (AGMI) representados por el ácido oleico, con valores promedios de 32,2%, también se detectó una pequeña cantidad de ácidos grasos polinsaturados (AGPI) en forma de ácido linoleico, con un valor promedio de 1,6%.

El análisis de triglicéridos fue realizado en la manteca de cacao por cromatografía de gases acoplado a un detector de ionización de llama (GC/FID). La mayor parte de los triglicéridos presentes en la manteca de cacao (> 80%) están compuestos por ácido oleico en la posición media del glicerol, con los dos ácidos saturados en las dos posiciones restantes formando alternativamente tres triglicéridos simétricos POP, POS, SOS. Los valores promedios se encontraron en el rango de 17,9%-23,0% para POP, 38,0%-43,4% para POS y 19,2%-23,7% para SOS.

Los tocoferoles y tocotrienoles engloban un grupo de compuestos liposolubles que reciben el nombre genérico de vitamina E. La determinación se llevó a cabo por cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada a un detector de fluorescencia (HPLC/FL). Los resultados obtenidos en las muestras de manteca de cacao para Perú mostraron un contenido promedio de 1,8 mg/100 g de manteca de cacao para el isómero d-tocoferol. Con respecto a la mezcla de isómeros b+g -tocoferol,

se encontraron valores promedio de 866 mg/100 g de manteca de cacao y para el isómero a-tocoferol los valores promedio fueron de 0,8 mg/100 g de manteca de cacao.

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (por ejemplo, la peroxidación lipídica), de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres y, por lo tanto, recibe el nombre de antioxidante terminador de cadena. Uno de los métodos empleados para medir la capacidad antioxidante es la expresada como equivalente a vitamina C (VCECA), método del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), con un valor promedio para las muestras analizadas de 4,0 g VCECA/100 g de licor de cacao.

Las metilxantinas son un grupo de componentes hidrosolubles que evitan la oxidación del ácido úrico y tienen propiedades estimulantes del sistema nervioso central. Tienen estructuras químicas similares e incluyen a la cafeína, teobromina y teofilina. Los análisis de estos componentes se realizaron mediante cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada a un detector de arreglo de diodos (HPLC-PDA), con valores promedio para teobromina de 0,96 mg /100 g de licor de cacao y para cafeína de 0,16 g /100 g licor de cacao.



Gestión Administrativa y Financiera

Unidad Administrativa y Financiera

Convenios de cofinanciación

En el período enero-septiembre del año 2013 se gestionaron 40 convenios con entidades nacionales e internacionales, públicas y privadas (Tabla 77).

Tabla 77. Convenios interinstitucionales (Miles \$).

Programa / Línea de Investigación / Entidad	Convenios	Recursos a Septiembre 30 de 2013	%
Producción Productividad			
Conocimiento de los factores de producción a nivel regional y ajuste en los elementos del sistema			
Programa Naciones Unidas para el Desarrollo	1	4.978	0,06
Aumento de la eficiencia de los factores de producción			
Colciencias	2	163.891	1,83
Colciencias / Fiduciaria Bogotá (Fondo Francisco José de Caldas)	3	470.296	5,25
Hydro Agri Colombia Ltda	1	29.654	0,33
Syngenta S.A.	1	10.887	0,12
Alternativas de protección de cultivos			
BASF Química de Colombia	1	30.000	0,33
Colciencias / Fiduciaria Bogotá (Fondo Francisco José de Caldas)	2	382.161	4,26
Dupont de Colombia S.A.	1	211.356	2,36
Cheminova	1	120.000	1,34
Innovak Colombia	1	6.000	0,07
Agrocorp SA	1	20.000	0,22
Valagro Andina Ltda	1	20.000	0,22
Disan Colombia S.A.	1	10.000	0,11
Orbitec S.A.S.	1	11.164	0,12
Syngenta S.A.	2	139.360	1,55
Evaluación del germoplasma			
Nestéc S.A.	1	160.138	1,79
Desarrollo de materiales para pruebas regionales y entrega de variedades			
Colciencias / Fiduciaria Bogotá (Fondo Francisco José de Caldas)	2	344.824	3,85
Ministerio Agricultura - Adaptación al Cambio Climático	1	67.902	0,76
Protección del cultivo de limitantes potenciales de la producción			
Prodecales S.A.	1	15.799	0,18
Banco Interamericano de Desarrollo - BID	1	900.000	10,04
Desarrollo de procesos para agregar valor a la calidad de café a los subproductos y al aseguramiento de la calidad			
Organización de los Estados Americanos - OEA	1	52.062	0,58
Caficultura y Variabilidad Climática			
Medición de amenazas y vulnerabilidades e identificación de oportunidades para adaptar la caficultura colombiana a la variabilidad climática			
Nestlé Nespresso	1	22.938	0,26
Ministerio Agricultura - Adaptación al Cambio Climático	1	2.337.429	26,08
Incremento de la certidumbre aprender del pasado, monitorear el presente, información para el futuro			
Ministerio Agricultura - Adaptación al Cambio Climático	1	327.115	3,65
Identificación y generación de estrategias que reducen el riesgo agro-climático			
Ministerio Agricultura - Adaptación al Cambio Climático	1	2.135.218	23,82
Otros Activos			
Ministerio Agricultura – KfW	1	372.958	4,16
Casa Luker S.A.	1	437.070	4,88
Fundación Humanismo y Democracia	1	50.309	0,56

Continúa...

...Continuación

Programa / Línea de Investigación / Entidad	Convenios	Recursos a Septiembre 30 de 2013	%
Convenios no vigentes año 2013			
Ministerio Agricultura – Genoma	1	2.063	0,02
Colciencias	2	55.259	0,62
Rainforest Alliance	1	41.397	0,46
The Nature Conservancy – TNC	1	774	0,01
US Forest Service	1	9.930	0,11
Total	40	8.962.932	100

Convenios Institucionales según clase de entidad

Para el año 2013, hubo un incremento de entidades cooperantes del 9,09% con relación al año anterior (Figura 155).

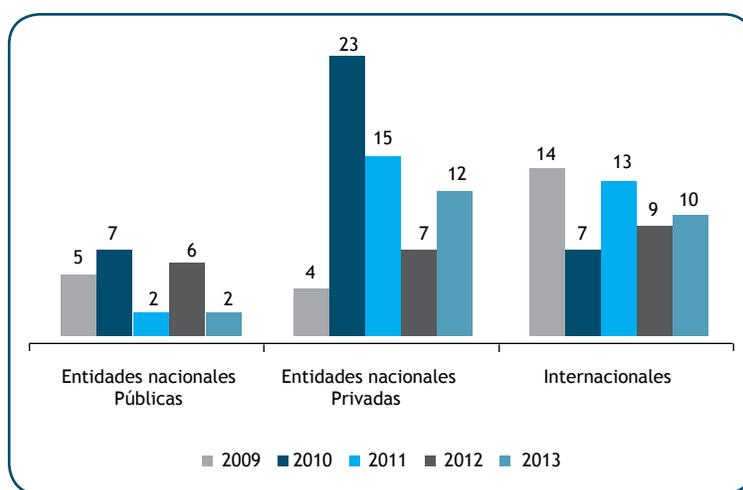


Figura 155. Aportantes Interinstitucionales según clase de entidad.

Los recursos externos de las entidades aportantes provienen de entidades nacionales públicas, nacionales privadas e internacionales (Tablas 78 y 79). Se pasó de tener la participación de 13 entidades aportantes tanto nacionales públicas y privadas en el año 2012 a 14 entidades en el año 2013, y de 9 entidades internacionales en el año 2012 a 10 en el año 2013.

Liquidación de Convenios

De los 40 convenios que se tienen en el año 2013, se terminaron seis convenios entre entidades Nacionales e Internacionales (Tabla 80).

Cualificación del Personal de Nómina Cenicafé 2013

En la Tabla 81 se presenta la cualificación de los colaboradores de Cenicafé según su nivel de estudios.

Tabla 78. Convenios de Investigación con Entidades Nacionales.

Entidad aportante	Convenios	Miles \$ ⁽¹⁾	%
Hydro Agri Colombia	1	29.654	0,39
BASF Química de Colombia	1	30.000	0,40
Fiduciaria Bogotá S.	7	1.197.281	15,82
Dupont De Colombia	1	211.356	2,79
Cheminova	1	120.000	1,59
Innovak Colombia	1	6.000	0,08
Agrocorp SA	1	20.000	0,26
Casa Luker S.A.	1	437.070	5,77
Valagro Andina LTDA	1	20.000	0,26
Disan Colombia S.A.	1	10.000	0,13
Orbiotec S.A.S.	1	11.164	0,15
PRODECALES S.A.	1	15.799	0,21
Colciencias	4	219.150	2,89
Ministerio Agricultura - Adaptación al Cambio Climático	4	4.867.665	64,30
Ministerio Agricultura - KFW	1	372.958	4,93
Ministerio Agricultura - Genoma	1	2.063	0,03
Totales	28	7.570.160	100

(1) Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 de 2013 más el saldo del año 2012

Tabla 79. Convenios de Investigación con Entidades Internacionales.

Entidad Aportante	Convenios	Miles \$ ⁽¹⁾	%
Humanismo y Democracia	1	50.309	3,61
The Natural Conservancy	1	774	0,06
Syngenta	3	150.247	10,79
Rainforest Alliance	1	41.397	2,97
Nestlé Nespresso	1	22.938	1,65
PNUD	1	4.978	0,36
BID	1	900.000	64,62
NESTEC	1	160.138	11,50
US FOREST SERVICE	1	9.930	0,71
OEA	1	52.062	3,74
Totales	12	1.392.773	100

(1) Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 de 2013 más el saldo del año 2012

Tabla 80. Convenios Terminados en el período enero – septiembre de 2013.

Entidad Aportante	Convenios	Miles \$ ⁽¹⁾	%
Ministerio Agricultura - Genoma	1	2.063	1,89
Colciencias	2	55.259	50,50
Rainforest Alliance	1	41.397	37,83
The Nature Conservancy - TNC	1	774	0,71
US Forest Service	1	9.930	9,07
Totales	6	109.423	100

(1) Se refiere a los desembolsos recibidos a septiembre 30 de 2013 más el saldo del año 2012

Tabla 81. Cualificación personal nómina de Cenicafé a 2013.

Nivel Académico	No. Personas 2013
Doctorado	19
Doctorado en formación	9
Maestría	27
Maestría en formación	14
Especialización	12
Especialización en formación	2
Pregrado	47
Pregrado en formación	2
Técnicos/Tecnólogos	18
Tecnólogos en formación	0
Bachiller/primaria	59
TOTAL	209

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA GERENCIA TÉCNICA

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Centro Nacional de Investigaciones de Café

“Pedro Uribe Mejía”

DIRECCIÓN

Fernando Gast H., Biólogo Ph.D.

Ángela Liliana Zapata R., Administradora de Empresas M.Sc.

DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN**Calidad**

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.

Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga **

Andrés Mauricio Villegas H., Ing. Agrónomo M.Sc.

Gustavo Echeverri M.

Gestión de Recursos Naturales y Conservación

Nelson Rodríguez V., Ing. Químico Ph.D.

Jorge Eduardo Botero E., Ingeniero Agrícola Ph.D.

Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico

Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista

Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química

Juan Carlos López N., Microbiólogo

Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y Zootecnista

Gloria María Lentijo J., Bióloga M.Sc.

José Rafael Rodríguez N., Lic. Biología y Química. Esp.

Jennifer Andrea Galeano S., Bióloga

Samuel Antonio Castañeda

Camilo Grajales Vásquez., Aprendiz

Jessica Paola Ortiz Ramírez, Aprendiz

Laura Vanesa Quintero Yepes, Ing. Química

Jade Alexandra Li Ramírez, Aprendiz

Fisiología vegetal

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.

Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo Ph.D.

Aristóteles Ortiz, Químico**

Jenny Lorena Aguirre M., Ing. de Alimentos

Claudia Yoana Carmona G., Ing. Agrónomo

Luz Fanny Echeverry G., Química

Marta Bibiana Escobar P., Tecnólogo Químico

Lizardo Norbey Ibarra R., Ing. Agrónomo

Mauricio Serna O., Ing. Electrónico

Claudia Marcela Mora Agudelo

Mario Franco A.

Braian Alejandro López O.

Humberto Iván Ríos, Ingeniero Ambiental. Esp.

Óscar Gonzalo Castillo R., Ing. Catastral y Geodesta M.Sc

Yulieth Paola Giraldo E. Ing de Sistemas y Telecom. Esp.

Claudia Patricia Valencia V.

José Robin García C.

Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo Ph.D.

Hernán González O., Ing. Agrónomo M.Sc.

Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo M.Sc.

José Horacio Rivera P., Ing. Agrónomo Ph.D.

Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga **

Alveiro Salamanca J., Ing. Agrónomo*

Beatriz Mejía M., Tecnólogo Químico Esp.

Arturo Gómez V.

Andrés Felipe Castro Q., Ing Agrónomo

Janneth Escudero A., Microbiólogo

Ana Lucero Valencia, Aprendiz

Fitotecnia

Víctor Hugo Ramírez B., Ing. Agrónomo M.Sc.

Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo M.Sc.

Carlos Augusto Ramírez C., Tec. Técnicas Forestales

Leidy Tatiana Bermúdez F., Ing. Agrónomo

Cristian Camilo Barrios, Téc. Análisis y Des. de la Info.

José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo

Mejoramiento Genético

Hernando Alfonso Cortina G., Ing. Agrónomo M.Sc.

Huver Elías Posada S., Ing. Agrónomo Ph.D.

José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.

Juan Carlos Herrera P., Biólogo Ph.D.

María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo Ph.D.

Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D

Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo M.Sc.*

Jefersson Medina O., Biólogo

Conrado Antonio Quintero D., Administrador Financiero

Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero

Luis Enrique Chanchí A.

Hernán Díaz C.

Cruz Elena Díaz M.

Manuel Antonio Llano S.

Jairo Nieto L.

Omar Villarreal

Ligia Belén Suescún P., Ing. de Prod. Biotecnológica

Jairo Ocampo J., Tec. en Electrónica

Sandra Liliana Largo V.

Nelson Duque Rincón, Téc. en Sis. de Información Geográfica

Daniela Gómez Suárez **

Diana Marcela Giraldo V.

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.

Carmenza E. Góngora B., Microbióloga Ph.D.

Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo Ph.D.

Clemencia Villegas G., Ing. Agrónomo M.Sc.

Luis Miguel Constantino C., Biólogo Entomólogo M.Sc.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo M.Sc*.
Flor Edith Acevedo B., Ing. Agrónomo*
Mauricio Jiménez Q., Tec. Admon. Agropecuaria
Lucio Navarro E., Biólogo*
Juan Carlos Ortiz F.
Juan Paulo Pimentel S., Tec. Adm. Empresas Agropecuarias
Carlos Alberto Quintero A.,
Diana Soraya Rodríguez A.,Téc. en Producción de Café
Claudia Bibiana Tabares B.
Jairo Hernán Henao D.
Aníbal Arcila M., Ing Agrónomo
Faber de Los Ríos P.

Agroclimatología

Andrés Javier Peña Q., Ing. Agrónomo M.Sc.
Julián Andrés Valencia A., Ing. Agrónomica**
Wílmur A. Rendón G., Tec. en Sistemas Informáticos
Myriam Giraldo M.
Luis Gonzaga Henao R.
Fabián Sánchez L.
Luis Fernando Torres Q.
Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola
Jorge Hernán Marulanda E., Tec. en Electrónica
Orlando Salazar G.

Fitopatología

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.
Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.
Bertha Lucía Castro C., Ing. Agrónomo M.Sc.**
Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo M.Sc.
Carlos Alberto Zuluaga E., Tec. en Mantenimiento en Comp. y Redes
Carlos Arturo González V.
Jorge Dicksson Ocampo M.
Jaroliver Cardona G.
Alejandra María Hoyos, Ing. Agrónoma

Sostenibilidad

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos, M.Sc.
Gloria Esperanza Aristizábal V., Lic. Bióloga y Química, M.Sc.
María Cristina Chaparro C., Química, M.Sc.
Angélica María Campuzano C., Ing. de Alimentos, M.Sc.
Janeth Alexandra Zuluaga M., Economista Empresarial M.Sc.
Mario López L.

Ingeniería agrícola

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.
César Augusto Ramírez G., Arquitecto M.Sc.
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos M.Sc.*
Paula Jimena Ramos G., Ing. Electrónico M.Sc.**
Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
José Farid López D., Tec. en Administración Agropecuaria
Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola
Mauricio García N., Ing. Electrónico
Javier Arias H.
Mario Espinosa G.
Javier Velásquez H.

Experimentación

Carlos Gonzalo Mejía M., Adm. de Empresas Agropecuarias**
Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo**
María Lucero Arias V., Adm. de Empresas Financieras

Estación Central Naranjal

Jhon Félix Trejos P., Ing Agrónomo

Estación Experimental El Tambo

Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo**

Estación Experimental El Rosario

Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal**

Estación Experimental La Catalina

Diego Fabián Montoya, Agrónomo
Francisco Javier Alzate O.
Vidal de Jesús Largo T.

Estación Experimental Líbano

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Paraguaicito

Daniel Antonio Franco C., Tec. en Gestión Agropecuaria
Myriam Cañon Hernández, Ing Agrónoma

Estación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental San Antonio

Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo
Melsar Danilo Santamaría B., Ing. de Alimentos

APOYO A LA INVESTIGACIÓN

Biometría

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.
Rubén Darío Medina R., Estadístico M.Sc.
Hernando García O., Técnico en Mantenimiento Eléctrico**

Documentación

Alma Patricia Henao T., Lic. en Lenguas Modernas, Bibliotecóloga, Esp.
Nancy Elena Pérez M. Contadora Pública
Juan Mateo Olaya. Aprendiz

Economía

César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.

Divulgación y Transferencia

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Carmenza Bacca R., Diseñadora Visual
Jair Montoya T., Administrador de Empresas, M.Sc.
María del Rosario Rodríguez L., Diseñadora Visual.
Óscar Jaime Loaiza E., Diseñador Visual
Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero
Juan Sebastián Gonzáles. 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., Contador Público Esp.
Jesús Danilo González O., Contador Esp.
María Consuelo González H.

Gestión de Bienes y Servicios Contratación

Carlos Arturo González V., Ing. Industrial M.Sc.
Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial
Luz Stella Duque C., Tec. en Administración de Negocios
Ángela Jaramillo G., Prof. en Comercio Internacional**
Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público
Yolanda Castaño G.
Gabriel Antonio Melo P.
Kelly Johana Correa A., Prof. en Admon. de Mercadeo
Lina María Giraldo, Téc. Asistente Administrativo
Leidy Viviana Quintero Díaz. Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios Mantenimiento

Óscar Fernando Ramírez C., Ing. Mecatrónico**
Cristian David Sabogal E., Ing Electrónico y Electricista
Jairo Coy M., Administrador de Empresas
Gabriel Hernando Ortiz C., Tec. en Gestión Bancaria y Financiera
Uriel López P.
José Asdrúbal Muñoz
Rogelio Rodríguez G.
Luis Alfonso Sánchez H.
Javier Vanegas V.
Eduardo Villegas A.
Fredy Hernán Osorio C.

Federico Giraldo Delgado. Aprendiz
Diego Giraldo

Gestión de Tesorería

Luis Fernando Ospina A., Contador Público, Esp.

Gestión del Talento Humano

Erica Galvis R., Trabajadora Social M.Sc.
Luz Yaneth Guarín C., Tec. Administración de Negocios
Germán Uriel G., Administrador de Empresas**
Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional Esp**
Laura Giraldo Salazar. Aprendiz

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L. Ing. Industrial M.Sc.
Damaris Márquez G., Administradora Financiera**
Daniel Eduardo Ramírez L., Administrador de Empresas**

Tecnología de la Información y Comunicaciones

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico
Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.**
Luz Ángela Fernández R., Licenciada en Psicopedagogía
Elkin Marcelo Valencia L., Ingeniero de Sistemas**
Arley Valencia S., Ingeniero Electrónico**
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.

*Comisión de Estudios

** Adelantando estudios en el país



Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org