

DESARROLLOS CIENTÍFICOS DE CENICAFÉ EN LA ÚLTIMA DÉCADA*

por

Gabriel Cadena Gómez**

Resumen

Cadena, G.: Desarrollos científicos de Cenicafé en la última década. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **29** (110): 89-99, 2005. ISSN: 0370-3908.

El café se reconoce como el principal producto de la economía colombiana en el siglo XX. La Federación de Cafeteros creó a Cenicafé en 1938 logrando la consolidación de un equipo de científicos nacionales que han hecho destacados aportes en materia de ciencia y tecnología. Se destacan las actividades en los últimos diez años, en los cuales se fortaleció la investigación sobre resistencia genética a la roya del cafeto, la implementación del manejo integrado de la broca del café, la tecnología del beneficio ecológico, las investigaciones sobre biodiversidad y la iniciación del proyecto sobre el genoma del café, de la broca y del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*.

Palabras clave: café, ciencia y tecnología, resistencia genética, MIP, biodiversidad, genómica, *B. bassiana*.

Abstract

Coffee is recognized as the most valuable crop for Colombia in the twentieth Century. The National Federation of Coffee Growers, founded Cenicafe in 1938. The consolidation of a Colombian team of scientists had made possible great achievements in science and technology. In the last decade, the scientific team has obtained great advances in genetic resistance to the coffee leaf rust, integrated pest management of the coffee bean borer, ecological wet processing of coffee, biodiversity studies and the initiation of a genomic research project on coffee, the coffee bean borer and the entomopathogenic fungus *B. bassiana*.

Key words: coffee, science and technology, genetic resistance, IPM, biodiversity, genomics, *B. bassiana*.

* Trabajo presentado como requisito para la posesión como Miembro Correspondiente de la Academia.

** Director del Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé. gabriel.cadena@cafedecolombia.com

Introducción

El cultivo del café (*Coffea arabica* L.), introducido a Colombia a principios del siglo XVIII, se convirtió en el principal producto de la economía nacional en el siglo XIX y se consolidó como el mayor motor de la economía colombiana en el siglo XX. La primera exportación del grano se registró un siglo después de su introducción, en 1835, desde los jardines botánicos europeos. Casi cien años debieron transcurrir, antes de que los productores del grano se organizaran y fundaran la Federación Nacional de Cafeteros en 1927.

Quienes fundaron la Federación, fueron colombianos con una gran visión y compromiso con el futuro del país. Testimonio de esta afirmación es la composición del primer presupuesto de la institución, en el cual se destina una partida “para obtener en el pabellón de enfermedades tropicales del hospital de San Juan de Dios una sala destinada especialmente para los enfermos que se remitan de los cafetales por conducto de la Federación a dicho hospital”, demostrando su sensibilidad social; en forma especialmente destacada aprueban igualmente una partida considerable “para montar la Granja de Experimentación de cultivo y beneficio del café” y destinan recursos para la “Sección Científica” (Federacafé, 1928).

A partir de esta primera decisión, el gremio cafetero colombiano ha apoyado continuamente las actividades científicas al interior de la institucionalidad cafetera y a nivel nacional a través de su apoyo a otros sectores y muy especialmente el académico.

Las actividades de investigación y experimentación, se iniciaron en 1929 en la Granja Escuela de “La Esperanza” en el Departamento de Cundinamarca con el objetivo de “experimentar, investigar y demostrar todo lo que a la industria cafetera respecta, reducir en cuanto sea posible el costo de producción por árbol, mejorar la calidad del café y lograr la estabilidad de los resultados”.

En el año de 1938 por solicitud del Gerente General, don Manuel Mejía, el Noveno Congreso Nacional de Cafeteros, expidió el Acuerdo número dos del 9 de noviembre creando el “Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafe, con sede en el municipio de Chinchiná, del Departamento de Caldas.

Desde su creación, Cenicafe se convirtió en el soporte tecnológico del gremio cafetero, generando conocimiento que ha sido fundamental para el progreso de la actividad cafetera en el país (Valenzuela, 1990).

Las primeras investigaciones en la sede de Chinchiná se orientaron a la caracterización de los suelos y el clima

predominantes en la zona cafetera. Esos estudios dieron lugar al Manual de Conservación de Suelos de Ladera, documento basado en las investigaciones sobre la materia conducidas durante varios años por Rodríguez y Suárez de Castro y que les merecieron el Premio Nacional de Ciencias, otorgado por la Fundación Alejandro Ángel Escobar en 1956. (Rodríguez & Suárez de Castro, 1962).

Podríamos decir que la sostenibilidad ambiental de las zonas cafeteras de Colombia se ha logrado en gran parte merced a los conocimientos que sobre la conservación de los suelos se desarrollaron tempranamente en Cenicafe.

Posteriormente, los investigadores del Centro se enfrentaron al reto de incrementar la producción cafetera ante la creciente demanda del grano colombiano en los mercados internacionales. Fue así como las investigaciones en la agronomía del cultivo, con las variedades originales, permitieron el fomento del cultivo en distintas regiones y gracias a las recomendaciones emanadas de Cenicafe, los caficultores, le dieron un mejor manejo al cultivo, a los árboles de sombrero y a sus suelos. Sin embargo, solo a partir de 1955 se iniciaron las verdaderas investigaciones sobre el mejoramiento genético del café. La variedad *typica* fue introducida inicialmente, pero debido a su homogeneidad genética, no permitió la selección de cultivares más productivos. La introducción de la variedad *Borbón*, le permitió a los mejoradores de Cenicafe, demostrar que era hasta un 30% más productiva que la variedad *typica*. Sin embargo esta nueva variedad de porte alto, no fue adoptada por los caficultores debido al tamaño pequeño de sus granos. (Castillo, 1990).

A partir de 1960, los investigadores de Cenicafe, desarrollaron las tecnologías que fueron fundamentales para el impresionante progreso del cultivo en la segunda parte del siglo XX. Los elementos fundamentales fueron los estudios con la variedad *Caturra*, de porte bajo, alta productividad, buena calidad en taza, y excelente adaptación a las condiciones ecológicas de los Andes Colombianos y la generación de conocimientos sobre la nutrición del café, el efecto de la densidad de siembra, el manejo de las arvenses y los sistemas de renovación. Esta tecnología, permitió que el país pasara de tener 21.000 hectáreas de café cultivado con alguna tecnología a 210.000 en tan solo diez años y que se pasara de producir 7 millones de sacos anuales a 12 millones en los años ochenta, representando un incremento del 58% en productividad en tan solo 10 años. (Cárdenas, 1990).

Esta impresionante contribución al desarrollo económico y social de Colombia que constituyó el incremento de la productividad cafetera, se manifestó directamente

en el bienestar de miles de familias en todo el territorio del país, la generación de ingresos, de empleos bien remunerados y de divisas que sirvieron para jalonar el desarrollo no solo de la industria del café, sino de la infraestructura y de los servicios, así como de nuevas industrias nacionales.

A principios de la década de los años ochenta, la amenaza de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), se hizo una realidad. La principal enfermedad que afecta al cafeto en el mundo fue diagnosticada por primera vez afectando las plantaciones del país. No obstante la naturaleza de esta enfermedad, de importancia económica debido a las pérdidas que causa en la producción y al incremento en los costos, muy rápidamente se constituyó en una “enfermedad olvidada” para los caficultores colombianos y para el país. El hecho de que la roya del cafeto, no sea una causa de pérdidas para los caficultores colombianos, se debe fundamentalmente a la visión y actitud proactiva de los investigadores de Cenicafé.

Los fitomejoradores del Centro, iniciaron con veinte años de anticipación un audaz proyecto científico que culminó con la obtención de una nueva variedad de café arábigo con excelentes características agronómicas, de calidad en taza y con resistencia durable a la roya del cafeto. Esa nueva variedad fue nombrada como variedad *Colombia* y por sus características especiales fue rápidamente adoptada por los caficultores debido a los obvios beneficios económicos. (Castillo & Moreno, 1988).

Entre los años 1985 y 1987, se sembraron más de cien mil hectáreas con la nueva variedad y como resultado, en el año de 1991, Colombia rompió todos los records previos de producción, registrando 18 millones de sacos de café gracias a la adopción de la variedad *Colombia* en un ambiente internacional de precios favorables. La obtención de la variedad *Colombia*, ha sido reconocida a nivel nacional e internacional como un logro de la ciencia.

Los fitomejoradores de Cenicafé recibieron los galardones científicos más preciados y especialmente el reconocimiento de los caficultores colombianos: Premio Nacional de Ciencias de la Fundación Alejandro Ángel Escobar - 1986; Premio Nacional al Mérito Científico de la ACAC; Medalla al Mérito Agrícola del Ministerio de Agricultura; Premio Interamericano de Ciencias, “Bernardo Housay”; Medalla al Mérito Cafetero “Manuel Mejía”. (Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia & Granahorrar, 1993)

En 1988, un nuevo problema fitosanitario, empezó a afectar la producción cafetera nacional. La broca del café (*Hypothenemus hampei*), se encontró primero en el sur del

país y rápidamente se extendió a todas las regiones productoras del grano. Este insecto plaga, originario de África, solo afecta al cafeto y su ciclo de vida se cumple dentro del grano, causando pérdidas cuantiosas en cuanto a la cantidad y a la calidad de la cosecha. La estrategia asumida por Cenicafé para reducir los daños causados por la plaga, fue la de iniciar un programa de investigación orientado bajo la filosofía del Manejo Integrado de Plagas (MIP), con el fin de evitar que el control se realizara exclusivamente usando insecticidas químicos como ocurre en el resto de los países cafeteros del mundo donde la plaga está presente.

Rápidamente los entomólogos iniciaron estudios que condujeron a la identificación de hongos entomopatógenos nativos (*Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*), que apropiadamente cultivados y aplicados en el campo, cumplían un papel importante en la reducción de la población adulta de la plaga. Igualmente se desarrolló el concepto del control cultural, consistente en la recolección permanente de los frutos maduros, con el fin de reducir la población que se multiplica geométricamente en los frutos maduros y sobremaduros y a partir de la cual nuevos individuos salen a atacar más frutos. No se descuidó tampoco el control químico pero utilizando productos eficientes de baja toxicidad para los humanos y la vida silvestre y doméstica. (Bustillo, 1990)

Otro reto para los caficultores colombianos, lo constituye el proceso del beneficio del café, el cual tradicionalmente se ejecuta individualmente en cada finca cafetera. La calidad del grano de exportación depende en gran medida de la calidad de la cosecha y de la forma como el fruto sea tratado posteriormente. Sin embargo, la tradición colombiana ha sido la de utilizar grandes volúmenes de agua durante dicho proceso. Esta agua se contamina con los residuos sólidos (pulpa) y líquidos (mucilago fermentado) y se constituye en un problema ambiental para las comunidades cafeteras. Por esta razón, Cenicafé consideró conveniente investigar formas de descontaminación del agua del beneficio del café, en lo cual fue muy exitoso. (proceso de biodigestión anaeróbica).

No obstante el éxito de este proceso de descontaminación, el alto volumen de agua a tratar lo hizo impracticable desde el punto de vista económico. Por esa razón los investigadores del Centro emprendieron un nuevo proyecto de investigación con el reto de, en vez de descontaminar el agua, evitar que ésta se contaminara. En una primera etapa, se logró reducir a una décima parte el volumen de agua necesario para beneficiar un kilogramo de café pergamino seco, al pasar de 40 litros a tan solo 4 litros. (Zambrano, 1993). Pero estos resultados solo sirvieron para alentar a los investigadores en la búsqueda de alter-

nativas aún más eficientes en el uso del agua para el beneficio del café.

La década 1993-2003

Antecedentes

Una situación inesperada, ocurrida en noviembre de 1985, lamentablemente afectó a Cenicafé. La erupción del Volcán Arenas en el macizo del Nevado del Ruiz, causó grandes daños a la infraestructura del Centro. Una vez más la decisión de los caficultores colombianos fue la de seguir apoyando a Cenicafé. Gracias a ello, el Centro no interrumpió sus actividades y con un plan de emergencia, salvó la biblioteca y los laboratorios y se facilitó que las actividades continuaran en distintas sedes alternas.

En 1988, se reanudaron actividades en las antiguas instalaciones a orillas del río Chinchiná y la circunstancia del aniversario número cincuenta de Cenicafé, sirvió para iniciar una reestructuración en su organización, y muy especialmente en sus actividades científicas. En 1988, se planteó el primer plan quinquenal de investigación y se señaló el camino a seguir en cuanto a procedimientos internos, organización y planes futuros que incluyeron la necesidad de construir una nueva sede, en un lugar seguro que no estuviera expuesto a los embates de la naturaleza. (Cenicafé, 1988).

Durante este quinquenio, se llevaron a cabo la mayoría de las actividades del plan, incluyendo la construcción de la nueva sede en Planalto.

Esta nueva sede, se construyó entre 1991 y 1993 y en ella se establecieron los nuevos laboratorios abiertos (sin paredes), el Centro de Documentación, el Auditorio y espacios para los investigadores y para estudiantes que empezaban a constituirse en factor fundamental de la nueva filosofía de trabajo del Centro.

Igualmente se empezó a participar en las Convocatorias de Colciencias, gracias a los instrumentos de la Ley de Ciencia y Tecnología y a la organización de Colciencias dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

Las circunstancias de la industria cafetera a nivel mundial y sus repercusiones a nivel nacional fueron radicalmente diferentes a las de los años anteriores. El Pacto Internacional del café, con sus cláusulas económicas se rompió y en consecuencia las cuotas reguladoras de los volúmenes de exportación y de los precios internacionales del grano desaparecieron afectando a los caficultores y en consecuencia las actividades de la Federación.

Bajo esas nuevas circunstancias, se desarrollaron las actividades de Cenicafé en esta década. Las prioridades de investigación se adecuaron a las circunstancias de los productores. La reducción de los costos de producción fue un imperativo que señaló las acciones que Cenicafé debía emprender para contribuir a la sobrevivencia de la caficultura.

A continuación se presentan los resultados más sobresalientes de las investigaciones conducidas en Cenicafé durante el período 1993-2003.

Broca del café

Esta plaga se extendió rápidamente a todas las regiones productoras del grano. La necesidad de contar con soluciones prácticas fue imperativa y así lo entendieron el gremio y los investigadores. Se fortaleció la disciplina de entomología y se gestionaron recursos de cooperación internacional para apoyar las investigaciones y la formación de recursos humanos. En 1988, cuando la broca fue registrada por primera vez en el país, Cenicafé, contaba con dos entomólogos. A raíz de la presencia de la plaga, Cenicafé en 1993, llegó a tener un equipo conformado por 17 investigadores y más de veinte estudiantes, realizando proyectos orientados por esos investigadores. (Cadena, 1993).

Se continuaron las investigaciones sobre control biológico, incluyendo hongos nativos entomopatógenos y se introdujeron desde África, enemigos naturales que actúan como parasitoides especializados de la plaga (*Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*). La introducción de los parasitoides y los estudios conducidos en nuestro medio permitieron el desarrollo de crías masivas que a su vez facilitaron la liberación de millones de estos insectos benéficos para contribuir al control de la plaga. La industria nacional, tanto a nivel artesanal, como en facilidades con todos los requisitos para la producción de estos insumos biológicos nació en el país y hoy esta en vías de su consolidación.

Con el apoyo internacional, especialmente del Reino Unido y de entidades multilaterales como el Fondo Común de Productos Básicos, se participó en proyectos a nivel mundial (India, Ecuador, Centro América), en los cuales Cenicafé fue el líder que permitió la capacitación de investigadores y técnicos de otros países cafeteros sobre el manejo integrado de la broca del café, incluyendo proyectos de investigación participativa con caficultores. (Baker, 1999).

Seis investigadores de Cenicafé, recibieron el Premio Nacional de Ciencias –Medio Ambiente– de la Funda-

ción Alejandro Ángel Escobar en 1996 por el desarrollo del “Manejo Integrado de la Broca”. (Bustillo, Cárdenas, Villalba, Benavides, Orozco & Posada, 1998).

En el año 2002, el entomólogo Alex E. Bustillo, recibió el Premio de la Corporación Andina de Fomento – CAF en investigación tecnológica, por sus contribuciones en el manejo integrado de la broca del café.

No obstante, el éxito del manejo integrado para el control de la broca, la solución ideal para un problema de esta naturaleza es el contar con variedades resistentes. Esa búsqueda de material genético con resistencia a la broca, se inició en el Banco de Germoplasma de Cenicafé, que cuenta con más de mil introducciones, tanto de especies diploides como tetraploides pertenecientes al género *Coffea*. En ningún país cafetero se ha registrado la existencia de germoplasma con resistencia a la broca. Ante esta situación, Cenicafé, consideró necesario, teniendo en cuenta los avances científicos en biotecnología vegetal, que se debería contar con un equipo de investigadores capacitados al más alto nivel, que estuviera en capacidad de afrontar el problema de la broca, haciendo uso de los conocimientos científicos más modernos.

Formación de investigadores

En 1991 se inició el convenio con Cornell University con el objetivo de formar investigadores de Cenicafé a nivel de doctorado con énfasis en biología molecular pero realizando estudios que fueran útiles en el futuro para el café. Este convenio, totalmente financiado por la Federación Nacional de Cafeteros, permitió la formación de cuatro investigadores a nivel de doctorado (mejoramiento genético, fitopatología, entomología) y con posteriores estudios de postdoctorado tanto en Cornell University como en la Universidad de Maryland.

Simultáneamente, se formaban con el apoyo del Gobierno Británico dos investigadores en entomología en el Reino Unido. Con el apoyo de Colciencias se formaron tres investigadores en los Estados Unidos (Purdue University, University of Wisconsin en entomología, fisiología vegetal e ingeniería) un investigador en el Reino Unido en fitopatología y bioinformática y un investigador en Francia (mejoramiento genético). Dos investigadores obtuvieron su doctorado en la Universidad Nacional de Colombia en bioquímica y fisiología vegetal, con estudios parciales en universidades americanas.

En total, durante esta década, Cenicafé, logró la formación de 12 investigadores a nivel de doctorado en las áreas que se consideraron necesarias para darle bases sólidas

a las investigaciones que se deberían emprender a su regreso. Este plan de formación de investigadores, como se verá adelante, es el pilar fundamental para el futuro de las investigaciones que permitirán resolver eficientemente los problemas que afrontan los productores colombianos.

Beneficio ecológico del café

La solución parcial al problema de la contaminación del agua empleada durante el proceso de beneficio húmedo del café, constituyó un impulso importante para continuar buscando soluciones aún más radicales. Fue así como los esfuerzos continuos de cerca de diez años de investigaciones, en las cuales no se descuidó ningún aspecto, dentro de las más rigurosas pruebas científicas, los investigadores de Cenicafé, entregaron la tecnología conocida como Becolsub (Beneficio Ecológico con Manejo de Subproductos).

Esta tecnología se convirtió en una revolución tecnológica, ecológica y económica y modificó radicalmente el concepto centenario sobre el proceso de beneficio húmedo del café. Las principales características del Módulo Becolsub, consisten en la integración en un único equipo accionado por un solo motor, de las actividades relacionadas con el despulpado, desmucilaginado y lavado del café, en forma continua y que permite la mezcla del mucilago y la pulpa desprendidos para que la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) realice su descomposición y la convierta en abono para los cafetales, o sirva para el cultivo de hongos comestibles. Este proceso que tradicionalmente requiere de un volumen de 40 litros de agua por cada kilogramo de café pergamino seco producido, (el país produce anualmente más de 12 millones de sacos de café), ahora se puede hacer gracias al Becolsub, con tan solo 0.6 litros de agua por kg. de café pergamino seco producido. (Reducción del 95% del volumen de agua empleado). De esta manera se controla el 92% de la contaminación orgánica que tradicionalmente, contaminaba las corrientes de agua. De otra parte, el proceso tradicional requería entre 16 y 18 horas. Con el Becolsub, todo el proceso se hace en menos de un minuto.

Cenicafé, desarrolló y entregó a la industria nacional y a los caficultores módulos con diferentes capacidades, de acuerdo con la producción de cada finca: 100 – 300 – 600 – 1000 ó 3000 kg de cereza por hora. Gracias a esta tecnología los caficultores colombianos que la han adoptado, no tienen que pagar tasas retributivas por contaminación y los talleres nacionales han encontrado un producto que están vendiendo tanto a nivel nacional como internacional.

Los investigadores de Cenicafé, responsables del desarrollo de esta tecnología, recibieron el Premio Nacional de Ecología Planeta Azul 1996-1997, otorgado por el Banco de Occidente. También recibieron el Premio de Ciencias - Mención de Honor- de la Fundación Alejandro Ángel Escobar en el año 2000 y el proyecto "An Environmentally Sound Method of Coffee Fruit Processing: the New Technology Becolsub", fue aceptado en la Exposición Mundial de Expo- Hannover 2000. (Roa, Oliveros, Álvarez, Ramírez, Sanz, Dávila, Álvarez, Zambrano, Puerta & Rodríguez, 1999).

Cosecha del café

En el contexto internacional, los bajos precios del café obligaron a los caficultores colombianos a buscar alternativas para reducir sus costos de producción. Es bien sabido que la producción en Colombia, es intensiva en el empleo de la mano de obra, lo cual representa el 60% de los costos totales de producción. La mano de obra empleada en la recolección de la cosecha, constituye entre el 39 al 40% de los costos totales. La cosecha se realiza en forma manual dadas las dificultades de la topografía, la falta de uniformidad en la maduración de los frutos (efecto del clima) y la carencia de tecnologías alternas.

Ante este panorama, el gremio solicitó a Cenicafé que emprendiera estudios encaminados a reducir los costos de producción, especialmente aquellos asociados con la cosecha. Fue así como se estructuró un ambicioso programa de investigación, con el objetivo fundamental de contribuir a la reducción de los costos de producción del café, mediante procesos más eficientes de cosecha.

El programa fue presentado a Colciencias y recibió de dicho Instituto un total respaldo. Gracias a este apoyo compartido, se integró un equipo interdisciplinario de investigadores liderado por los ingenieros agrícolas; el proyecto contó además con ingenieros mecánicos, eléctricos, de sistemas, diseñadores industriales y profesores y estudiantes de las universidades.

El plan de investigación se basó en cuatro campos: conocimientos básicos; cosecha manual asistida; cosecha mecanizada y estudios de tiempos y movimientos. En total se ejecutaron 34 proyectos de investigación, en campos a los cuales no se les había prestado atención con anterioridad.

Como resultado de estas investigaciones, no solo se logró la formación de un buen número de profesionales jóvenes, sino que además se lograron avances fundamentales. Por primera vez, se pudo conocer todo lo relacionado con los procesos que realizan los recolectores durante

la cosecha del café. Con base en esos estudios de desarrollo un sistema mejorado de cosecha que la hace más eficiente, eficaz y menos costosa, ya que se evita la caída de los frutos al suelo. (Vélez, Montoya, & Oliveros, 1999). También se desarrollaron sistemas de recipientes combinados con mallas para hacer más ágil la cosecha y de mejor calidad; se diseñaron máquinas manuales y con pequeños motores accionados por baterías, se progresó en el conocimiento y la aplicación de los principios de vibración al tallo y a las ramas para el desprendimiento masivo de frutos maduros; se diseñaron prototipos de máquinas autopropulsadas para la cosecha mecanizada en suelos de menos pendiente. También se diseñó un equipo autopropulsado para altas pendientes. Se aplicaron técnicas electrónicas para la identificación de los frutos maduros con el fin de lograr la cosecha selectiva (indispensable para mantener la calidad del café). (Aristizábal, Oliveros & Álvarez, 1999 a y b; Campillo, Álvarez, Oliveros & Álvarez, 2001; García, Oliveros, Álvarez & Montoya, 2001; Henao, Angulo & Oliveros, 2002; Londoño, Oliveros & Moreno, 2002; Cenicafé, 2003).

En el inmediato futuro, se espera que estas investigaciones se traduzcan en equipos, sistemas y métodos que permitan una reducción de entre un 10 al 15% en los costos de recolección. Esta será una contribución fundamental para la competitividad y la sostenibilidad de la caficultura en el país.

Mejoramiento genético del café

Una investigación conducida por la Universidad de los Andes, demostró que por cada peso invertido, la investigación generada por Cenicafé le está revirtiendo al gremio una cantidad que varía entre \$1.21 y \$1.32, solamente por concepto de la obtención de una variedad resistente. Estas afirmaciones permiten concluir que en el caso de la caficultura colombiana los recursos asignados a la investigación deben ser considerados como una inversión rentable y no como bien de consumo (Farfán 1998.)

Los resultados del estudio sobre el impacto económico de la variedad *Colombia*, mostraron como una brillante idea, con sólidas bases científicas, ha permitido a los caficultores colombianos ser competitivos y evitar costos adicionales generados en las pérdidas que causa una enfermedad, y en la aplicación de fungicidas, que son costosos y además causan contaminación ambiental.

Durante esta década la disciplina de mejoramiento genético, continuó trabajando en el mejoramiento de la variedad *Colombia*, para satisfacer los pedidos de los caficultores. Fue así como se demostró que tal variedad,

además de los genes mayores de resistencia, posee una base genética amplia que proporciona resistencia durable contra las razas fisiológicas del patógeno. Un estudio realizado en todo el país, sirvió para demostrar que las plantas de variedad *Colombia* sembradas en fincas de 27 municipios cafeteros de los departamentos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle presentaban en un 79% de ellas resistencia completa, en un 19% resistencia incompleta y tan solo el 2% se comportaban como susceptibles a la roya, proporcionándoles después de 20 años, una protección efectiva contra la enfermedad. (Moreno & Alvarado, 2000).

De otra parte, se inició la entrega de nuevas semillas de la variedad *Colombia*, con características especiales en el tamaño del grano (83% de grano supremo) y un 15% de más productividad en comparación con las progenies que componían la variedad desde cuando se liberó en 1982. (Alvarado, 2002).

En 2002, una nueva variedad con porte alto, apta para regiones cafeteras en donde se emplea el sombrío, con resistencia durable a la roya, buena calidad en taza y buena productividad, fue entregada a los caficultores bajo el nombre TABI, que en lengua Guambiana, significa “Bueno”. (Moreno, 2002).

En los últimos diez años, Cenicafé ha distribuido 378.000 kilos de semilla de la variedad *Colombia* y 7.000 kilos de la variedad *Tabi* contribuyendo significativamente a la productividad nacional. (Cenicafé, 2003).

Productividad

La búsqueda constante de una mayor productividad en la producción cafetera, entendida como la relación existente entre una cantidad de producto obtenida (o una labor realizada) y los recursos empleados en dicha producción o labor ejecutada, ha sido tradicional en las actividades de investigación a cargo de Cenicafé.

En la última década, ese mandato ha sido aun más imperioso, debido a las condiciones de la caficultura mundial que afectan sensiblemente la rentabilidad de los caficultores colombianos.

En los últimos años, Colombia ha registrado una producción cafetera que oscila entre los 10 y los 12 millones de sacos de café verde por año. De otro lado, se registra una reducción del área sembrada equivalente a unas 300.000 hectáreas. Para mantener la producción global con una menor área, los caficultores han hecho un gran esfuerzo, al adoptar nuevas prácticas de cultivo, genera-

das por Cenicafé y divulgadas por el Servicio de Extensión de la Federación.

Muchos de los resultados correspondientes a esta década han sido fundamentales para el logro de una mayor productividad. Se destacan los siguientes:

- Renovación de mas de 300.000 hectáreas en cinco años, utilizando principalmente el sistema de zoqueo, desarrollado por Cenicafé, que recomienda la renovación anual de una quinta parte de los cafetales, para mantenerlos siempre jóvenes y en plena producción.
- Selección de un número adecuado de “chupones” por zoca, con lo cual se logra aumentar la densidad de siembra (número de tallos por ha.), sin incurrir en costos adicionales.
- Renovación por nueva siembra, utilizando las nuevas semillas de la variedad *Colombia*, con lo cual se logran incrementos de producción del 15% sin que la semilla cueste más.
- Siembra de menor número de colinos por ha., pero logrando las mismas densidades, utilizando colinos descopados, con lo cual se reducen en un 35% los costos de establecimiento de nuevos cafetales.
- Siembra de maíz, intercalado con café durante la etapa de levante (primer año) o después de la renovación por zoca, lo cual le permite al caficultor tener ingresos durante la etapa improductiva del café.
- Manejo integrado de arvenses y uso del selector de arvenses nobles, lo cual reduce sustancialmente los costos de las desyerbas y protege los suelos contra la erosión.
- Sistemas de producción de café orgánico, con lo cual el productor puede obtener mejores precios en el mercado internacional.

La adopción de estas y otras prácticas, permite al caficultor la reducción de los costos de producción y ser más competitivo por los aumentos de productividad que se logran. (Duque, 2002).

Control de enfermedades del café

Con la excepción de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), el cultivo del café en Colombia no es afectado por patógenos que causen epidemias y reduzcan la producción o que requieran de aspersiones periódicas de fungicidas para su control.

No obstante, Cenicafé, mantiene una constante vigilancia fitosanitaria y un cronograma continuo de investi-

gación que ha permitido a los caficultores orientarse en relación con el diagnóstico y el control efectivo de las enfermedades.

Durante setenta años, la disciplina de Fitopatología de Cenicafé, ha aportado soluciones para el control de los principales patógenos buscando armonía con el medio ambiente. En 2003 con el apoyo de Colciencias, se editó un libro que recopila el conocimiento logrado en esta materia. (Gil, Castro, & Cadena, 2003).

Fisiología vegetal

Durante la última década, las contribuciones de Cenicafé en la disciplina de fisiología vegetal han sido muy importantes. Los estudios han contribuido al conocimiento del proceso fotosintético del cafeto en plantaciones bajo sombrero o en plena exposición solar; la fotosíntesis de las distintas variedades de café; la fotosíntesis en los frutos; el desarrollo y acumulación de asimilados en los diferentes órganos de la planta a través del tiempo; el desarrollo foliar de acuerdo con la disponibilidad de energía térmica; el desarrollo de la floración; el efecto del déficit hídrico sobre la floración y la producción y la captura del carbono por el cafeto, la guadua y especies forestales nativas. (Cadena & Arcila, 2000; López, Riaño & López, 2001; Gómez & Riaño, 2001).

Biodiversidad

Cenicafé empezó los estudios sobre la biodiversidad en la zona cafetera en el año 2000. Con el apoyo de instituciones internacionales, del Ministerio del Medio Ambiente y del Instituto Alexander Von Humboldt, se han adelantado investigaciones que permiten un mejor conocimiento de la riqueza biológica de las zonas cafeteras y proponer planes de recuperación y preservación de especies de importancia ecológica. Estos estudios además permiten aportar conocimientos valiosos para la promoción de sellos de certificación de café "Amigable con las Aves", Café de Sostenibilidad, café certificado por Rain Forest Alliance y cafés bajo sombra. (Botero & Baker, 2001; Cenicafé, 2003).

Iniciativa para el estudio del genoma del café, de la broca y de su agente biocontrolador, el hongo *Beauveria bassiana*.

Por contar con un equipo de investigadores capacitados al más alto nivel en biología molecular aplicada al mejoramiento genético, entomología fitopatología, bioinformática y fisiología vegetal, Cenicafé presentó un proyecto de investigación que integra el estudio del genoma del cafeto (*Coffea arabica* L.), de la broca (*Hypothenemus*

hampei) y del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Dicho proyecto fue sometido a aprobación por parte del Departamento de Planeación Nacional y logró su cofinanciación de parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a partir de 2003. (Cenicafé, 2003 b).

En este proyecto los investigadores de Cenicafé se integran con investigadores de Cornell University, la Universidad de Maryland y el IRD de Francia con el propósito de desarrollar nuevas variedades resistentes a plagas y enfermedades, con buenos atributos de calidad en taza, así como el desarrollo de mejores estrategias para el control de enfermedades y plagas que permitan la disminución de los costos de producción y la sostenibilidad de la caficultura colombiana.

La iniciativa sigue cinco grandes líneas de trabajo:

- Desarrollo de tecnologías de punta en genómica que serán las herramientas que permitirán conocer en detalle la estructura del genoma del café. Este conocimiento permitirá localizar los genes de importancia económica en la producción y su posterior utilización en los programas de selección de nuevas variedades.
- Estudios del genoma de la broca del cafeto con el fin de desarrollar nuevas estrategias de control.
- Estudios del controlador biológico *Beauveria bassiana*, identificando genes importantes en el genoma de este hongo para mejorar su acción parasítica sobre la broca del café.
- Capacitación de los investigadores en las Universidades de Cornell y Maryland y en el IRD en tecnologías de punta que podrán implementarse en Colombia.
- Desarrollo de herramientas de bioinformática, que permitirán construir sistemas de información y bases de datos avanzadas para los estudios de genómica.

El proyecto tiene como objetivo fundamental, generar los conocimientos y las tecnologías que permitan la obtención de variedades con resistencia genética a la broca. La broca es la principal plaga que afecta al café en el mundo. En Colombia afecta al 100% del área cultivada. Su impacto sobre la calidad del café, sobre los costos de producción y sobre el medio ambiente son incalculables. No se conocen variedades resistentes a la plaga. Para lograr la producción de dichas variedades (que sería el sistema más económico y ecológico de control), es necesario realizar los estudios propuestos en el proyecto:

1. Los estudios del genoma de *Beauveria* permitirán a corto plazo que se incremente su patogenicidad y permanencia en condiciones de campo, utilizando genes derivados de los estudios genómicos de este y de otros controladores biológicos. Estos materiales presentarían menos efectos en el medio ambiente y más aceptación en los mercados que aquellos transformados con genes de otros organismos.
2. Los estudios del genoma de la broca permitirán a mediano plazo identificar características que hagan posible su control mediante alternativas distintas al empleo de insecticidas químicos. Esta plaga es muy especializada ya que sólo se reproduce en el cafeto y se alimenta de él. El uso de insecticidas no es alternativa de control a largo plazo debido a que se han encontrado poblaciones de broca con resistencia a los insecticidas.
3. Los estudios del genoma del café permitirán a largo plazo la identificación de genes de resistencia dentro del mismo germoplasma que serían usados para el mejoramiento de variedades pertenecientes a la especie *Coffea arabica*, que es reconocida por el mercado como la de mejor calidad.

Los estudios propuestos permitirán el eficiente desarrollo de variedades resistentes a enfermedades y plagas y obtener variedades que combinen alta productividad y mejor calidad. Los resultados esperados, contribuirán significativamente a la competitividad del café colombiano a la preservación de su calidad, al incremento de la productividad y a la reducción de los costos de producción, todo esto dentro de un ambiente respetuoso de la biodiversidad y del medio ambiente. La utilización de tecnología avanzada permitirá mantener competitiva la caficultura colombiana durante el siglo XXI, con base en criterios de calidad, sostenibilidad y preservación del medio ambiente para las generaciones futuras y en consecuencia una mejor calidad de vida para las familias cafeteras. El alto nivel tecnológico alcanzado por Colombia a través de este proyecto permitirá extender los alcances logrados a otros cultivos tropicales importantes para el país con lo cual se revolucionarán las prácticas agrícolas asegurando el liderazgo que ha destacado al país en este sector.

El gran flujo de información que se está generando en los proyectos de genómica del café, la broca y *Beauveria*, ha hecho necesario crear sistemas de bases de datos que permitan el análisis comparativo de las secuencias con las de otros organismos. Las secuencias del genoma y de proteínas están siendo analizadas en bases de datos estructuradas para facilitar su almacenamiento, manipu-

lación, análisis comparativo, actualización y recuperación a través de un ambiente Web. Por el momento se han desarrollado bases de datos de secuencias de ESTs, Microsatélites y STSs de café.

Calidad y cafés especiales

Otra de las estrategias para enfrentar la situación económica de la caficultura que la Federación Nacional de Cafeteros ha considerado como prioritaria, es la de darle mayor valor agregado al producto de exportación. En los últimos años, tanto en Estados Unidos como en Europa y el Japón, se ha venido desarrollando de manera acelerada el mercado de los cafés especiales. Son cafés que por sus características especiales de calidad y de origen obtienen un mejor reconocimiento del mercado y mayor precio de parte de los consumidores.

Dentro de la categoría de los cafés especiales, Colombia participa con diferentes ofertas que incluyen el café orgánico, el café amigable con las aves, el café de comercio justo, el café de origen y el café sostenible. Cenicafé participa desde el punto de vista de la investigación y la experimentación con proyectos orientados a generar una tecnología de producción que facilite la producción de dichos tipos. El Centro ha contribuido especialmente en la generación de alternativas para la producción de café orgánico, que es uno de los segmentos con mayor mercado. (Farfán, 2000). Los estudios también están orientados a generar conocimientos sobre la biodiversidad, los sistemas de producción sostenibles y muy especialmente sobre cómo preservar y mejorar la calidad del café.

Con el apoyo de la FAO, se participa en un proyecto internacional orientado a poner en práctica las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, con el fin de controlar el proceso productivo en todas sus etapas y prevenir acciones que deterioren la calidad física, la organoléptica o las condiciones de inocuidad del producto, de acuerdo con los requerimientos del mercado. (Puerta, 1999; Puerta, 2000). Fundamentales para la definición de las áreas óptimas de producción de los cafés especiales y para asegurar su trazabilidad son los estudios sobre zonificación climatológica conducidos por los investigadores de la disciplina de agroclimatología del Centro. Producto fundamental de tales estudios ha sido la caracterización climática de los ecotopos cafeteros. (Buenaventura & Castaño, 2002)

Formación de recursos humanos

Por medio de la vinculación de estudiantes universitarios a nivel de pregrado y posgrado, Cenicafé contribu-

yó durante esta década a la formación de 338 estudiantes pertenecientes a las diferentes universidades del país. También se formaron 29 jóvenes investigadores cofinanciados por Colciencias.

Publicaciones

La Revista Cenicafé, se publica trimestralmente desde hace 54 años. Durante la década, se publicaron 218 artículos originales. Igualmente se publicaron 120 "Avances Técnicos" publicación dirigida fundamentalmente a apoyar el Servicio de Extensión de la Federación para lograr la transferencia de tecnología a los caficultores. Se publicaron 21 libros. En total se distribuyeron más de dos millones de ejemplares de las publicaciones de Cenicafé.

Los investigadores de Cenicafé participan anualmente en numerosos congresos científicos en los cuales presentan ponencias tanto a nivel nacional como internacional. (Cenicafé, 2003 a).

Patentes

Como un producto de las investigaciones conducidas en Cenicafé, durante la década se presentaron 12 solicitudes de patentes a nivel nacional e internacional, (dos de ellas en Estados Unidos).

Nota final

La industria cafetera colombiana a través de los años ha sido factor fundamental del desarrollo económico y social del país. Los dirigentes cafeteros de todas las épocas han demostrado su compromiso con la Nación y no han escatimado esfuerzos para hacer del café el principal producto, y además su mejor embajador y representante ante las naciones del mundo. El café y Colombia son sinónimos reconocidos en todas las latitudes. Esto se ha logrado gracias a la visión de la dirigencia cafetera que siempre ha pensado en función de un desarrollo humano integral y en bien del país como un todo.

Esa visión creativa, incluye la permanente preocupación por las actividades intelectuales y dentro de ella su apoyo constante a la investigación científica, materializada a través de su Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé.

Ese apoyo de la institucionalidad cafetera, ha permitido que científicos colombianos tengan la oportunidad de hacer sus aportes, basados en resultados obtenidos a través del método científico, transformados en prácticas sencillas, fáciles de ser adoptadas por los caficultores y de esta manera contribuyendo al éxito de la producción de

café, a pesar de las nuevas enfermedades o plagas o las exigencias del mercado.

El futuro de la caficultura en gran parte dependerá de las nuevas soluciones que resulten de la investigación y muy seguramente provendrán de proyectos como el de mejoramiento genético, sobre la cosecha, sobre la broca del café e indudablemente de los estudios genómicos.

El cafeto por ser una planta perenne y de tardía maduración productiva requiere de tecnologías que den seguridad al productor acerca de los resultados futuros. Por eso es importante que las investigaciones se hagan en forma sostenida y con todo el rigor científico, ya que los caficultores no pueden cambiar de variedades cada año, como si se puede hacer en el caso de los cultivos anuales (maíz, trigo, cebada, avena, arroz, fríjol, papa, tomate, etc.).

El equipo de investigadores de Cenicafé, ha sido reconocido individual y colectivamente por sus contribuciones en favor de los caficultores. Colciencias reconoce la excelencia científica de Cenicafé y de sus grupos de investigadores y lo mismo han hecho instituciones nacionales como la Fundación Alejandro Ángel Escobar entre otras e internacionales como la OEA y la CAF.

Pero el principal reconocimiento es el que los mismos caficultores colombianos han hecho a través de los años, dando su respaldo a Cenicafé y adoptando sus tecnologías para ser más competitivos y sostenibles y para lograr el bienestar social de las 600.000 familias de productores.

Bibliografía

- Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia & Granahorrar.** 1993. Premio Nacional Al Mérito Científico. 1992. Jaime Castillo Zapata. Puntos Gráficos Ltda. Bogotá. 145 p.
- Alvarado, A.G.** 2002. Mejoramiento de las características de la variedad Colombia mediante la variación de su composición. *Avances Técnicos Cenicafé*. N° 304, Octubre de 2002. 8p.
- Aristizábal, T. I.D., C.E. Oliveros, T. & F. Álvarez, M.** 1999 a. Cosecha mecánica del café mediante vibraciones multidireccionales. *Cenicafé* **50** (3): 173-182.
- Aristizábal, T. I.D., C.E. Oliveros, T. & F. Álvarez, M.** 1999 b. Propiedades físico-mecánicas del árbol de café y su relación con la mecanización de la cosecha. *Cenicafé* **50** (4): 313-326.
- Baker, P. S.** 1990. La broca del café en Colombia. Informe final del proyecto MIP para el café. DFID-Cenicafé-CABI Bioscience. Feriva S.A. Cali. 148 p.
- Botero, J.E. & P.S. Baker.** 2001. Coffee and Biodiversity a Producer-Country Perspective. In: *Coffee Futures*. Federacafe-USDA-ICO. CABI Commodities. The Commodities Press. Editorial Feriva Cali. p. 94-103.

- Buenaventura, C. E. & J.J. Castaño, C.** 2002. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedentes del ecotopo 206B en Colombia. *Cenicafé* **53** (2):119-131.
- Bustillo, P. A.** 1990. Perspectivas de manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Colombia. In: Seminario sobre la broca del café. Medellín, Mayo 21 de 1990. Medellín. Socolen. p. 91-105.
- Bustillo, P. A., R. Cárdenas M., D.A. Villalba G., P. Benavides M., J. Orozco H. & J. Posada. F. F.** 1998. Desarrollo de un Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Presentado por los autores en 1996 a la Fundación Alejandro Ángel Escobar. 134 p.
- Cadena, G.G.** 1993. Políticas de la Federación Nacional de Cafeteros para el control de la broca del café. In: Memorias XX Congreso de Socolen. Cali. p. 110.
- Cadena, R. M.E. & J. Arcila, P.** 2000. Actividad foliar de nitrato reductasa (aNR), como indicador de la concentración de Mg²⁺, K⁺ y Ca²⁺ en hojas de café. *Cenicafé* **51** (2): 85-96.
- Campillo, O. P.I., J. R. Álvarez, H., C.E. Oliveros, T. & F. Álvarez, M.** 2001. Cosecha de café utilizando un equipo de aspiración. *Cenicafé* **52** (3): 185-194.
- Cárdenas, G. J.** 1990. En: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 50 años de Cenicafé. Conferencias Conmemorativas. Edit. Colorgráficas, Manizales. p. 238-242.
- Castillo, Z. J. & G. Moreno, R.** 1988. La variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del café. Editolaser. Bogotá. 171 p.
- Castillo, Z. J.** 1990. Mejoramiento genético del café en Colombia. En: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 50 años de Cenicafé. Conferencias Conmemorativas. Edit. Colorgráficas, Manizales. p. 46-52.
- Centro Nacional de Investigaciones de Café Cenicafé.** 1988. Plan Quinquenal de Cenicafé, (1988-1992). Chinchiná, Agosto 8 de 1988. 177 hojas
- _____. 1996. Análisis y Evaluación de Resultados del Plan Quinquenal de Investigaciones 1992 – 1996. Editorial Feriva, Cali. 76 p.
- _____. 2003 a. Análisis y Evaluación de Resultados del Plan Quinquenal de Investigaciones- 1997 – 2002. Editorial Feriva, Cali. 220 p.
- _____. 2003 b. Resumen del Informe Anual de Actividades Cenicafé 2002 – 2003. Edit. Blanecolor Ltda. Manizales. 173 p.
- Duque, O.H.** 2002. Cómo reducir los costos de producción en la finca cafetera. *Cenicafé*. Chinchiná. 85 p.
- Farfán, C.M.I.** 1998. Impacto económico de la investigación en café; el caso de la variedad Colombia. Tesis MSc. Economía Universidad de los Andes, Bogotá. Ensayos Sobre Economía Cafetera **11** (14): 21-41.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.** 1928. Presupuesto de la Federación Nacional de Cafeteros. Revista Cafetera de Colombia. **1** (1): 35-36.
- García, G. E.A., C.E. Oliveros, T., F. Álvarez, M. & E.C. Montoya, R.** 2001. Cosecha de café mediante impacto a las ramas. *Cenicafé* **52** (4): 231-248.
- Gil, V. L. F., B.L. Castro C. & G. Cadena G.(eds.).** 2003. Enfermedades del café en Colombia. Especial Impresores. Medellín. 224 p.
- Gómez, G. L.F. & N.M. Riaño, H.** 2001. Diseño, construcción y evaluación de un sistema de intercambio gaseoso en plantas completas. *Cenicafé* **52** (3): 195-204.
- Londoño, H. D., C.E. Oliveros, T. & M. A. Moreno, S.** 2002. Desarrollo de una herramienta manual para asistir la recolección del café en Colombia. *Cenicafé* **53** (2): 93-105.
- López, R. J.C.; N.M. Riaño, H. & Y. López, F.** 2001. Características fotosintéticas de cinco especies forestales. *Cenicafé* **52** (3): 161-169.
- Moreno, R. L.G. & G. Alvarado A.** 2000. La variedad Colombia. Veinte años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de la roya del café. Boletín Técnico Cenicafé No. 22. 32 p.
- Moreno, R. L. G.** 2002. Tabi: variedad de café de porte alto con resistencia a la roya. Avances Técnicos Cenicafé. Junio de 2002. 8 p.
- Puerta, Q. G.I.** 1999. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. *Cenicafé* **50** (1): 78-88.
- _____. 2000. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. *Cenicafé* **51** (1): 5-19.
- Roa, M. G., C. E. Oliveros T., J. Alvarez G., C.A. Ramírez G., J.R. Sanz. U., M.T. Dávila A., J.R. Alvarez H., D.A. Zambrano, F., G.I. Puerta Q. & N. Rodríguez V.** 1999. Beneficio Ecológico del Café. Cenicafé, Chinchiná. 273 p.
- Suárez de Castro, F. & A. Rodríguez, G.** 1962. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Antares, Ltda. Bogotá. 473 p.
- Valenzuela, S. G.** 1990. Investigación y desarrollo cafetero. En: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 50 años de Cenicafé. Conferencias Conmemorativas. Edit. Colorgráficas, Manizales. p. 3-8.
- Vélez, Z. J.C., Montoya, R. E.C. & Oliveros, T. C.E.** 1999. Estudio de tiempos y movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual del café. Boletín Técnico No. 21. Cenicafé. Chinchiná. 91 p.
- Zambrano, F. D.A.** 1993. Fermente y lave su café en el tanque tina. Avances Técnicos Cenicafé No. 197. 8 p.

Recibido el 29 de abril de 2004.

Aceptado para su publicación el 12 de mayo de 2004.

