

**DE LAS CIENCIAS
AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y DEL MEDIO AMBIENTE**



El desarrollo integral del territorio a través de la investigación. Centro de investigación en agricultura y biotecnología CIAB: una apuesta de país

Territory's integral development through research. Agriculture and biotechnology research center: a bet for the country

Kelly Aguirre PhD(c)
Sara Sarmiento MSc(c)

Palabras clave: Biotecnología; investigación aplicada; proyección social; formación académica; desarrollo integral sostenible.

Keywords: Biotechnology; scientific productivity; applied research; social projection; academic training; sustainable and integral development.

Introducción

El acelerado ritmo de crecimiento demográfico, el cambio climático por causas antrópicas, la alta desigualdad social, las brechas digitales y la presión sobre los ecosistemas, entre otras situaciones críticas, son una realidad a la cual se debe hacer frente mediante el compromiso personal y el rigor investigativo. En este camino, es preciso ir de la mano de los saberes ancestrales y tradicionales, con respeto por los límites planetarios y teniendo como norte las metas de sostenibilidad globales, para construir, de forma colectiva, la sociedad del conocimiento. En ese horizonte, se presentan algunos resultados y procesos significativos del Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología – CIAB–, creado para diseñar, implementar y validar proyectos que produzcan nuevos conocimientos y tecnologías para ser transferidas a las comunidades con el fin de mejorar su calidad de vida, con una producción agropecuaria sostenible y rentable, que busque la adaptación al cambio climático y la soberanía popular alimentaria.

Centro de investigación en agricultura y biotecnología –CIAB–

La Resolución 688 de 2012 del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias (ahora Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación –MinCien–), define los centros o institutos de investigación como:

Organizaciones públicas o privadas dependientes o independientes, cuyo objeto social es la generación de conocimiento fundamental para el país, con visión de largo plazo, desarrollando proyectos de investigación científica, apoya la formación de capital humano altamente calificado para la investigación, y cuenta con una infraestructura científico–tecnológica adecuada a las necesidades de su gestión. (Art. 1)

Además, la Resolución 1473 (2016) adopta el Sistema Nacional de Actores de Ciencia, Tecnología e Innovación SNCTel, e indica que los Centros de Investigación tienen como objeto social la producción de conocimiento científico en conjunto con los grupos de investigación y los investigadores, a partir de la actividad principal de investigación básica y aplicada (*Technology Readiness Levels*, TRL 1 al 6), así como implementar otras actividades de investigación, desarrollo e innovación como desarrollo tecnológico, apoyo en la formación de capital humano para la investigación, prestación de servicios científicos especializados y divulgación científica.

En este sentido, el Consejo Académico de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia –UNAD–, mediante el Acuerdo 010 (2011), crea el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología CIAB, que nace bajo la iniciativa de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente –ECAPMA– y la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería –ECBTI–, como apuesta institucional de formación, investigación y proyección social.

Los centros de investigación permiten la producción de conocimiento a partir de la investigación formativa, teórica y aplicada, así como la divulgación de la información al público académico y no especializado, además, la gestión del conocimiento debe crear valor al responder a los problemas y las necesidades del entorno, apoyado en la contribución de personas e instituciones y la responsabilidad de los equipos de trabajo (Berrio *et al.*, 2013; Sánchez y Roque, 2011). Es preciso que estos centros se concentren en incrementar la masa crítica de conocimientos para definir las políticas públicas orientadas a estimular la innovación en los países de América Latina y el Caribe (Solleiro *et al.*, 2009).

El Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología –CIAB– es un centro de investigación adscrito a la UNAD, y su propósito es contribuir a solucionar problemas y conflictos socioambientales, para lograr la sustentabilidad de la producción agrícola en

los territorios, la aplicación de la biotecnología, la conservación y el manejo sostenible de los recursos naturales. Con esto, se propone aportar al desarrollo tecnológico según las necesidades y nuevos retos que debe enfrentar el agro colombiano en contexto de cambio climático, sostenibilidad y soberanía alimentaria.

Figura 1. Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología–CIAB



Una meta central es integrar los esfuerzos en la investigación aplicada de los docentes investigadores de la universidad adscritos al centro a través de grupos de investigación a nivel nacional, para enfrentar retos comunes, de acuerdo con los objetivos misionales de la universidad, congruentes con la actividad académica, productiva y tecnocientífica territorial y local.

El alcance del centro de investigación es nacional con proyección regional y cuenta con un espacio físico en el Centro de Innovación y Productividad – CIP del municipio de Dosquebradas, Risaralda (Figura 1) y, desde 2011, viene desarrollando proyectos de investigación aplicada de diferentes áreas que aportan al desarrollo del campo colombiano.

Líneas de Investigación

El centro actúa en la Macro Línea de Investigación Biotecnología de la Conservación, que opera en cuatro líneas de investigación (Figura 2). Las primeras tres líneas nacen

de las cuatro cadenas que componen la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, ECAPMA: agrícola, pecuaria, agroforestal y ambiental y, según su visión de ser una escuela de pensamiento científico y bioético que, mediante la investigación, el compromiso de su comunidad académica y la calidad innovativa de sus currículos, contribuya a sustentar la vida y la autogestión estratégica del ecodesarrollo.

Esta macro línea incluye cuatro líneas de investigación:

Figura 2. Líneas de investigación del Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología–CIAB



Los grupos de investigación

El Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología – CIAB–, articula cinco grupos de investigación de la ECAPMA, distribuidos en todo el país, categorizados en A del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación MinCiencias. Además, busca la integración de otros grupos de investigación de las escuelas de la UNAD. Estos son el grupo CIAB, TECNOGÉNESIS, INYUMACIZO, Producción Sostenible y el Grupo Interinstitucional de Investigación en Ciencias Agropecuarias, Forestales CICAFAAT.

Relevancia de la investigación universitaria para el desarrollo sostenible

La investigación, como función sustantiva de la UNAD, le propone un reto crucial para superar los desafíos sociales, económicos y ambientales, dado que se requieren transformaciones estructurales que partan de un cambio en la percepción, pensamiento y ejecución de nuestra manera de interactuar con el planeta (SDSN Australia/Pacific, 2017).

El Proyecto Académico Pedagógico Solidario invita a cambiar el paradigma de la investigación universitaria, para que esta surja de las comunidades educativas, con el fin de promover la cultura de la investigación para “apropiar los saberes existentes y la construcción creativa de nuevos conocimientos, mediante la desmitificación de la investigación y el uso de nuevos enfoques de gestión del conocimiento” (UNAD, 2004, p. 17). Por lo tanto, la investigación formativa para la comunidad académica de la UNAD y otras instituciones externas es la base para la formulación y la ejecución de proyectos de investigación y extensión social.

Una práctica investigativa es sostenible solo si esta no se aleja de la sostenibilidad (Ebel y Kissman, 2011), lo cual se logra con una visión holística de las situaciones. Investigar de manera inter y transdisciplinar permite comprender los desafíos, localizar la agenda de los ODS, desarrollar soluciones, identificar y evaluar opciones y vías, apoyo a la implementación operativa de los Objetivos de Desarrollo Sostenible –ODS–, lo que fortalece el conocimiento mediante investigaciones fundamentales con lo que hay actualmente, y con investigaciones aplicadas para resolver los desafíos particulares con lo que es factible (SDSN Australia/Pacific, 2017).

Avances y logros del centro de investigación

Experiencias científico-tecnológicas de alto impacto

En la segunda línea de investigación, se tienen diversos productos que afianzan la creación de la cuarta línea de investigación. Entre ellos se encuentra la mejora del prototipo BioUNAD² – Dispositivo multiparamétrico de calidad de agua en línea y de bajo costo. Tras la participación en el Reconocimiento a las Buenas Prácticas de Desarrollo Sostenible, organizado por el Pacto Global Colombia y la Cámara de Comercio de Bogotá, cuyo objetivo es hacer visibles las prácticas de excelencia que propician los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas asociadas, BioUnad² fue seleccionada como una de las dos iniciativas de la UNAD que fueron reconocidas. El otro proyecto fue CampoUnad, que fue seleccionada junto con el proyecto de Buenas Prácticas, con otros 34, entre las 216 que participaron. Este reconocimiento fue recibido el pasado 24 de agosto de 2022, en el Eje Planeta por el decano de la ECAPMA, el doctor Jordano Salamanca.

Resoluciones ICA–Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales –LCTV–

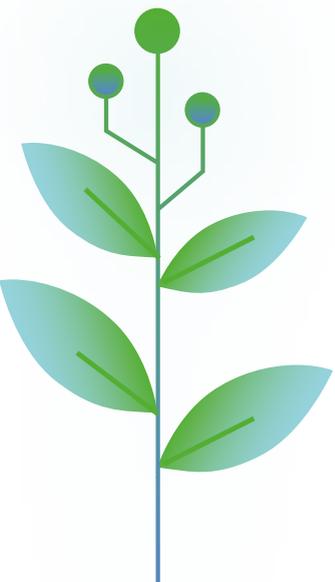
En la calidad en investigación del CIAB, hay dos resoluciones ICA que habilitan procesos investigativos y de desarrollo en las líneas de investigación declaradas, en la producción

y mejoramiento de plantas de alta calidad genética y fitosanitaria, de interés ecológico y económico.

Resolución 003745 (2014). Emitida por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, otorga el Registro como Productor de Material Vegetal Micropropagado a la Universidad Nacional Abierta y Distancia –UNAD– y su Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología –CIAB– de conformidad con el decreto 1840 (1994) y de la Resolución 970 (2010) , para que realice investigación en especies como: plátano, lulo, mora, yacón, aguacate, chontaduro, cebolla larga, especies zingiberales, orquídeas, forestales como el nogal cafetero, el comino crespo, el molinillo, el cañabravo, el guayacán, el cedro negro, las hortalizas como repollo, brócoli, lechugas, acelgas y apio, plantas medicinales como yerbabuena, albahaca, toronjil, caléndula, hinojo, diente de león, anamú, perejil, ruda, alcachofa, malva, manzanilla, altamisa, menta, ajenojo, ortiga, tomillo, prontoalivio y llantén.

Según esta resolución, se trabajan investigaciones en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales LCTV tales como la “Estandarización del Protocolo para el Cultivo in vitro de Meristemas de Plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB) ” y “Micropropagación de plántulas de lulo (*Solanum quitoense*), a partir de semillas de frutos obtenidos de plantas élite seleccionadas ”. Se busca, además, estandarizar el proceso de desinfección y probar la eficiencia de medios de cultivo con diferentes formulaciones. Estas investigaciones tienen la intención de impactar la productividad de la región con material vegetal libre de patógenos y disminuir el uso de agroquímicos.

Resolución 17693 del 19 de diciembre de 2017. Emitida por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA el 19 de diciembre de 2017, otorgando el Registro como *Unidad Investigativa en Fitomejoramiento* a la Universidad Nacional Abierta y Distancia–UNAD y su Centro de



El Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología –CIAB–, articula cinco grupos de investigación de la ECAPMA, distribuidos en todo el país, categorizados en A del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación MinCiencias. Además, busca la integración de otros grupos de investigación de las escuelas de la UNAD.

Investigación de Agricultura y Biotecnología CIAB, para que investigue especies como: Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Lulo o naranjilla (*Solanum quitoenses*), Cebolla de rama (*Allium fistulosum* L.), Pasifloras (*Passiflora edulis*), Mora (*Rubus glaucus*), Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), Yacón (*Smallanthus sonchifolius*), Chontaduro (*Bactris gasipaes*), Plátano (*Musa paradisiaca*). A partir de esta resolución, se obtienen resultados significativos como el liderado por el docente investigador Manuel Francisco Polanco, con su investigación sobre nuevas variedades vegetales de frijol, que actualmente cuenta con registro, y de una variedad de lulo. Estas investigaciones aportan al desarrollo sostenible de nuestro campo colombiano.

Resolución ICA 15148 (2022). Por la cual se otorga Certificado de Obtentor N° A182474 a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD por la variedad denominada UNAD-DOS ZANDU de la especie frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Esta es una variedad de tipo arbustivo de 33.8 cm de altura, de hojas verdes oscuras, con folíolos triangulares, y flores blancas, de la cual se espera un rendimiento de 2.3 Ton/Ha, y su adaptabilidad entre 1.200 y 2.200 msnm.

Resolución ICA 15147 (2022). Por la cual se otorga Certificado de Obtentor registro N° A182475 a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, por la variedad denominada UNAD-DOS YARI de la especie frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), la cual es de tipo arbustivo de 37 cm de altura, hojas verdes claras, con folíolos triangulares, y flores blancas amarillosas; con un rendimiento esperado 2.4 Ton/Ha, y su adaptabilidad entre 1.200 y 2.200 msnm.

Resolución ICAA182475 (2023). Por la cual se otorga Certificado de Obtentor a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, por la variedad de Lulo SolUNAD-DosQ (*Solanum quitoenses* Lam). Este es un material de lulo con tolerancia al pasador del fruto y con excelentes características agronómicas y calidad comercial.

Estos productos pueden llegar a la sociedad mediante transferencias tecnológicas. Por esta razón, la iniciativa liderada por el CIAB del CIP Dosquebradas con la creación de la primera empresa de base tecnológica institucional, la Spin-Off BioUNAD. Mediante su consolidación, se espera lograr comercializar los productos mínimos viables institucionales, inicialmente con la ecotecnología BioUNAD1 – Dispositivo y método automático de producción de hortalizas bajo cubierta con el acompañamiento resultado de la participación en la convocatoria de Minciencias con la Incubadora de Empresas de Base Tecnológica Créame. En proceso se encuentra el registro de la marca BioUNAD, como marca sombrilla de los futuros productos y servicios biotecnológicos, principalmente, de la UNAD.

Contribución en ciencia, tecnología e innovación CTI del CIAB

En el CONPES 4069–Política nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031, se establece como eje central del diagnóstico nacional, la baja contribución de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación –CTI– en el país, lo cual limita su desarrollo sostenible, estando entre sus ejes problemáticos: i) insuficiente desarrollo de vocación de ciencia, tecnología, ingeniería, artes, y matemáticas (STEAM); formación y vinculación de capital humano altamente calificado; ii) débil entorno habilitante para la investigación; iii) bajo uso, adopción, y transferencia, del conocimiento generado; iv) baja apropiación social del conocimiento; v) insuficiente uso de las potencialidades regionales, sociales, e internacionales, en la generación y uso del conocimiento; vi) débil dinamización del SNCTI; vii) insuficiencia en el volumen, la eficiencia y la evaluación, de la financiación de la CTI. La productividad del CIAB, con base en sus grupos de investigación, es muy robusta y significativa, requiriéndose el constante diseño y ejecución de actividades de apropiación social del conocimiento que conecten con la realidad territorial y permitan consolidar la Sociedad del Conocimiento como cultura y vocación.

En la Quíntuple Hélice, se plantea el flujo de conocimiento como parte primordial de la articulación intersectorial con propósito significativo. Este modelo se enfoca en la suma de interacciones sociales y académicas, en un estado que busca promover un desarrollo más sostenible, mediante un sistema de cooperación en el conocimiento (Carayannis et al., 2012). Aquí radica la importancia del Centro de Investigación CIAB, mediador entre los sistemas con una base académica y una proyección social y comunitaria. Aquí, el medio ambiente natural es fuente de inspiración y motivación, y hace transferencia de tecnologías a través de la interrelación. Un ejemplo de la articulación que se logra por medio del CIAB es que, mediante un convenio marco con la Asociación Nacional de Cadenas Agropecuarias, Ambiental y de Comercialización con Valor Agregado –ASNACAVA–, se logró una transferencia de un sistema de medición agroclimática, que, según las redes de ASNACAVA y por un comunicado emitido por esta entidad en junio de 2021, beneficiaría a quince mil mujeres campesinas, afrocolombianas e indígenas, cuarenta y seis mil campesinos y campesinas, setenta mil víctimas de la violencia o del conflicto armado interno, tres mil reintegrados de grupos al margen de la Ley, dos mil inmigrantes con vocación agroproductiva y, por reflejo, más de ciento diez mil personas. También una muestra de esto, es el contrato celebrado con la alcaldía de Dosquebradas con el objeto de “Contratar la entrega de plántulas de plátano libres de patógenos a los productores de plátano del sector rural del municipio de Dosquebradas” en el 2019, por medio del cual se adaptó el invernadero inteligente como cámara térmica, lo que permitió lograr el óptimo crecimiento de más de diez mil plántulas de plátano para 50 productores beneficiarios, según la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Gestión Ambiental.

Biotecnología como eje facilitador del desarrollo

Hay dos realidades a las cuales la agricultura debe hacer frente de manera estratégica y sostenible, una es el crecimiento de la población humana ante el cual debe asegurarse una producción de alimentos suficiente, y otra, el cambio climático de origen antrópico. Entre los impactos del cambio climático, se presentan daños económicos en sectores expuestos al clima y la productividad laboral al aire libre, factores y patrones no climáticos como ubicaciones de infraestructura y asentamientos, lo cual aumenta la magnitud de las pérdidas (IPCC, 2022). La Tercera Comunicación de Cambio Climático en Colombia (IDEAM-PNUD, 2017) indica que las tierras de cultivo emiten, en una proporción de un 13 % más que las demás subcategorías (tierras forestales, pastizales, fermentación entérica), emisiones directas de N_2O de suelos trabajados, emisiones directas e indirectas por gestión de estiércol, humedales, asentamientos y otras tierras, pero paralelamente representa una participación del 64,8 % en las absorciones en comparación con subcategorías como tierras forestales y pastizales; requiriéndose prácticas de manejo centradas en la fijación y secuestro de carbono (Pérez *et al.*, 2021).

Cumplir con los objetivos del desarrollo, requiere una resiliencia al clima comprometida en estrategias de transición. Por esto, es preciso empezar con el reconocimiento de los riesgos climáticos propios de cada región, relacionados con la dinámica de cada comunidad en su territorio y su participación, que fortalecerá las acciones de adaptación y mitigación relacionadas con transiciones del sistema armonizando ecosistema- sociedad (IPCC, 2022). Esto requiere medidas de gobernanza y finanzas, y el desarrollo del conocimiento, capacidades y tecnología a lo cual el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología –CIAB– tiene la capacidad de respuesta mediante su consolidada red de colaboradores distribuidos en el territorio, con armonización de saberes entre las disciplinas de los docentes-investigadores, estudiantes y otros agentes.

La sostenibilidad en actividades productivas se basa en conocimiento ancestral y científico, el último con una alta productividad a la espera de ser implementada según las necesidades de la comunidad. Esto, sin embargo, representa uno de los principales retos como son las transferencias de tecnología. Por ser de carácter contractual, requiere un saneamiento de la titularidad de los derechos de propiedad intelectual, reconociendo que se necesitan alianzas interinstitucionales para los procesos de fabricación y comercialización (Minciencias, 2022). El desarrollo de las estrategias de las universidades para transferir sus proyectos dependen de los proveedores de la tecnología (los centros de investigación), de los receptores de la tecnología (empresas) y de los aceleradores. Se valen principalmente de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación –OTRI– (Martínez *et al.*, 2021), en el CIAB, la Spin-Off BioUNAD en proceso de consolidación.

El incremento en productividad y competitividad, como finalidad de las transferencias tecnológicas, debe ir de la mano con el uso sostenible de la riqueza natural con inclusión

social. Son procesos que deben ser abordados con una visión general e integral de intensificación sostenible, teniendo como aliado, inspiración y medio, la naturaleza. Corrientes como la agroecología, cuyo enfoque se liga al medio ambiente y con mayor sensibilidad social (Fonseca y Cleves, 2015), construye una mirada multidimensional de los agroecosistemas, comprende los saberes ancestrales de las diferentes culturas, permite en la práctica salir de la posición de dominio de la naturaleza y restaurar nuestra relación con la tierra (Cabrera *et al.*, 2018). La agroecología, basándose en un ejercicio de poner a compartir saberes, puede ser desarrollada en huerta urbanas y periurbanas como estrategia para garantizar la seguridad alimentaria (Prada *et al.*, 2021). Para aplicarla es preciso reconocer los servicios ambientales, un compromiso de abordar en los niños con componentes experienciales para reforzar su proceso de aprendizaje (Vinasco *et al.*, 2019).

Transitando la ruta de sostenibilidad holística

La transición a una agricultura sostenible, en todas las dimensiones, requiere insumos de menor impacto ambiental, y que estos insumos sean producidos en el país, que cumplan con la demanda de este sector. En este sentido, esta transición debe desligarse de las situaciones coyunturales fuera del país que aumentan la vulnerabilidad de los productores agrícolas. Nuestros campesinos y campesinas presentan una alta vulnerabilidad resultado de varios factores, entre ellos la importación de fertilizantes, cuyo precio interno aumenta dada la fluctuación del dólar. Entre enero y abril de 2022, la importación de 783 000 toneladas de fertilizante representó \$ 630 millones de dólares, en comparación con el mismo período en 2021 con 750 910 toneladas (263 millones de dólares) importadas un 10 % de crecimiento en peso y un 197 % en precio (Rodríguez D., 2022). La Encuesta de Cultura Política de la población campesina, realizada en 2021 por el DANE, indica que, de la población que se identifica como campesinos y campesinas, un 32,1 % se sienten insatisfechos con la seguridad en su ciudad o municipio, el 27,9 % se sienten insatisfechos con su situación laboral, el 23,2 % con su situación económica y el 5,7 % con su estado de salud. Es evidente la importancia de aportar a la satisfacción y el bienestar de quienes son la base para el funcionamiento de nuestra sociedad y guardianes de nuestra cultura, lo cual requiere compromiso de diferentes actores.

Teniendo como objetivo apoyar la productividad en el agro sostenible, la empresa Biointegrados y la UNAD han aunado esfuerzos para desarrollar un fertilizante orgánico mineral, y su innovación incremental, un fertilizante inorgánico líquido, que permitan un acceso constante y permanente de fertilizantes para el sector agrícola, y que contribuya a que este sector aumente la productividad de sus cultivos, con insumos nacionales. La cooperación interinstitucional permite coevolucionar con los desafíos sociales y ambientales, para lo cual, se encuentra en proceso el registro de la marca AgroUNADGrowth para los desarrollos. El papel de las universidades está evolucionando y migrando hacia paradigmas de innovación y emprendimiento, ofreciendo servicios y

productos resultado de la identificación de necesidades y oportunidades que maduran en las etapas de investigación y desarrollo (Martínez *et al.*, 2021).

Conclusión

La responsabilidad de apoyar procesos de aprendizaje para la sostenibilidad y la relación armónica con el entorno permite crear capacidades para investigar e innovar en el territorio, con procesos científicos que nazcan, se desarrollen y ejecuten con la comunidad en articulación de todos los actores y los sectores. Desde su creación, el CIAB ha buscado fortalecer el vínculo con la naturaleza mediante la investigación con responsabilidad social y requiere fortalecer los procesos de transferencia tecnológica para aumentar el impacto de su productividad en materia de productividad y resiliencia. El CIAB asume la responsabilidad de ser un actor activo en el desarrollo de la región y extender sus logros en investigación, innovación y desarrollo a todos los territorios con alianzas interinstitucionales.



De la tierra al cielo: concepción de las ciencias agrícolas de la UNAD en el eje cafetero de Colombia

From earth to sky: conception of agricultural sciences from UNAD in the Eje Cafetero of Colombia

Manuel Francisco Polanco PhD
Laura Victoria Peñaranda Gonzalez MSc

Colombia ha sido considerado el segundo país con mayor biodiversidad a nivel mundial, puesto que, en el año 2017, se tenía un reporte de 56 343 especies entre vertebrados, invertebrados, líquenes, plantas, algas y hongos. Esto abre la ventana a miles de oportunidades relacionadas con la investigación en las ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente. Además, la alta diversidad biológica reportada también supone retos para los sistemas productivos, como la producción libre de plagas y enfermedades. En respuesta a un ecosistema agreste, con condiciones bióticas y abióticas tropicales, las especies desarrollan múltiples adaptaciones y asociaciones que les permiten el éxito evolutivo. En las especies de interés agrícola, estas adaptaciones a diferentes niveles morfológicos o fisiológicos, o la competencia con otros seres vivos del suelo, en ocasiones representan un problema para la explotación. En este punto, es preciso intervenir mediante la investigación, para ofrecer a quienes trabajan la tierra, formas biotecnológicas y sostenibles de mejorar sus cultivos a partir de la investigación.

En el Eje Cafetero de Colombia, los investigadores de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA), de la UNAD, han centrado sus esfuerzos en resolver varios retos que presenta el sector agrícola en la región. Se han identificado necesidades o problemas asociados a especies que requieren ser intervenidas en sus características morfoagronómicas o en manejo de plagas y enfermedades. Entre estas especies, asociadas a diferentes cultivos, se encuentran el frijol, el lulo, el plátano, el café, el chontaduro, la arracacha y la cebolla. En esta sección, se abordará un panorama de las investigaciones que ha aportado la escuela al sector primario, que es la base del sector productivo.

Frijol

El frijol es un producto agrícola de importancia en la economía campesina de Colombia, donde se siembran alrededor de 126 000 hectáreas en las zonas andinas. En los últimos años, se ha comenzado a importar este grano, ya que se ha venido reduciendo su producción en el país, lo cual lleva consigo un riesgo en la seguridad alimentaria

nacional. Con el propósito de obtener variedades de alto rendimiento productivo, valor alimenticio y tolerancia a enfermedades, se ha venido trabajando en la producción de líneas avanzadas de frijol arbustivo Zandú y Yarí, en condiciones de clima medio y frío moderado de Colombia. Estas líneas se lograron avanzar más allá de la generación F11, hasta seleccionar dos líneas que se evaluaron en parcelas semi comerciales, en dos localidades de adaptación en Risaralda (Dosquebradas y corregimiento de La Bella en Pereira), con el fin de aumentar la producción de semilla. Las dos nuevas líneas de frijol arbustivo presentan grano grande, un tipo de semilla de color rojo y otra de color rojo moteado que, en pruebas regionales de campo y en dos ambientes diferentes (clima medio y frío moderado), han mostrado ser muy promisorias en términos de producción y de aceptación por los consumidores. La investigación realizada durante 10 años permitió, a partir del mes de enero de 2020, solicitar dos registros de Obtentor ante el ICA. Para ello, se realizaron las pruebas de distinguibilidad, homogeneidad y estabilidad -DHE-, con lo cual se demostró la innovación, que condujo a la entrega de los Registro de Obtentor por el ICA el 12 de agosto del 2022, con los números A182474 para la nueva variedad UNAD Dos Zandú y A182475 para la nueva variedad UNAD Dos Yarí.

Por su parte, las observaciones y las experiencias empíricas de agricultores del Eje Cafetero y el norte del Valle del Cauca acerca del frijol Milenium (*Phaseolus lunatus*), indicaban algunas bondades del grano respecto a sus características de rusticidad, alta producción, buen valor alimenticio y sabor. De esta manera, se desarrolló un proyecto con el fin de confirmar de manera científica las observaciones de los agricultores de la región. Para tal fin, en las instalaciones del CIP Dosquebradas, se establecieron 370 plantas que fueron sometidas a tres tratamientos basados en la distancia de siembra. A estas plantas se les realizó una descripción morfoagronómica, mediante el uso de descriptores cualitativos y cuantitativos establecidos por el Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. Una vez en producción, mediante análisis de laboratorio, se realizó la descripción nutricional del frijol Milenium producido, para determinar su valor alimenticio. Finalmente, se hizo la caracterización sensorial del frijol. A través de esta investigación se determinó que el frijol Milenium, es un material altamente productivo y tolerante a plagas y enfermedades. Además, los resultados de validación sensorial obtenidos permiten plantear que esta variedad de frijol puede ser promisorio para competir en el mercado respecto al consumo de los frijoles tradicionalmente utilizados en la región y, además, según el perfil nutricional encontrado, podría ser utilizado en programas de seguridad alimentaria en poblaciones de escasos recursos.

Lulo

El lulo (*Solanum quitoense* Lam.) es una planta de origen andino concentrada en Perú, Ecuador y Colombia, y su fruto cuenta con gran aceptación en el mercado nacional e internacional. Sin embargo, aún es una planta semidomesticada, cuyas características

dificultan la labor del agricultor y en algunos casos la venta de fruto en el mercado fresco. Esto se debe a que la planta presenta espinas en las hojas, ramas y tallos, los frutos se encuentran cubiertos de tricomas y la planta presenta dehiscencia del fruto, numerosas semillas en la baya y oxidación rápida del jugo. Buscando mejorar dichas características, en Colombia, la variedad La Selva fue obtenida por hibridación interespecífica con características deseables a nivel agroindustrial. Este cultivar de lulo La Selva es un material de alta producción con tolerancia a nemátodos, al pasador del fruto y a *Fusarium sp.* No obstante, la fruta es de tamaño pequeño y propensa al rajamiento, lo que dificulta la comercialización del fruto fresco. Por tal motivo, la UNAD llevó a cabo un proceso de fitomejoramiento del lulo. Durante este proceso, en la primera fase, se realizaron dos retrocruzamientos entre los cultivares de lulo La Selva y lulo Castillo larga vida. A partir de dicha hibridación, se obtuvieron plantas con características agronómicas deseables: alta productividad, ausencia de espinas, buen vigor y estructura firme, tolerancia a condiciones de plena exposición solar en campo y frutos grandes similares a lulo Castilla, pero sin presentar rajamiento o dehiscencia. Sin embargo, la tolerancia a plagas y enfermedades aún no era agronómicamente deseable. En una segunda fase de la investigación se continuó con los retrocruzamientos empleando la última variedad obtenida con otros cultivares, que presentaban óptima adaptación a las condiciones del Eje Cafetero, y que eran altamente productivos con tolerancia a problemas fitosanitarios. Como resultado, se obtuvo un cultivar de lulo llamado solunad-dosq, cuya planta no tiene espinas, cuenta con buena tolerancia a problemas fitosanitarios y el fruto tiene buenas características organolépticas y físicas para su comercialización. El cultivar de lulo mejorado se encuentra en proceso de registro de obtentor ante el Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Adicionalmente, se está desarrollando un protocolo para la micropropagación *in vitro*, en el Centro de Investigación en Biotecnología y Agricultura –CIAB– del UNAD.

Plátano

El plátano (*Musa spp.*) es considerado como uno de los cultivos promisorios del Eje Cafetero. Pese a esto, enfrenta grandes retos en el ámbito fitosanitario, ya que es atacado masivamente por enfermedades como el Moko, causado por la bacteria *Ralstonia solanacearum*. Esto implica una limitante importante para los agricultores, ya que el único manejo posible hasta ahora es la erradicación y el control legal que, sin embargo, es limitado. Entre las alternativas para producir plantas libres de patógenos, se encuentra la micropropagación *in vitro* a partir de semilla certificada. Con el fin de proveer soluciones para los agricultores de la región, en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales del CIAB ubicado en el CIP Dosquebradas, se han venido desarrollando protocolos que permitan el establecimiento *in vitro* de este tipo de cultivo a partir de semilla élite seleccionada de variedades triploides de plátano (AAB).

Café

Las abejas ejercen una acción polinizadora sobre los cultivos de café. No obstante, poco se sabe sobre la influencia de la polinización inducida o dirigida sobre el comportamiento de fidelidad de las abejas al cultivo y su aporte a la productividad y la calidad de los frutos del café. La polinización inducida es el método por el cual se estimula a las abejas por medio de la alimentación y de ciertas prácticas de manejo, que busca inducir a las abejas a visitar casi exclusivamente las flores de interés. Con el propósito de abordar el tema, se realizaron cuatro tratamientos para evaluar la polinización dirigida: emasculación abierta, emasculación cerrada, autopolinización y control. Para evaluar la efectividad del tratamiento, se determinó el número promedio de frutos formados y se determinó el peso, el diámetro polar y ecuatorial en 30 frutos; el pH y los grados Brix. El resultado de esta investigación dio soporte experimental para proponer a *Apis mellifera*, como la especie de mayor importancia como agente polinizador durante la floración del café. También se encontró evidencia de que su efectividad como polinizadora incrementa mediante la polinización dirigida. A partir de esta investigación, se propone que, utilizando protocolos para la polinización dirigida, se puede favorecer la cantidad y la calidad de los granos de café por unidad de área.

Chontaduro

La producción de palma en Colombia suele verse reducida por el insecto conocido como picudo negro (*Rhynchophorus palmarum* L.). Con el fin de aportar a la solución de este problema en sistemas de cultivo de chontaduro en asocio con café, se realizó una investigación para evaluar dos tipos de trampas implementadas para el control del picudo negro en dicho sistema, ubicado en la vereda Las Estancias del municipio de Riosucio, departamento de Caldas. De esta manera, se evaluó un grupo de trampas sin feromonas y otro con feromonas. A la vez se evaluó la eficiencia para atraer al insecto de la feromona artificial producida por CENIPALMA y las que se producen naturalmente por productores de chontaduro de la vereda Las Estancias. Como resultado, se encontró que las trampas de madera con feromona artificial son las más eficientes en la captura de *Rhynchophorus palmarum* L.

Arracacha

Colombia es parte del centro de origen y de diversidad genética primaria de distintas especies del género *Arracacia*, entre las que se destaca *Arracacia xanthorrhiza*, conocida comúnmente como arracacha. Esta especie es fuente de carbohidratos, vitaminas y minerales, y presenta un gran potencial en la industria de harinas y almidones, además de su uso culinario. Sin embargo, su cultivo es poco valorado y la información sobre sus recursos genéticos, variabilidad genética y potencial de mejoramiento es escasa. Por lo

anterior, se ha trabajado en la búsqueda de establecer una colección de germoplasma de *A. xanthorrhiza* y especies relacionadas, para caracterizar morfológicamente los grupos y su variabilidad genética y, consecuentemente, identificar y seleccionar genotipos promisorios que puedan ser utilizados para futuros trabajos de mejoramiento genético por su potencial agronómico. Para la caracterización agromorfológica, se instalaron experimentos de campo con genotipos colectados en departamentos aledaños a la región cafetera, evaluándose distintos descriptores fenotípicos, de rendimiento y de sanidad de las plantas. Como resultado sobresaliente de esta parte de la investigación, se encontraron 39 accesiones que se descomponen en tres grupos, y hay siete genotipos que pueden ser objeto de futuros trabajos de mejoramiento de este cultivo, debido a que se encontró un peso promedio de 106,9 gramos de tubérculos por planta. Esta característica y las evaluaciones morfoagronómicas realizadas, permiten sugerir que hay un material óptimo para ser explotado y mejorado por la agroindustria. Actualmente se espera continuar con la siguiente fase del estudio, enfocada en la caracterización molecular, empleando marcadores tipo RAPD o microsatélites para detectar polimorfismo entre los genotipos. Los resultados de la caracterización morfológica y genética de la especie serán importantes para la valoración, conservación y uso sostenible de la diversidad genética la *Arracacia xanthorrhiza* en Colombia.

Cebolla

En los corregimientos de La Florida y La Bella del municipio de Pereira, Risaralda, ha predominado el cultivo de la cebolla Rama (*Allium fitulosom* L.) de la variedad “La Pereirana”. Esta variedad ha sido preferida por los consumidores debido a su alto nivel de pungencia, pero ha venido reemplazándose por otros cultivares debido a la pérdida de calidad en los últimos años. Como punto de partida para orientar un programa de mejoramiento de la cebolla Rama en la zona, se caracterizaron morfoagronómicamente seis clones de cebolla rama que se cultivan en Pereira. El análisis de componentes principales llevado a cabo a través de esta investigación mostró similitud entre las variedades Pereirana, Pastusa y Pasteluna, explicada por los descriptores relacionados con el número de hojas por tallo, la longitud de las hojas, el peso total de la planta, la relación tallo-hoja, y la longitud y diámetro del pseudotallo. Los mismos descriptores agruparon en un segundo conjunto las variedades Aguazul y Chinchuña; y en un tercer grupo se clasificó la cebolla Veleña que presenta características muy diferentes a las demás.

Además de la necesidad de implementar un plan de fitomejoramiento, se detectó un problema relacionado con la fertilización edáfica del cultivo de cebolla de rama en la cuenca media del río Otún, municipio de Pereira. Como fertilizante, en esta zona se ha empleado tradicionalmente estiércol sin compostar proveniente de granjas avícolas, conocido comúnmente como gallinaza. Esto deriva en un problema medioambiental debido a la contaminación de aguas y suelos, y una amenaza a la salud de los pobladores

aledaños debido a la proliferación de moscas. Por este motivo, se planteó una investigación que permitiera determinar el efecto de tres programas de fertilización alternativa, incluyendo como testigo la fertilización con gallinaza sin compostar. Los resultados de la investigación mostraron una mayor rentabilidad del cultivo empleando fertilizantes químicos sólidos aplicados al suelo respecto a la aplicación de gallinaza sin compostar, seguidos en orden decreciente por el tratamiento con fertirriego (que fue afectado por los costos de implementación) y el tratamiento con abono compostado. Este último también presentó la producción más baja entre los tratamientos. El estudio realizado concluyó que la implementación de un programa adecuado de fertirriego puede reemplazar la aplicación de gallinaza sin compostar, e incluso se pueden obtener similares niveles de producción.

En esta forma, la escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, en articulación con el Centro de Agricultura y Biotecnología CIAB en Dosquebradas, Risaralda, Colombia, ha puesto la ciencia y la biotecnología al servicio de la agricultura de la región, al entregar a los agricultores nuevas variedades vegetales con características agronómicas superiores y de gran aceptación por los consumidores, que permiten realizar un manejo más respetuoso del medio ambiente, con una alta reducción en el uso de plaguicidas, y producir nuevo conocimiento en el uso de los recursos fitogenéticos para potenciar el desarrollo sostenible regional y cerrar la brecha de la tierra al cielo de la investigación.



Colombia ha sido considerado el segundo país con mayor biodiversidad a nivel mundial, puesto que, en el año 2017, se tenía un reporte de 56 343 especies entre vertebrados, invertebrados, líquenes, plantas, algas y hongos.