



Retornos económicos de la contribución de FONTAGRO a la innovación agropecuaria en América Latina y el Caribe

Informe final

Estudio de beneficios económicos de resultados de proyectos cofinanciados por FONTAGRO



Alliance





Créditos y contribuciones:

Coordinación: Eugenia Saini.

Edición técnica: Eugenia Saini.

Autores: Ricardo Labarta, Tatiana Rivera y Eugenia Saini.

Colaboradores: Katerine Orbe Vergara, David Gómez, José Luis Zambrano Mendoza, Luciana Frontoni, Alexandra Mañunga Rivera, Justina Parma y Laura Arcuri.

Gráfica y diagramación: Adrián Orsetti.

Fotografía e imágenes: Banco de imágenes de FONTAGRO y sus proyectos, BID, y otras de los autores e instituciones participantes con sus respectivas autorizaciones.

Washington D. C., marzo, 2020

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo.

Todos los derechos reservados; este documento puede reproducirse libremente para fines no comerciales. FONTAGRO es un fondo administrado por el Banco, pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Se prohíbe el uso comercial no autorizado de los documentos del Banco, y tal podría castigarse de conformidad con las políticas del Banco y/o las legislaciones aplicables.

Las opiniones expresadas en esta publicación son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo, de los países que representa, ni del Consejo Directivo de FONTAGRO.

FONTAGRO

Banco Interamericano de Desarrollo

1300 New York Avenue, NW

Washington, DC 20577

Correo electrónico: fontagro@iadb.org



Sobre FONTAGRO

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación regional creado en 1998 para promover investigación e innovación agropecuaria entre sus miembros. Está integrado por quince países: Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. Estos países han contribuido con un capital de US\$83 millones, que al 31 de diciembre de 2019 alcanzan los US\$100.25 millones.

FONTAGRO posee una estructura de gobernanza constituida por un Consejo Directivo (CD), un Comité Ejecutivo, un Comité Financiero, y funciona con una Secretaría Técnica Administrativa (STA). Posee documentos institucionales como el [Convenio Constitutivo](#), el [Manual de Operaciones](#) y el [Plan de Mediano Plazo \(PMP\) 2015-2020](#). El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) son sus patrocinadores.

FONTAGRO opera como un fondo dotal, utilizando los intereses generados por el capital para cofinanciar, junto con otras agencias, proyectos de investigación e innovación agroalimentaria. A través de su historia, y hasta diciembre de 2019, FONTAGRO ha cofinanciado 160 operaciones por un monto aproximado de US\$126 millones, de los

cuales US\$27 millones han sido aportados por FONTAGRO, US\$18 millones por otras agencias y US\$80 millones en recursos de contrapartida de las instituciones ejecutoras.

Los proyectos financiados son plataformas regionales constituidas, como mínimo, por dos países miembros de FONTAGRO, aunque también han participado otros países no miembros, aportando sus propios fondos. A lo largo de los años, se han financiado diferentes temas de investigación, todos prioritarios para la región de América Latina y el Caribe (ALC), que han generado gran cantidad de conocimientos y, al mismo tiempo, han contribuido en el desarrollo de nuevas tecnologías e innovaciones de valor para la agricultura de la región.

Invitamos a los lectores a conocer nuestro sitio de Internet, nuestros proyectos y, a la vez, a participar de las iniciativas activas y por venir.





Agradecimientos

FONTAGRO desea manifestar su agradecimiento a todos aquellos que hacen posible la generación de nuevo conocimiento para mejorar las condiciones de vida de los agricultores familiares de América Latina y el Caribe.

En especial, deseamos agradecer a los científicos y técnicos que lideraron y llevaron adelante los proyectos de FONTAGRO en los últimos veinte años, demostrando que el trabajo en red es clave para potenciar la creación de nuevos saberes, tecnologías e innovaciones que favorezcan la agricultura de nuestra región y que puedan tener impacto en el resto del mundo.

Que dichas redes han fomentado la formación de estudiantes, técnicos, productores, generando un capital social clave para su sostenibilidad, y que han colaborado desde todos los ángulos a enriquecer los resultados que se han obtenido.

Que, gracias a ese trabajo, se generaron plataformas regionales público-privadas en donde participó gran diversidad de instituciones académicas, de investigación, el sector privado y los organismos regionales e internacionales.

También es clave destacar el apoyo constante del personal técnico, administrativo y financiero, que hicieron posible que los proyectos contaran con los insumos necesarios para desarrollar los trabajos.

La participación de los agricultores familiares permitió a los investigadores poder testear sus iniciativas de investigación y adaptarlas a cada contexto, generando conocimiento local y único.

La labor de todos aquellos que apoyaron la búsqueda de información que fue necesaria para poder realizar esta evaluación de resultados *ex post*.

A los miembros de Consejo Directivo de FONTAGRO, representado por sus 15 países, les agradecemos el apoyo constante a la inversión en investigación, desarrollo e innovación en el sector agropecuario. Sin duda, las decisiones tomadas en los últimos años destacan cómo se puede transformar el conocimiento en nuevas soluciones tecnológicas que mejoran la competitividad, la gestión sostenible de los recursos naturales y colaboran con la disminución de la pobreza.

Finalmente, deseamos agradecer el apoyo de los patrocinadores, BID e IICA, por sus aportes constantes, y al resto de las organizaciones que participaron como alianzas estratégicas para el desarrollo de los proyectos que en este estudio se presentan.

Secretaría Técnica Administrativa





Instituciones participantes



**Ministry of
Natural Resources and
Immigration**
an official website of The Government of Belize



CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA
AGROPECUARIA Y FORESTAL
"ENRIQUE ÁLVAREZ CÓRDOVA"



Instituciones participantes





Mensaje del Comité Ejecutivo de FONTAGRO

Desde hace dos décadas, y con el propósito de promover el incremento de la competitividad del sector agroalimentario, contribuyendo, además, al manejo sostenible de los recursos naturales y a la reducción de la pobreza en la región, fue creado FONTAGRO.

El objetivo principal es ser un mecanismo de financiamiento sostenible para el desarrollo de tecnologías e innovaciones agropecuarias y agroalimentarias en América Latina y el Caribe (ALC), a la vez que constituir un foro para la discusión de temas prioritarios de la región.

En nuestros veinte años de operación, hemos apoyado a más de 29 países, con 160 proyectos de cooperación técnica regional, en alianza público-privada, en los cuales participan más de 230 organizaciones nacionales de investigación, universidades, el sector privado y organizaciones regionales e internacionales. Gracias a ello, FONTAGRO ha fomentado un modelo único de convergencia de disciplinas y cooperación e inclusión de actores para el desarrollo de nuestra agricultura.

Informes recientes de evaluación de la gestión de FONTAGRO han resaltado la importancia que este ha tenido en fortalecer alianzas estratégicas

público-privadas especializadas en temas de investigación, desarrollo e innovación para el sector agroalimentario de nuestra región.

Estas alianzas, consideradas verdaderos laboratorios de innovación, han incrementado las oportunidades de fortalecimiento de capacidades institucionales y nacionales de los países miembros y no miembros de FONTAGRO, la creación de nuevas dinámicas de trabajo para fomentar la innovación agrotecnológica, como también importantes aportes a los objetivos de desarrollo sostenible.

Después de dos décadas, hacemos este balance, el cual nos señala tanto el potencial de impacto que tiene la inversión en ciencia y tecnología, el valor del trabajo en red, como también lo que aún nos resta por trabajar. Este primer estudio de estimación de los beneficios económicos de un grupo de proyectos de FONTAGRO ha creado evidencia del potencial de este mecanismo de cooperación, como así también enseñanzas que permitirán fortalecernos a futuro.

Finalmente, en nombre de los 15 países miembros deseamos agradecer a todos los que nos han acompañado en estos veinte años, en el camino hacia la mejora de la vida de las familias agricultoras en nuestra región.

Pedro Bustos Valdivia

Director Nacional de
INIA Chile

Presidente de
FONTAGRO

Arnulfo Gutierrez

Director General de
IDIAP de Panamá

Vicepresidente de
FONTAGRO

Eugenia Saini

Secretaria Ejecutiva
de FONTAGRO



Mensaje del BID

La agricultura juega un papel clave en América Latina y el Caribe, no solo por ser la principal fuente de alimentos, sino también por su relación con el medio ambiente, por su participación en el empleo y por su contribución al crecimiento y desarrollo económico de los países de la región.

FONTAGRO es un actor importante para el desarrollo de la agricultura de la región, pues fomenta la investigación científica aplicada y crea, de ese modo, bienes públicos que pueden beneficiar a la agricultura de toda la región. Efectivamente, durante los últimos 20 años, FONTAGRO ha fortalecido la creación de redes de científicos y técnicos, quienes con gran dedicación han contribuido a desarrollar nuevo conocimiento, tecnologías e innovaciones de gran valor para los productores agropecuarios, especialmente aquellos de la agricultura familiar.

Este estudio presenta un esfuerzo por estimar mediante una metodología rigurosa el potencial beneficio económico de un grupo de proyectos financiados por FONTAGRO. Dadas las dificultades técnicas usuales para evaluar y analizar proyectos financiados con fondos concursables, los proyectos analizados aquí representan una muestra selecta

de casos ricos en información y con beneficios que podían preverse como altos. De esta manera, el estudio ayuda a conocer el beneficio económico potencial que la generación de nuevos conocimientos y tecnologías puede llegar a generar. Al mismo tiempo, el estudio, ayuda a identificar lecciones aprendidas que ayudarán a mejorar el desempeño futuro de proyectos semejantes.

Desde los inicios de FONTAGRO, en 1998, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha apoyado a FONTAGRO tanto en aspectos técnicos, como administrativo-financieros y estratégicos. Para el BID, es un honor y una satisfacción poder contribuir con la importante labor de FONTAGRO y esperamos seguir haciéndolo durante todo el tiempo que los productores agrícolas de la región lo requieran.

Pedro Martel

Jefe de la División de Medio Ambiente,
Desarrollo Rural y
Administración de Riesgos por Desastres.
Banco Interamericano de Desarrollo



Mensaje del IICA

Durante la Reunión de la Junta Interamericana de Agricultura (JIA) de 2019, los ministros de Agricultura reiteraron que la cooperación técnica multilateral continúa siendo útil e importante para fortalecer la relación entre los países, superar los esfuerzos individuales, enfrentar conjuntamente los retos y aprovechar las oportunidades que el futuro presenta. El IICA adquirió con la JIA, entre otros, dos compromisos importantes:

1. Promover una nueva generación de instituciones, políticas públicas y acciones de cooperación internacional que aseguren los niveles suficientes de inversión pública y privada, particularmente para la investigación, desarrollo e innovación requeridos para alcanzar el máximo equilibrio entre la productividad y la sostenibilidad ambiental, económica y social de la producción agropecuaria.
2. Impulsar el desarrollo de infraestructuras de conectividad, así como diseñar nuevos sistemas de educación, capacitación y extensión, para posibilitar el acceso y el uso de las nuevas

tecnologías y aprovechar las oportunidades que ofrecen para incrementar la productividad y la inclusión de la agricultura familiar, especialmente de la juventud y las mujeres rurales.

El esfuerzo de evaluación de los resultados de FONTAGRO, que se presenta en este documento, contribuye con evidencia científica sólida a cumplir con estos compromisos.

En este sentido, el patrocinio del IICA para FONTAGRO, sostenido por más de veinte años, implica un reconocimiento a la capacidad de FONTAGRO para atender los retos que requieren.

Manuel Otero
Director General
Instituto Interamericano de
Cooperación para la Agricultura



Prólogo

Esta publicación es producto de una serie de estudios de evaluación de mecanismos de gestión y análisis de resultados de proyectos que FONTAGRO realiza en forma frecuente desde el año 2003.

Los estudios iniciales tuvieron como objeto conocer cuál era el desempeño de los mecanismos de gestión de FONTAGRO, específicamente de las primeras convocatorias de proyectos y sus resultados. FONTAGRO implementó convocatorias desde el 1998, sin embargo, existieron años en los que estas no se realizaron (2000, 2002, 2009, 2011 y 2012). A partir del 2012, el Consejo Directivo solicitó implementar nuevos mecanismos de financiamiento, entonces surgió el concurso de casos exitosos (que se realiza cada dos años), los fondos semilla y los proyectos consensuados.

Esta publicación presenta una síntesis en perspectiva histórica de los diferentes estudios de evaluación de los mecanismos de gestión y de los proyectos de FONTAGRO, destacando dos etapas: i) una etapa inicial que abarca desde el 2003 a 2007, en la cual los estudios se centran en el análisis de las convocatorias y de resultados preliminares de los primeros proyectos que habían finalizado recientemente; y ii) una etapa más reciente, de 2010 a 2018, en la cual los proyectos finalizados se analizaron en forma multidimensional abarcando aspectos productivos, sociales y ambientales. En estos últimos estudios, se identificó que los proyectos habían generado nuevas tecnologías promisorias y se empezó a distinguir la importancia del rol de FONTAGRO como mecanismo clave para articular

y fortalecer la colaboración entre países miembros y no miembros de FONTAGRO, entre instituciones público-privadas y entre programas de investigación nacionales, regionales e internacionales. Estas plataformas que se fueron formando a través del tiempo incluso se mantuvieron una vez finalizados los proyectos, destacando entonces a FONTAGRO como un mecanismo que facilitó la creación de redes inter y multidisciplinarias de actores que se transformaron hoy en un capital social único para la región de ALC.

Luego de veinte años de historia, es importante recuperar y revisar lo hecho en temas de análisis y evaluación de resultados de proyectos. Las evaluaciones y análisis anteriores entregaron información clave sobre lo logrado a nivel de resultados, por país y en diferentes dimensiones de análisis, y muy especialmente sobre aquellos aspectos que aún se deben mejorar. Sin embargo, no existió un estudio de análisis económico de los resultados de los proyectos finalizados.

En relación a lo anterior, esta publicación presenta el primer análisis de retornos económicos generados por los resultados de los proyectos cofinanciados por FONTAGRO y una revisión e identificación de otros, cuyos resultados promisorios deberían ser sujeto de análisis *ex post*.

Secretaría Técnica Administrativa

FONTAGRO



Glosario

ACA - Alianza Cambio Andino

AKIS - Agricultural Knowledge & Innovation Services International

ALAP - Asociación Latinoamericana de la Papa

ALC - América Latina y el Caribe

Agronet - Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano

AGROSUR - Corporación Centro Provincial de Gestión Agropecuaria del Sur del Departamento del Huila

AGROPIA - Asociación de Productores Agropecuarios para la Industria Andina

BID - Banco Interamericano de Desarrollo

BMZ (GIZ) - German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development

CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CBD - Coffee Berry Disease

CD - Consejo Directivo

CE - Conformité Européenne

CENTA - Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIMMYT - Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

CIP - Centro Internacional de la Papa

CLIPAPA - Ampliando la Frontera Agrícola de la Papa para Disminuir los Efectos del Cambio Climático

CNP - Consejo Nacional de Producción

CNV - Comité Nacional de Variedades

CODOCAFE - Consejo Dominicano del Café

CONPAPA - Consorcio de Pequeños Agricultores de la Sierra Ecuatoriana

CORPOICA - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

DICTA - Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria

EAP - Escuela Agrícola Panamericana

EBP - Extracto Blando de Propóleos

EIQ - Coeficiente de Impacto Ambiental



Glosario

ESPOL - Escuela Superior Politécnica del Litoral

FAO - Food and Agriculture Organization

FEDECAFE - Federación Nacional de Cafeteros

FEDEPLÁTANO - Federación Nacional de Plataneros de Colombia

FENALCE - Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas

FONTAGRO - Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria

IBTA - Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria

I+D+i - Investigación, Desarrollo e Innovación

ICAFE - Instituto del Café de Costa Rica

ICTA - Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola

IICA - Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura

IDIAP - Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

IHCAFE - Instituto Hondureño del Café

INIA - Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Chile)

INIA - Instituto Nacional de Innovación Agraria (Perú)

INIA - Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Uruguay)

INIA - Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (Venezuela)

IDIAF - Instituto Dominicano de Investigación Agrícolas y Forestales

INIAP - Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

INN - Instituto de Investigación Nutricional

INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina)

INTA - Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (Costa Rica)

INTA - Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (Nicaragua)

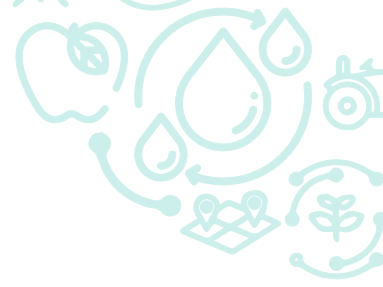
IPM IL - Integrated Pest Management Innovation Lab

IPTA - Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria

IRTA - Investigación y Tecnología en Alimentos y Agricultura - Universidad de Lleida

ITDG - Intermediate Technology Development Group

ISA - Universidad ISA



Glosario

MIDA - Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá

MINAGRI - Ministerio de Agricultura y Riego

MNRA - Ministry of Natural Resources and Agriculture

MIP - Manejo Integrado de Plagas

NOP - National Organic Program

PRACCA - Adaptación del Maíz y el Frijol al Cambio Climático en Centroamérica y República Dominicana

PRESICA - Estrategia de Innovación Tecnológica para Mejorar la Productividad y Competitividad de Cadenas-Producto para América Central y República Dominicana

PIMA - Programa Integral de Mercadeo Agropecuario

PROMECAFE - Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura

PROINPA - Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos

RDA - Rural Development Administration

SENASA - Servicio Nacional de Sanidad Agraria

SEPA - Serie de Estadísticas de Producción Agrícola

SEPSA- Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial y Agropecuaria

SPP - Sello de Pequeños Productores

STA - Secretaría Técnica Administrativa

UBA - Universidad Nacional de Buenos Aires

UCR-CIA - Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de Costa Rica

UDL - Universidad de Lleida

UNALM - Universidad Nacional Agraria la Molina

UNAL- Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

UNICORDOBA - Universidad de Córdoba

UNISARC - Universidad Santa Rosa de Cabal

Índice

RESUMEN EJECUTIVO	16
EXECUTIVE SUMMARY	18
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	20
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL, METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	27
Aspectos generales	27
Marco conceptual	27
Recopilación y análisis de datos por caso de estudio	30
Recopilación de resultados y logros	30
CAPÍTULO III. RESULTADOS EX POST DE LOS CASOS DE ESTUDIO	31
Aspectos generales	31
CASO 1. Desarrollo de productos de camote en América Latina (1998-2002)	34
CASO 2. Innovaciones tecnológicas y mercados diferenciados para productores de papa nativa (2005-2010)	37
CASO 3. Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: Innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos (2006-2010)	40
CASO 4. Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papa de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú (2006-2011)	43
CASO 5. Red de Innovación de Investigación y Desarrollo: Hacia la diseminación eficiente y mecanismos de impacto pro-pobre con nuevas variedades de papa en la zona andina (2007-2013)	46
CASO 6. Desarrollo de bioinsumos para la producción sostenible de hortalizas con pequeños agricultores para una soberanía alimentaria en los Andes (2007-2012)	51
CASO 7. Estrategia de Innovación Tecnológica para Mejorar la Productividad y Competitividad de Cadenas-Producto para América Central y República Dominicana (PRESICA) (2009-2014)	55
CASO 8. Productores de lulo y mora competitivos mediante selección participativa de clones élite y manejo integrado (2007-2010)	58
CAPÍTULO IV. CASOS DE PROYECTOS DESTACADOS	62
CASO 1. Resistencia genética de maíces a insectos y enfermedades en ambientes tropicales de América del Sur (1998-2003)	63
CASO 2. Mitigar el efecto de altas temperaturas en la productividad de maíz (2008-2013)	65



CASO 3. Desarrollo e implementación de herramientas genómicas de avanzada para contribuir a la adaptación de la caficultura al cambio climático (2008-2014)	68
CASO 4. Aumento de la competitividad de los sistemas productivos de papa y trigo en Sudamérica ante el cambio climático (2008-2013)	70
CASO 5. Adaptación del maíz y el frijol al cambio climático en Centroamérica y República Dominicana (2009-2014)	73
CASO 6. Ampliando la frontera agrícola de la papa para disminuir los efectos del cambio climático (CLIPAPA) (2010-2014)	76
CASO 7. Plataforma para consolidar la Apicultura como herramienta de desarrollo en América Latina y el Caribe (2013-2017)	79
CASO 8. Modelo de plataforma para el aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos (2013-2017)	82
CASO 9. Innovaciones tecnológicas en el manejo integrado del cuero de Sapo de la yuca (<i>Manihot esculenta crantz</i>): Estrategias para reducir el impacto de la enfermedad por efectos del cambio climático en Colombia, Costa Rica y Paraguay (2010-2015)	85
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	95
Anexo I. Fuentes de datos utilizados en el estudio	95
Anexo II. Cálculo de los retornos económicos	96
ÍNDICE DE CUADROS	
Cuadro 1. Ocho casos de proyectos evaluados con la metodología de excedente económico	33
Cuadro 2. Nueve casos de proyectos destacados	62
INDICE DE GRÁFICOS	
Gráfico 1. Participación en los recursos aportados	32
Gráfico 2. Distribución de proyectos según tipo de investigación	32





Resumen ejecutivo

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo de cooperación para promover la competitividad agropecuaria y agroalimentaria en América Latina y el Caribe (ALC) y funciona como un laboratorio de innovación regional a través de la inversión en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

FONTAGRO en veinte años ha logrado promover y consolidar plataformas de cooperación interinstitucional a lo largo de la región y ha contribuido a la generación de innovaciones y otra serie de resultados claves para la agricultura de ALC. Sin embargo, pocos estudios han logrado cuantificar y analizar los resultados que pueden atribuirse a las inversiones realizadas por FONTAGRO y, más importante aún, para estimarlos económicamente. Generar evidencia de los resultados de FONTAGRO es imprescindible para resaltar el rol que juega este mecanismo de cooperación y articulación interinstitucional estratégica en el desarrollo de nuevo conocimiento.

Una evaluación de resultados en proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) agropecuaria se puede definir como un conjunto de procedimientos, métodos y herramientas que buscan documentar evidencia del beneficio que ha generado el conocimiento científico y el uso de innovaciones derivadas de este, en la sociedad. Y, en ese sentido, la evaluación de resultados se transforma en un insumo fundamental para distintos actores, especialmente para aquellos que toman decisiones de inversión en I+D+i en el sector.

Las evaluaciones de resultados en FONTAGRO no son nuevas. Desde 2003, se han comisionado hasta cuatro estudios de evaluación que se centraron en estimar los resultados potenciales que podrían generar los proyectos cofinanciados

por FONTAGRO (Ávila, 2003; Ardila, Flavio, Saín y Filho, 2007; Ávila y Saín, 2007; Saín, Sepúlveda, Ardila, Chalabi, Henríquez y Li Pun, 2014). En la etapa inicial, los proyectos empezaron a mostrar los primeros resultados. Sin embargo, por el tiempo transcurrido entre la finalización de los proyectos y la diseminación del nuevo conocimiento científico y las innovaciones agropecuarias generadas, las evaluaciones de resultados se hicieron con métodos *ex ante*, utilizando supuestos sobre lo que se esperaba sea la adopción futura de las innovaciones e información experimental sobre los posibles impactos del uso de ellas. Estas primeras evaluaciones predecían que FONTAGRO podría generar un retorno potencial suficiente para cubrir los costos invertidos y sugerían, también, que había mucho potencial para producir beneficios ambientales y sociales.

En 2014, se realiza la primera documentación de evidencia sobre repercusiones económicas, sociales y ambientales generadas directa o indirectamente por los proyectos cofinanciados por FONTAGRO hasta 2012 (Saín y otros, 2014). El estudio pudo valorar la contribución de los proyectos para resolver desafíos específicos a través del cambio tecnológico y la innovación. En este sentido, el estudio realizó nuevos aportes en cuanto a la contribución en el fortalecimiento de las instituciones participantes y el desarrollo de plataformas de cooperación, en la mejora de las publicaciones científicas y redes de colaboración y en la percepción que tienen los participantes de los proyectos sobre el rol de FONTAGRO.

Durante 2018, FONTAGRO decidió realizar un nuevo ejercicio de evaluación que permitiera documentar los resultados económicos *ex post* generados por proyectos cofinanciados desde el 1998. Esto no solo permitió evaluar la relevancia de FONTAGRO



como mecanismo de articulación y cooperación dentro del sistema de innovación regional, sino que también permitió identificar factores de éxito y otros desafíos que deberán ser tenidos en cuenta para futuras evaluaciones.

Esta publicación presenta el primer estudio de los resultados económicos de un grupo de proyectos, y también propone recomendaciones de mejoras para implementar en lo referente a metodologías y criterios de evaluación (*ex ante* y *ex post*). Simultáneamente, se intentó buscar evidencia sobre la atribución a FONTAGRO de los resultados analizados, señalándose la dificultad de su estimación, porque en todos los casos los temas de investigación pertenecen a programas que fueron financiados por otras agencias, ya sea antes o después de la finalización de cofinanciamiento de FONTAGRO.

Luego de una extensa revisión de los proyectos, se identificó un grupo de ellos que proveyeron información cuantitativa y cualitativa suficiente para implementar el análisis. Esta información fue recuperada de los informes técnicos finales y de información secundaria proveniente de los participantes de los proyectos y otras fuentes disponibles. La evaluación de resultados realizada estimó que el beneficio económico total alcanzado, expresado como valor presente neto (VPN), fue de US\$83.753.240, superando ampliamente la inversión realizada de US\$8.112.428. Adicionalmente, el estudio destaca que, en muchos de los casos analizados, solo fue posible evaluar uno o algunos pocos de los múltiples componentes que constituían el proyecto, y solo en uno o algunos de los países participantes de este, como tampoco se pudieron incluir los spillovers y/o spinoffs que se generaron. De esta forma, se estima que el beneficio económico total generado podría ser incluso mayor. En esta publicación, se presentan, para cada uno de los casos analizados, los principales logros y contribuciones. Este estudio resalta, según la evidencia presentada,

no solo que FONTAGRO a través del tiempo se ha transformado en un instrumento financiero importante para ALC, sino que además destaca su rol en promover la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i) a través de la creación de redes de actores multidisciplinarios y del sector público-privado que promueven el desarrollo de nuevo conocimiento, tecnologías e innovaciones que pueden ser escaladas a mayor nivel.

Esta publicación está organizada en cinco capítulos, con una sección adicional de resumen ejecutivo, recomendaciones y anexos al final. En el Capítulo I, se presentan antecedentes de los estudios de evaluación de resultados de FONTAGRO en los últimos años. En el Capítulo II, se presenta el marco conceptual utilizado para el análisis de resultados *ex post* de los proyectos, y también se destaca el tipo y origen de información utilizada. En el Capítulo III, se presentan ocho casos de proyectos analizados con la metodología de excedente económico (siete estudios de caso *ex post* y uno *ex ante*), en donde se resumen además los principales hallazgos. En el Capítulo IV, se describen los casos promisorios identificados durante la realización de este estudio. Si bien estos casos no pudieron ser incorporados al análisis de excedentes del capítulo anterior, poseen resultados preliminares que permiten distinguirlos como promisorios de lograr importantes tecnologías y/o innovaciones en los próximos años. En el Capítulo V, se señalan las principales conclusiones.

Secretaría Técnica Administrativa (STA)



Executive Summary

FONTAGRO (Regional Fund for Agricultural Technology) is a cooperation mechanism for promoting agricultural and agri-food competitiveness in Latin America and the Caribbean (LAC), and functions as a regional innovation laboratory by investing in research, development and innovation (RDI).

In 20 years, FONTAGRO has successfully promoted and consolidated platforms for inter-institutional cooperation throughout the region and has contributed to the generation of agricultural innovations and other results for the agricultural sector in LAC. However, few studies have been able to quantify and analyze the results that can be attributed to FONTAGRO's investments and, more importantly, estimate them in economic terms. Generating evidence of FONTAGRO's results is essential for highlighting the role played by this mechanism for cooperation and strategic inter-institutional coordination in the development of the regional agricultural sector.

To document these results associated with FONTAGRO's investments in RDI, an evaluation study was carried out to measure FONTAGRO's contributions to the agricultural sector in LAC. Given the very particular characteristics and diversity of the projects implemented, the first challenge was to define the type of evaluation to be used and, above all, the feasibility of implementation based on the information available over the past 20 years.

An evaluation of results in agricultural research and innovation projects can be defined as a set of procedures, methods and tools aimed at documenting evidence of the benefits that the scientific knowledge and use of innovations

derived from the projects have created for society. In this respect, evaluation of results becomes a fundamental input for different actors, especially for those who make RDI investment decisions in the sector.

Evaluations of results in FONTAGRO are not new. Since 2003, as many as four evaluation studies have been commissioned focusing on estimating the potential results that could be generated by projects cofinanced by FONTAGRO (Ávila, 2003; Ardila et al. 2007; Ávila and Saín, 2007; Saín et al. 2014). In the initial stage of FONTAGRO, the projects began to show the first results. However, because of the time elapsed between completion of projects and dissemination of the new scientific knowledge and the agricultural innovations generated, results were evaluated with ex-ante methods using assumptions about the expected future adoption of the innovations and experimental information on the possible impacts of their use. These early evaluations predicted that FONTAGRO could generate a potential return sufficient to cover the costs invested and also suggested that there was a great deal of potential for generating environmental and social benefits.

In 2014 the first documentation was produced of evidence of the economic, social and environmental repercussions generated directly or indirectly by projects cofinanced by FONTAGRO up to 2012 (Saín et al. 2014). The study was able to assess the projects' contribution to solving specific challenges through technological change and innovation. The study produced new information on FONTAGRO's contribution to building the participating institutions and developing cooperation platforms, and to improving scientific publications and collaboration



networks, as well as on the perception that participants in projects have of FONTAGRO's role.

During 2018, FONTAGRO decided to carry out a new evaluation exercise to document the ex-post economic results generated by cofinanced projects since 1998. This exercise not only evaluated FONTAGRO's relevance as a mechanism for linkage and cooperation in the regional innovation system, but also identified factors of success and challenges that future evaluations need to take into account.

This publication presents the first study of the economic results of a group of projects cofinanced by FONTAGRO and recommends improvements to be implemented in future projects in relation to methodologies and evaluation criteria (ex-ante and ex-post). At the same time, an attempt was made to find evidence of attribution to FONTAGRO of the results analyzed, pointing out the difficulty of estimating this aspect, since in all cases the research themes belong to programs that were financed by other agencies, either before or after the end of the project cofinanced by FONTAGRO.

This publication presents the first economic evaluation study of the results of projects cofinanced by FONTAGRO. After an extensive review of these studies, a group was identified which provided sufficient quantitative and qualitative information to implement the analyses. This information was retrieved from the final technical reports and from secondary information coming from project participants and other available sources. This evaluation estimated that the total economic benefit achieved, expressed as net present value (NPV), was US\$83,753,240, far exceeding the amount invested of US\$8,112,428. The study also finds that in many of the cases analyzed it was only possible to evaluate one or a few of the multiple components that formed the project, and only in one or other of

the countries participating in the project; likewise it was not possible to include the spillovers and/or spinoffs created. As a result, it is considered that the total economic benefit generated could be even greater. In this study, the main achievements and contributions are presented for each case analyzed. The study concludes, based on the evidence presented, that over time FONTAGRO has become not only an important financial instrument for LAC, but also plays a significant role in promoting research, development and innovation (RDI) by creating networks of multidisciplinary actors and of the public-private sector which promote development of new knowledge, technologies and innovations with potential for scaling up.

The study is organized into five chapters, with an additional section of executive summary, recommendations and annexes at the end. Chapter I presents the background to the evaluation studies of FONTAGRO's results in recent years. Chapter II presents the conceptual framework used for the analysis of ex-post project results, highlighting the type and source of information used. Chapter III presents seven cases of projects analyzed using the economic surplus methodology (six ex-post case studies, one ex-ante), and summarizes the main findings. Chapter IV describes the promising cases identified during this study. Although these cases could not be incorporated into the analysis of surpluses in the previous chapter, their preliminary results mark them as having potential for achieving important new technologies and/or innovations in the coming years. Chapter V sets out the main conclusions of the study.

Technical Administrative Secretariat (TAS)



Capítulo I. Antecedentes

FONTAGRO, creado en 1998, posee la misión de “contribuir a la innovación de la agricultura familiar por medio de la cooperación entre los países miembros, promoviendo la competitividad y la seguridad alimentaria con criterios de equidad y sostenibilidad”. Durante 21 años de actividad, FONTAGRO cofinanció más de 140 proyectos por un monto total de US\$112 millones, dentro de los cuales \$22 millones fueron aportes directos de FONTAGRO, US\$19 millones de otras agencias y US\$71 millones de aporte de contrapartida de las instituciones socias de los proyectos.

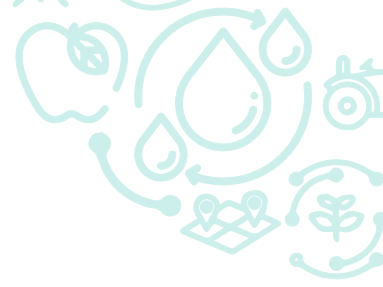
En este capítulo, se realiza una síntesis en perspectiva histórica de los diferentes estudios de evaluación realizados sobre los mecanismos de gestión y resultados de los proyectos de FONTAGRO. En la revisión se identificaron dos etapas: i) una etapa inicial, que abarca desde 2003 a 2007, en donde los estudios se centraron en el análisis de las convocatorias y de resultados preliminares de los primeros proyectos que habían finalizado; y ii) una etapa más reciente, de 2010 a 2018, en donde los proyectos se analizaron en forma multidimensional.

En los primeros años, el CD comisionó estudios de evaluación del mecanismo de gestión y resultados e impactos potenciales de proyectos que habían sido cofinanciados (Días Avila, 2003, Medina Castro, Toro Briones y Campos, 2003; Ardila, Flavio, Saín y Salles Filho, 2007; Días Ávila, 2007). En la etapa inicial, los proyectos empezaron a mostrar los primeros resultados promisorios. Sin embargo, dado el tiempo transcurrido necesario entre la finalización de los proyectos y la diseminación de las nuevas tecnologías o innovaciones generadas, las evaluaciones tuvieron que realizarse con el método ex ante. Estas evaluaciones utilizaron supuestos sobre los que se esperaba que fuera la adopción futura de las innovaciones e información experimental sobre los posibles impactos del uso de estas. Los resultados de estas primeras evaluaciones

predecían que FONTAGRO podría generar un retorno potencial suficiente para cubrir los costos invertidos y sugerían también que había mucho potencial para generar beneficios ambientales y sociales (como una mejor nutrición).

El primer estudio, denominado “Análisis de los mecanismos de gestión del FONTAGRO” (Medina Castro, Toro Briones y Campos, 2003), realizó el análisis de la primera convocatoria realizada en 1998. Como resultado de estas primeras convocatorias, se observó la organización de consorcios por subregión (Cono Sur, Región Andina y Centro América y el Caribe), destacándose la participación de las instituciones de los países miembros de FONTAGRO que fungieron de conexión con los países vecinos y también con organismos internacionales como CIAT, CIMMYT, CIP, IFPRI, INIBAP, IPGRI, y centros regionales como el CATIE, RIMISP e IICA. Desde los 90, se había buscado implementar diversos mecanismos de financiamiento para mejorar la eficacia y eficiencia de la investigación. Este estudio reconoció que FONTAGRO es un mecanismo innovador para articular, facilitar e impulsar la investigación agropecuaria multinacional, en el marco de la globalización.

Durante el 2003, también se generó un segundo estudio denominado “Evaluación de proyectos y mecanismos de operación de FONTAGRO” (Días Avila, 2003), que destacó que los proyectos financiados por FONTAGRO eran innovadores, con impactos esperados (ex ante) promisorios en términos económicos, sociales, ambientales y del conocimiento. El estudio también resaltó que los resultados de los proyectos tienen alto potencial para ser adoptados a nivel regional y subregional (spillovers), señalando que FONTAGRO está cumpliendo con sus objetivos. Al mismo tiempo, se realizaron recomendaciones de mejora, que FONTAGRO fue incorporando en los años siguientes.



“En vista de la reducción de la inversión en investigación agropecuaria del sector público de ALC, el FONTAGRO es un mecanismo innovador para articular e impulsar la investigación multinacional, en el marco de la globalización. En particular, al promover la investigación focalizada en megadominios (regiones fitogeográficas), el FONTAGRO puede contribuir a formar o estrechar más los vínculos entre instituciones de investigación de países y regiones diferentes, creando mecanismos de relaciones institucionales orientados a expandir el desarrollo en intercambio de conocimientos y tecnología en la región”.

(Días Avila, 2003)

Hacia principios del año 2004, se inició un nuevo estudio denominado “Inversión en ciencia y tecnología para generar bienes públicos regionales. Resúmenes de resultados” (FONTAGRO, marzo, 2004). Este documento sostiene que, además de los resultados técnicos obtenidos, existen otros efectos menos tangibles, pero igualmente importantes, como “la capacidad del FONTAGRO de responder a la diversidad de temas de interés regional, la oportunidad de lograr una mejor definición de las prioridades regionales y subregionales, la posibilidad de complementar recursos y experiencias entre países y el establecimiento de un mecanismo institucional novedoso y relevante.” Entre 1998 y 2000, se habían implementado tres convocatorias y, al mismo tiempo, se iba logrando la consolidación de FONTAGRO, no solo en aspectos financieros, sino también –y muy especialmente– en cómo implementaba las convocatorias, el proceso de decisión de financiamiento de los proyectos regionales de investigación, cómo se priorizaban

las demandas, se creaban redes de científicos, técnicos, académicos, productores, y cómo podían medir resultados de los primeros proyectos que iban finalizando.

En el año 2005, se publicó el estudio “Evaluación de los impactos potenciales de los proyectos financiados por FONTAGRO” (Ardila, Flavio, Días Avila, Salles Filho y Saín, 2005)². Este estudio destacó a FONTAGRO como “una notable Innovación Institucional en el contexto del Sistema Regional de I+D, que fue diseñado como un mecanismo competitivo de financiamiento no-reembolsable de proyectos de interés regional”, para “desarrollar **investigaciones de carácter estratégico** fundamentales para la **productividad** y la **sostenibilidad** dirigidas a generar **tecnologías con carácter de bienes públicos de carácter transnacional**, buscando al mismo tiempo articular los esfuerzos de los países participantes, para la **ejecución conjunta** de las actividades de investigación.”

En septiembre de 2007, se realizó una serie de análisis complementarios entre sí, que derivaron en la publicación “Evaluación de los impactos potenciales de los proyectos regionales de investigación financiados por FONTAGRO” (Ardila, Flavio, Saín y Salles Filho, 2007). Esta publicación destacó a FONTAGRO como una “notable innovación institucional en el contexto del sistema regional de investigación y desarrollo, diseñado como un mecanismo competitivo de financiamiento no-reembolsable de proyectos de interés regional”. El objetivo de las inversiones es promover consorcios de investigación que colaboren con encontrar desarrollos tecnológicos que mejoren la productividad, la sostenibilidad y que se generen tecnologías con carácter de bienes públicos transnacionales, buscando, al mismo tiempo, articular los esfuerzos de los países participantes para la ejecución conjunta

1. Convocatorias 1998, 1999 y 2001. En el 2000 no hubo convocatoria.

2. 1ª Convocatoria. Septiembre de 2005.

3. En Colombia, se sugiere normalmente el uso de la tasa de descuento del 12% para proyectos sociales, que es calculada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP). Otros países no cuentan con una tasa sugerida, por lo que se usa la tasa estándar internacional del 10%.



de las actividades de investigación. El mismo estudio señala que las inversiones en FONTAGRO tienen un retorno potencial suficiente para cubrir los costos invertidos en la investigación (tasa interna de retorno de las inversiones del 28,6%). Adicionalmente, se señala que los resultados de los proyectos tendrían potencial impacto positivo en la dimensión institucional, ambiental, social y, especialmente, en temas de capacitación y aprendizaje. El estudio también realizó una serie de recomendaciones que fueron incorporadas en períodos siguientes.

Hasta aquí se habían realizado los primeros esfuerzos por analizar los primeros resultados de los proyectos financiados por FONTAGRO en las primeras convocatorias. Según los estudios anteriores, a partir de 2010 comenzaron a elaborarse una serie de nuevos análisis que identificaron nuevos hallazgos de importancia para el rol de FONTAGRO como articulador de necesidades de inversión en I+D+i en ALC.

En 2010, se publicó el trabajo “Evolución de los mecanismos de gestión de FONTAGRO” (Días Avila, Gianoni, Salles Filho y Alonso, 2010) que hizo hincapié muy especialmente en el análisis de la implementación de los procesos de las convocatorias, identificándose las siguientes conclusiones:

- “El arreglo institucional de ‘consorcios regionales’ propuesto por el FONTAGRO contribuye significativamente para el cumplimiento del objetivo del fondo de constituir una plataforma de cooperación para la integración tecnológica en la región. (...) Los consorcios contribuyen significativamente en la complementación de las capacidades nacionales, ya sea en la mejora de las capacidades técnicas y de los resultados alcanzados por el proyecto, en la complementación para la preparación y gestión de los proyectos, como en la constitución de redes de I+D+i”.

- “Los investigadores opinan que, por un lado, los consorcios promueven la obtención de mejores resultados respecto de aquellos provenientes de proyectos individuales y, por otro, favorecen una rápida difusión de los conocimientos generados entre los países participantes, lo cual conjuntamente con la interacción dada entre los varios miembros, genera cambios e impactos positivos en las capacidades técnicas de las instituciones nacionales. Los consorcios son un modelo significativamente valorado por todos los investigadores”.

- “La evaluación del tipo de resultados (bienes o servicios) generados a partir de los proyectos FONTAGRO muestra que fueron identificadas 35 tecnologías en 13 proyectos, que se clasificaron en ‘nuevas técnicas y conocimiento para la reducción de pérdidas en la producción y comercialización (poscosecha)’, ‘nuevas variedades, razas y cepas’, ‘nuevas prácticas de producción’ y ‘mapeamiento de la biodiversidad’”.

- “En promedio, la atribución que los líderes de proyecto dieron a la influencia del modelo de consorcios sobre los resultados alcanzados fue de 80%. En este sentido, algunos líderes manifiestan que la participación de instituciones de otros países garantizó la aplicación de técnicas de punta específicas que, de otra forma, no hubiesen sido aplicadas y que la mejora en los resultados por el trabajo colaborativo no se restringe solamente al proyecto en cuestión, sino también a otros proyectos que se están implementando en temáticas similares”.

- “Dentro de los resultados tecnológicos declarados, un 86% de ellos está siendo usado y/o comercializado, dato reforzado por la constatación de impactos económicos, ambientales y sociales observados por 11 de los 13 líderes que contestaron la pregunta. En lo que refiere al nivel de novedad de la innovación,



existen 11 resultados considerados novedad para la región y 4, novedad para el mundo”.

Sin lugar a dudas, este trabajo generó información clave respecto de la importancia del rol facilitador de FONTAGRO para promover “consorcios y redes” de investigación regional, y además –y muy especialmente– de complementar fortalezas tecnológicas entre países, facilitando el desarrollo de nuevas tecnologías adaptadas a las condiciones locales y de contexto.

Continuando con la serie de estudios, en el 2014 se finalizó un nuevo trabajo titulado “Contribución de FONTAGRO al desarrollo agrícola de América Latina y el Caribe. Evaluación ex post de proyectos colaborativos” (Saín, Sepúlveda, Ardila, Chalabi, Henríquez, Li Pun, 2014). Este trabajo realizó el primer esfuerzo por documentar evidencia sobre repercusiones económicas, sociales y ambientales generadas directa o indirectamente por los proyectos cofinanciados por FONTAGRO hasta el 2012. El estudio valoró la contribución de las investigaciones implementadas para resolver problemas y limitaciones a través del cambio tecnológico, y para analizar el potencial en términos de visibilidad de FONTAGRO. En este estudio, se realizaron nuevos aportes en cuanto a la contribución de FONTAGRO en el fortalecimiento de las instituciones participantes y el desarrollo de plataformas de cooperación, y a la mejora de las publicaciones científicas y redes de colaboración. Asimismo, hizo un primer esfuerzo para discutir cualitativamente el potencial de impacto que podría generar FONTAGRO en estas direcciones, pero no generó evidencia cuantificable y rigurosa de que esto ya esté ocurriendo. Este trabajo empleó una combinación de técnicas de análisis cualitativas y cuantitativas tales como: (1) valorar la contribución de las investigaciones para resolver los problemas o limitaciones de la agricultura desde la perspectiva del cambio tecnológico y (2) analizar el potencial en términos de la visibilidad de FONTAGRO para

atraer coinversión en convocatorias futuras y en la ejecución de proyectos específicos venideros. El estudio presentó ocho casos derivados de siete proyectos cofinanciados por FONTAGRO, en donde se evaluó lo siguiente: (1) los sistemas de innovación de los países participantes en cuanto al alcance de las tecnologías y los conocimientos generados, (2) el fortalecimiento de las instituciones participantes y el desarrollo de plataformas de cooperación y (3) la producción de publicaciones científicas y la creación de redes de colaboración científica. Este estudio concluyó que:

- “FONTAGRO es un modelo para el sistema de investigación agrícola, una verdadera innovación institucional, en su esfuerzo por promover la investigación y la innovación agrícola, y llenar, así, el vacío que se produjo con la reducción de los portes de los donantes en ALC”.
- “La inversión realizada por FONTAGRO cumple un papel relevante en la generación de conocimiento y en la incorporación de nuevas tecnologías a la oferta tecnológica de ALC. Sin embargo, la escala de inversión se encuentra muy por debajo de lo que se necesitaría para poder tener un impacto integral en la producción agropecuaria en general”.
- “El Fondo tiene un valioso efecto multiplicador. Por cada dólar aportado por FONTAGRO, los cofinanciadores y las entidades participantes aportan US\$5.0, de los cuales US\$3.7 son en concepto de contrapartidas”.

En cuanto a la disseminación y adopción de tecnologías, la evaluación indicó que tanto los resultados directos como indirectos de los proyectos están siendo utilizados por los beneficiarios finales, con diferente intensidad. La mayor parte de los resultados (cerca del 74% de ellos) son bienes públicos regionales. Los resultados precompetitivos (es decir, aquellos dirigidos a beneficiarios institucionales, investigadores y técnicos) se utilizan



en los procesos de investigación y desarrollo (I+D) en los sistemas nacionales.

Los autores destacaron la influencia positiva de FONTAGRO en temas de fortalecimiento de capacidades, específicamente en cuanto a formación de capital científico-técnico, infraestructura y producción de publicaciones, entre otros; en mejora de la capacidad relacional que se genera en los proyectos y el potencial de generar spillovers y spinoffs. En la Caja 1, a continuación, se destacan las conclusiones más importantes del mencionado estudio.

Además, sobre los resultados socioeconómicos y ambientales, el estudio concluye que “los proyectos apoyados por el fondo han buscado mejorar los rendimientos y los costos de producción, y, en general, lo han hecho de manera amigable con el ambiente. Los proyectos generaron tecnologías con un impacto potencial positivo en la rentabilidad de la producción agropecuaria primaria, pero menos importante en poscosecha, empaquetado y procesamiento”.

(Saín y otros, 2014)

Caja 1. Síntesis de algunos de los aportes de FONTAGRO a los sistemas de innovación agropecuarios en ALC, hasta el 2014

- La innovación generada por los proyectos tuvo un alcance principalmente regional, en segundo lugar, nacional e internacional. En la dimensión económica, los impactos positivos de los proyectos se reflejan sobre todo en el costo de producción y en la productividad en el campo.
- El 77% de los resultados alcanzados por los proyectos FONTAGRO ha entrado a formar parte del acervo científico de los sistemas nacionales de investigación agropecuaria (SNIA), mientras que el 69% está siendo aprovechado por los beneficiarios finales. Es alta la influencia de FONTAGRO en la adopción social de los resultados precompetitivos de los proyectos.
- El 98.8% de la propiedad intelectual creada desde los proyectos FONTAGRO está bajo la forma de autoría en publicaciones. Estas publicaciones se generaron a partir del 24% de los resultados de los proyectos relevados. La mayor parte de los resultados finales alcanzados (cerca del 74% de los resultados declarados) son bienes públicos regionales.
- Respecto del fortalecimiento de las capacidades de las instituciones participantes, el instrumental bibliográfico es la consecuencia positiva más evidente. El equipo de investigación destaca el fomento del trabajo en equipo en las actividades de I+D. FONTAGRO influyó de manera positiva en la formación superior de muchos de los integrantes de los equipos de investigación, dadas las limitadas oportunidades de capacitación de muchos de los INIA de ALC. FONTAGRO ha promovido la cooperación interinstitucional en I+D de forma sostenible, y fomentado la transferencia tecnológica a través de actividades de comunicación, divulgación, cursos, unidades demostrativas, eventos, entre otros, incluso después de finalizados los proyectos.



Sobre la contribución de las investigaciones para resolver las limitaciones de la agricultura desde la perspectiva del cambio tecnológico:

- FONTAGRO es un mecanismo modelo de financiamiento para el sistema hemisférico de I+D+i, en su esfuerzo por promover la investigación y la innovación y llenar, así, el vacío de inversión que se produjo con la disminución de esta de las últimas décadas en los países de ALC.
- FONTAGRO tiene un importante efecto multiplicador. Por cada dólar aportado, los cofinanciadorees y las entidades participantes han aportado hasta cinco dólares. Por ello, FONTAGRO tiene un significativo potencial de spillover; por el aprovechamiento de los resultados generados mediante asociaciones y por su trabajo “sin fronteras”.
- El aporte de FONTAGRO a la generación de conocimiento y nuevas tecnologías en ALC ha sido, sin lugar a duda, valioso. Sin embargo, la escala de inversión se encuentra muy por debajo de la que se necesita para poder tener un impacto integral a nivel de producción agropecuaria en general.

Sobre las repercusiones socioeconómicas y ambientales:

- Los proyectos apoyados por FONTAGRO han buscado la innovación en los sistemas productivos, a fin de mejorar los rendimientos y disminuir los costos de producción, y han procurado hacerlo de manera amigable con el ambiente. Las tecnologías surgidas de los proyectos FONTAGRO han tenido, en general, un impacto positivo en la rentabilidad de la producción agropecuaria, enfocándose en el eslabón primario.

Sobre la diseminación y adopción de tecnologías:

- La mayor parte de los resultados finales, aproximadamente un 74% de los resultados declarados, son bienes públicos regionales. Tanto los resultados directos como los resultados indirectos de los proyectos están siendo utilizados por los beneficiarios finales. No obstante, la intensidad de uso todavía es baja con respecto al tamaño de la población objetivo. Entre las principales limitaciones para un mayor uso de las tecnologías por parte de los usuarios finales, están la falta de información y difusión y la limitada inversión del sector privado. Después del término formal de los proyectos, en la mayoría de los casos, se llevaron a cabo actividades de difusión relacionadas con I+D y transferencia tecnológica en los propios centros de investigación y financiadas con fuentes externas.

Sobre las capacidades de las instituciones participantes en los consorcios:

- FONTAGRO ha fortalecido significativamente la capacidad física y humana de las instituciones participantes. El acervo bibliográfico aportado es la consecuencia positiva más evidente del fortalecimiento de la ‘capacidad instalada e infraestructura’ de las instituciones participantes. Las publicaciones generadas, sin embargo, son básicamente de uso interno o difusión local, y muy poca producción científico-técnica de nivel internacional. La productividad de las publicaciones creció luego de la finalización de los proyectos. FONTAGRO ha contribuido de forma significativa a la formación de profesionales (a nivel de educación superior) y de investigadores junior, favoreciendo el recambio generacional.



Sobre la influencia de FONTAGRO en la constitución de plataformas de cooperación:

- El mecanismo de consorcios ha sido un catalizador para fortalecer la institucionalidad y la capacidad relacional de las organizaciones participantes. Esos efectos virtuosos han continuado después del término formal del proyecto. La participación en los consorcios favorece la interacción entre los investigadores líderes, que aprovechan este espacio para crear redes de cooperación en investigación agropecuaria, que perduran y se acrecientan aun cuando los proyectos han terminado. Las redes de cooperación de los líderes de los proyectos se caracterizan por abarcar un número elevado de coautores, países e instituciones.

Sobre la percepción de los directivos respecto a la visibilidad y relevancia de FONTAGRO:

- A pesar de que las retribuciones que otorga la participación en los consorcios y redes de investigación son calificadas como insuficientes, los directivos tienen una percepción positiva del trabajo de FONTAGRO, por propiciar el cofinanciamiento de proyectos de interés y por favorecer la colaboración interinstitucional, tanto local como internacional. A los proyectos se suman investigadores de países no miembros de FONTAGRO, lo que demuestra que se trata de un espacio valioso. Parece oportuno, entonces, analizar nuevas posibilidades de cooperación y diálogo con instituciones de países no miembros, para que FONTAGRO pueda ampliar su espacio de colaboración, lograr mayores impactos y adquirir mayor relevancia y visibilidad.

Luego de veinte años de historia, es importante recuperar y revisar lo hecho. Los análisis de resultados anteriores entregaron información clave sobre lo logrado por país y en diferentes dimensiones de análisis, y también dejaron lecciones aprendidas respecto de aquello sobre lo que aún se puede mejorar. En este último aspecto, era necesario conocer si se podía estimar, de algún modo, el beneficio económico generado por los resultados de los proyectos de FONTAGRO. Hacia el 2018, se decidió realizar un primer análisis económico de tales beneficios, los cuales se presentan a continuación.



Capítulo II. Marco conceptual, metodología y fuentes de información

Aspectos generales

Evaluar los resultados de un programa de cooperación regional como FONTAGRO es un desafío. Las razones de ello son que los proyectos son plataformas de cooperación regional entre varios países, el aporte de FONTAGRO es complementario a otros realizados anteriormente (o que se realizarán en el futuro), y requiere que los proyectos posean un diseño de evaluación previo a su inicio.

Aun así, y a través de los últimos veinte años, FONTAGRO ha fomentado la creación de hasta 160 plataformas regionales de cooperación técnica, consideradas verdaderos laboratorios de innovación que han generado conocimientos científicos y técnicos claves para el desarrollo agropecuario y económico de los países en ALC. Los temas de investigación han sido diversos, y los resultados y productos tecnológicos resultantes poseen distinto nivel de madurez, disponibilidad y acceso para los beneficiarios.

Esta evaluación de resultados *ex post* evaluó un grupo de innovaciones agropecuarias que fueron generadas por proyectos cofinanciados por FONTAGRO entre 1998 y el 2018. Para ello, se realizó un relevamiento y análisis previo de la información disponible de 130 proyectos, se recurrió a información secundaria de cada uno de los países donde se implementaron dichos proyectos, y se contactó a expertos que estuvieron vinculados a tales iniciativas. El estudio contó con la coordinación y apoyo permanente de la Secretaría Técnica Administrativa (STA) de FONTAGRO.

De esta revisión inicial, se seleccionaron 46 proyectos que podían ser sujetos de una evaluación de resultados *ex post*. Los criterios utilizados para esta primera selección fueron: (i) el potencial de las innovaciones desarrolladas para generar impactos; (ii) la posible madurez en la diseminación de las innovaciones; (iii) la disponibilidad de información reportada por los proyectos; y (iv) la representatividad para las diferentes áreas de trabajo que ha identificado FONTAGRO. Sobre ellos, se realizó una revisión exhaustiva de los informes finales y búsqueda de otra información complementaria sobre las innovaciones desarrolladas en ellos. También se contactó a los miembros participantes para solicitarles información adicional que pudiera haber sido recogida durante o después del proyecto. Como resultado de este primer proceso de revisión, se identificaron aquellos proyectos que cumplían con las condiciones mínimas para poder recibir la evaluación de resultados económicos *ex post*. Luego de esta revisión, se logró contar con siete proyectos para realizar una evaluación *ex post*, y un octavo proyecto preseleccionado contaba ya con una evaluación económica *ex ante* implementada en años recientes por uno de los integrantes que participó en el proyecto, la cual se incluyó en este estudio.

A continuación, se presenta el marco conceptual utilizado en este trabajo, como también un detalle de la información complementaria utilizada. Durante la descripción de los casos, se han utilizado secciones textuales de los informes técnicos finales presentados por los investigadores al cierre del proyecto, para mantener la coherencia entre los resultados señalados en tales informes y aquellos presentados en este estudio.



Marco conceptual

En la evaluación de impacto moderna, los experimentos aleatorizados (RCT, por sus siglas en inglés) son reconocidos como el estándar de oro para llevar a cabo evaluaciones de resultados e impacto. Sin embargo, su aplicación en la agricultura es muy limitada por las restricciones que ofrece para medir impactos a gran escala y en regiones con alto nivel de heterogeneidad en sus condiciones de producción y mercadeo. El uso de métodos cuasi experimentales es también empleado ampliamente en evaluación de impacto, pero estos métodos (variables instrumentales, métodos de emparejamiento, diferencias en diferencias, regresión discontinua) requieren de un diseño de evaluación al inicio del proyecto y, más importante, el registro de indicadores e información. En el caso de FONTAGRO, los proyectos de cooperación técnica no habían sido diseñados para recibir este tipo de evaluaciones y, por tanto, muchos proyectos no contaron con la información necesaria.

En consecuencia, para este estudio se decidió utilizar el modelo de excedentes económicos como enfoque

metodológico más apropiado. Si bien son conocidas las limitaciones de este enfoque (de Janvry y otros, 2011), con la estimación adecuada de los parámetros claves del modelo y bajo ciertos supuestos, este método puede brindar una buena estimación de los impactos agregados que una innovación agropecuaria puede haber producido en una región o país (Alston y otros, 1995, Maredia y otros, 2013).

El modelo de excedentes económicos es de origen marshalliano y plantea que el desarrollo de una innovación tecnológica trae consigo un desplazamiento de la oferta de un determinado bien, gracias a un incremento en la productividad. Este aumento en las cantidades producidas vendrá acompañado por una disminución en el precio del bien, lo cual da origen a un nuevo punto de equilibrio. Desde el punto de vista social, es deseable conocer los efectos que tiene sobre el bienestar de los productores y consumidores este desplazamiento. Alston y otros (1995) proponen un modelo con el cual poder medir el impacto de la tecnología sobre ambos agentes económicos. El modelo estándar supone que las funciones oferta y demanda de un producto homogéneo están dadas por:

$$Q_s = \alpha + \beta(P + k) = (\alpha + \beta k) + \beta P \quad (1)$$

$$Q_D = \gamma - \delta P \quad (2)$$

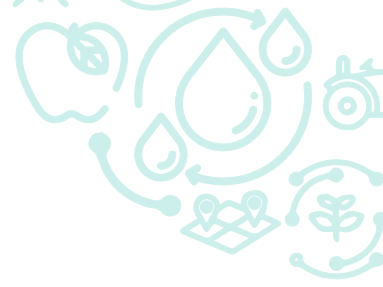
$$\Delta CS = P_0 Q_0 Z (1 + 0.5 Z \eta) \quad (3)$$

$$\Delta PS = P_0 Q_0 (K - Z) (1 + 0.5 Z \eta) \quad (4)$$

$$\Delta TS = \Delta CS + \Delta PS = P_0 Q_0 K (1 + 0.5 Z \eta) \quad (5)$$

$$Z = K \varepsilon / (\varepsilon + \eta) \quad (6)$$

Donde K es el desplazamiento vertical de la curva de oferta, expresado como proporción del precio inicial; ε es el valor absoluto de la elasticidad de demanda del bien; η es la elasticidad de la oferta del bien; y Z es la reducción relativa del precio, debido al desplazamiento.



El modelo de excedentes económicos facilita la evaluación de innovaciones mediante la estimación de los beneficios sociales generados producto de su adopción, de la distribución de dichos beneficios entre productores y consumidores y de indicadores de rentabilidad social, como el valor presente neto (VPN), la relación beneficio/costo (B/C) y la tasa interna de retorno (TIR).

El valor presente neto (VPN) se define como el flujo de beneficios netos (beneficios brutos menos costos totales) generados a lo largo de un período de tiempo y que son expresados en valores actuales, a través del uso de una tasa de descuento, que en este estudio es del 12%³ para proyectos implementados en Colombia y de 10% para aquellos implementados en otros países. El VPN se puede definir de la siguiente manera:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{\text{Beneficios Totales}_t - \text{Costos Totales}_t}{(1+r)^t}$$

La relación “beneficio/costo” (B/C) se entiende como el cociente entre el flujo de beneficios que ha generado una innovación desde el año 1 hasta el año en el que se produce la evaluación y el flujo de costos incurridos en el mismo período. En ambos casos, beneficios y costos totales a lo largo del tiempo son ajustados utilizando la tasa de descuento mencionada anteriormente. Al utilizarse para este cálculo una tasa de descuento, en la práctica, los costos que se incurren durante la vida del proyecto tienen un mayor peso comparado

con el flujo de beneficios que se generan a más en el largo plazo, luego de la finalización del proyecto. Así, la relación beneficio/costo utilizando tasas de descuento tiende a ser menor que una relación beneficio/costo cuando no se considera dicha tasa de descuento. Una relación beneficio/costo mayor a 1 indica que el flujo de beneficios totales generados por la innovación excede todos los costos asociados al desarrollo de la innovación. La relación beneficio/costo se define como:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{\text{Beneficios Totales}_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{\text{Costos Totales}_t}{(1+r)^t}}$$

La tasa interna de retorno (TIR), también conocida como la tasa interna de rentabilidad, se define como la tasa de descuento que iguala los flujos de beneficios y costos asociados al desarrollo y adopción de una innovación. La fórmula de la cual se deriva la TIR es:

$$\sum_{t=1}^n \frac{\text{Beneficios Totales}_t - \text{Costos Totales}_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

3. En Colombia, se sugiere normalmente el uso de la tasa de descuento del 12% para proyectos sociales, que es calculada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP). Otros países no cuentan con una tasa sugerida, por lo que se usa la tasa estándar internacional del 10%.



En el contexto de la evaluación de impacto de los proyectos FONTAGRO, la manera más rigurosa de implementar el método de excedentes económicos fue utilizar las mejores estimaciones de cada uno de los parámetros del modelo. En seis de los siete estudios con condiciones para realizar una evaluación *ex post*, se utilizó el modelo de excedentes económicos. El estudio preliminar de evaluación *ex ante* incluido en este informe también utilizó el mismo enfoque metodológico. Finalmente, en un solo caso de los estudios de evaluación *ex post* no fue posible el uso del modelo de excedentes económicos por ser un proyecto piloto y con poca evidencia de un escalamiento importante. En este caso, utilizamos una metodología estándar beneficio/costo con datos de productividad, ingresos y costos proporcionados por los participantes del proyecto. En la siguiente sección, se detalla el tipo de datos e información que se utilizó para la estimación del excedente económico y el resto de los indicadores en cada uno de los proyectos.

Recopilación y análisis de datos por caso de estudio

En este estudio, los indicadores claves que se utilizaron en el análisis de evaluación de resultados e impacto fueron:

- (i) el nivel de adopción de la innovación agropecuaria (observada para *ex post*, proyectada para *ex ante*),
- (ii) el cambio en rendimientos del cultivo (que representa el efecto de la innovación en los rendimientos a nivel de finca),
- (iii) la probabilidad de éxito de la innovación analizada,
- (iv) la elasticidad de oferta y de demanda esperada en la innovación⁴,

(v) el precio inicial de los productos o cultivos en evaluación al momento del lanzamiento de la innovación, y

(vi) el precio de los productos o cultivos al 2017, después de unos años de uso de la innovación por parte de los productores agropecuarios y el nivel de producción del cultivo o producto antes de haberse diseminado la innovación.

La información sobre estos indicadores de resultado e impacto se recolectó, cuando estuvo disponible, de los informes técnicos finales y de fuentes secundarias (como literatura vinculada a los proyectos, datos de seguimiento posteriores a la finalización de ellos, comunicaciones personales con los participantes y estadísticas, entre otros). En el Anexo I, se describe en detalle el tipo de datos que se utilizaron en cada uno de los ocho casos seleccionados para evaluación y su fuente de información.

Recopilación de resultados y logros

Durante el estudio, se recopilaban los principales resultados y logros de los proyectos según los informes técnicos finales presentados a la finalización de cada proyecto. En algunos casos, se decidió considerar el texto provisto en tales informes y, en otros, se realizó una síntesis de estos. En cada uno de los casos, se presenta al pie de página el código de la operación con un vínculo a la página del proyecto en el sitio de Internet de FONTAGRO, en donde podrán encontrarse los informes técnicos finales completos y otra información complementaria.

4. Las elasticidades de oferta y de demanda se refieren a los cambios que se esperan en la cantidad ofertada o la cantidad demandada ante cambios en el precio del producto o cultivo en evaluación.



Capítulo III. Resultados *ex post* de los casos de estudio

Aspectos generales

Los proyectos inicialmente preseleccionados para la evaluación comprendieron una inversión total de US\$49,56 millones, de los cuales FONTAGRO cofinanció US\$13,10 millones, US\$3,83 fueron aportados por otras agencias y el resto por aportes de contrapartida de las instituciones participantes (US\$32,62 millones) (**Gráfico 1** y **Gráfico 2**). Los proyectos fueron agrupados según el tipo de investigación en cuatro categorías: básica, aplicada, adaptativa y estratégica. Sin embargo, es importante destacar que, aunque los proyectos puedan inicialmente ser clasificados en una categoría en particular, estos pueden generar aportes en las otras.

Del grupo de proyectos preseleccionados, el 65% se clasificaron como investigación básica y, por lo tanto, están enfocadas especialmente en la generación de conocimiento científico básico. En esta categoría, hay proyectos como la evaluación, identificación y selección de materiales genéticos resistentes, la caracterización de genotipos y estudios por zonas geográficas, entre otros. Esta característica puso desafíos a la evaluación por la necesidad de continuar el seguimiento al desarrollo científico y la posterior diseminación de la tecnología.

Los proyectos adaptativos y aplicativos corresponden al 13% y 11%, respectivamente, y refieren a aquellos que utilizan conocimiento científico básico para aplicarlo a determinadas soluciones tecnológicas promisorias y/o adaptan tal conocimiento a algún contexto en particular. Ejemplos de este tipo de

proyectos son las estrategias para la producción de semilla limpia, el manejo integrado del cultivo, y las variedades mejoradas testeadas en condiciones de campo, entre otros. Aquí encontramos proyectos como “Innovaciones tecnológicas y mercados diferenciados: Papas nativas” y “Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: Innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos”.

El 11% restante corresponde a los proyectos de carácter estratégico, y refieren a aquellos cuyo objetivo contribuye a resolver problemas que son clave para un sector, país o región; y tiene como fin facilitar el diseño de políticas. Un ejemplo de esta categoría es el proyecto “Estrategia de innovación tecnológica para mejorar la productividad y competitividad de cadenas producto para América Central y República Dominicana (PRESICA)”.

Gráfico 1. Participación en los recursos aportados (*).

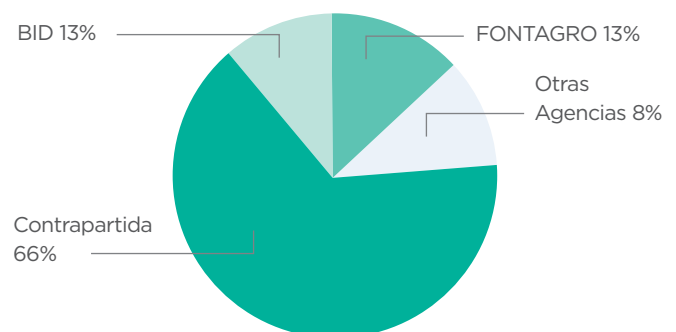
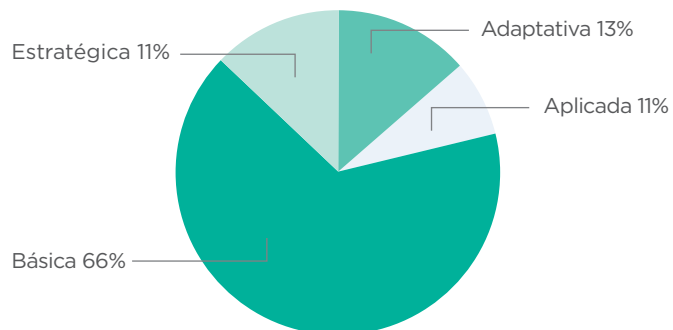




Gráfico 2. Distribución de proyectos según tipo de investigación.



Fuente: Elaboración propia. Nota (*): Refieren a cifras provenientes únicamente del grupo de proyectos analizados.

Las estimaciones de resultados *ex post* de los proyectos evidencian que se han generado beneficios económicos que, en su mayoría, superaron a la inversión realizada. En total, los siete proyectos evaluados alcanzaron beneficios económicos por US\$83.753.240 (**Cuadro 1**). Estos beneficios superaron a la inversión total realizada por FONTAGRO y sus socios entre los años 1998 a 2009⁵, que fue de US\$61,740,30. Sin embargo, este beneficio aún podría ser mayor si se consideran los siguientes aspectos: i) que en algunos proyectos solo fue posible la evaluación de uno de los varios componentes y actividades de este, y ii) que solo se realizó la evaluación en uno o algunos países participantes (pero no en todos). Por otro lado, también es necesario destacar que, en los beneficios totales estimados, FONTAGRO participó con un porcentaje de atribución, ya que otras instituciones también aportaron fondos antes o después del cofinanciamiento de FONTAGRO y, por tanto, parte de tales beneficios deberían ser atribuibles a ellas. Este porcentaje de atribución no ha sido estimado en este estudio.

5. Este período corresponde a los proyectos evaluados en este estudio.



Cuadro 1. Ocho casos de proyectos evaluados con la metodología de excedente económico.

ID Propuesta	Periodo de Ejecución	Título	Inversión total	Valor presente neto (VPN)	Relación beneficio/costo	TIR (%)
ATN/SF-6486-RG 22/98	1998-2002	Desarrollo de productos de camote en América Latina	970.000	19.192.934	30,6	39,9
FTG/RF-0513-RG	2005-2010	Innovaciones tecnológicas y mercados diferenciados para productores de papa nativa	1.066.405	204.257	1,5	(*)
CGIAR # 0605/06	2006-2010	Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos	621.216	703.734	2,3	87,2
CGIAR # 0604/06	2006-2011	Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papa de los agricultores de bajos recursos en las regiones Andinas de Bolivia, Ecuador y Perú	900.000	2.101.837	3,7	36,7
CGIAR #7027	2007-2010	Red de innovación de investigación y desarrollo: hacia la diseminación eficiente y mecanismos de impacto pro-pobre con nuevas variedades de papa en la zona Andina	1.123.594	52.185.897	13	314,1
ATN/SF-10914-RG	2007-2012	Desarrollo de bioinsumos para la producción sostenible de hortalizas con pequeños agricultores para una soberanía alimentaria en los Andes	924.400	1.085.739	2,4	33,5
ATN/OC-12302-RG	2009-2014	Cadenas producto para Centroamérica y República Dominicana	1.533.458	508.842	1,4	16,4
Subtotal evaluación ex post			7.139.073	75.983.240		
FTG/RF-0616-RG (**)	2007-2010	Productores de lulo y mora competitivos mediante selección participativa de clones élite y manejo integrado	973.355	7.770.000	4,6 (***)	33
Total			8.112.428	83.753.240		

Notas: (*) No fue posible calcularlo a partir de la información disponible. (**) Análisis ex-ante. Fuente: Clements y otros (2017). (***) Estimación propia a partir de información reportada en el artículo.

A continuación, se presenta una breve descripción de cada proyecto, indicando los principales resultados y el beneficio económico generado.



CASO 1. Desarrollo de productos de camote en América Latina (1998-2002)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Argentina, Perú y República Dominicana⁶, con un presupuesto total de US\$970.000, de los cuales US\$250.000 fueron aportes de FONTAGRO y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y contó con la cooperación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, el Instituto de Investigación Nutricional (INN), el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) de Perú, y la Universidad ISA y el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) de República Dominicana.

Este proyecto tuvo dos **objetivos claves**. Por un lado, identificar variedades de camote (*Ipomoea batatas*) con aptitud para consumo humano, animal e industrial y, por el otro, desarrollar nuevos productos para mejorar las dietas infantiles y animales, y evaluar el efecto de algunos procesos poscosecha en la calidad de las raíces. Se realizaron diversas actividades como evaluación de variedades en los tres países, conforme a los destinos comerciales y de agregado de valor. Específicamente, se realizaron las siguientes actividades: i) identificación de variedades de camote para procesamiento, ii) desarrollo de tecnologías poscosecha para el mercado de exportación, iii) desarrollo de papillas alimenticias para niños de 6 meses a 3 años de edad, y iv) obtención de cultivares doble propósito y otros

con destinos industriales. Según el reporte final de este proyecto:

- En **Argentina** se encontró que las variedades introducidas Morado Maraví (Ecuador) y Satsumahikari (Japón) superaron a la variedad local Morada INTA en rendimiento y en contenido de materia seca a los 150 días del cultivo. Estas tres variedades, junto con “Arapey” (variedad introducida desde Uruguay) tuvieron aptitud para consumo fresco y procesamiento industrial (por ejemplo, en la alta calidad de hojuelas fritas). Otros clones (BGC197 y BGC104) presentaron alto rendimiento y contenido de materia seca a los 90 días, mientras que los clones EC 161 INTA y EC 157 INTA presentaron rendimientos de follaje mayores a Morada INTA (113.4 y 84.6 vs 73.7 t/ha), aunque menor porcentaje de materia seca (9.4% y 9.9% vs 11.3%). Las ganancias de peso diarias de los vacunos fueron mayores con EC 161 y EC 157 que con Morada INTA (227 g y 215 g vs 157 g), debido a su mayor cantidad de proteína bruta y menor cantidad de fibra detergente neutra.

- En **República Dominicana**, se encontró que la variedad Forrajera (introducida desde Perú) superó a las variedades locales Montecarlo, Manecera y Copelá en productividad de materia seca de raíces (10.5 vs 7.7, 7.2 y 5.0 kg/10 m², respectivamente). No obstante, rindió menos en follaje seco que las dos últimas (4.0 vs 3.5, 4.5

6. Código de proyecto: ATN/SF-6486-RG (propuesta #22/98).



y 5.6 kg/10m², respectivamente). La frecuencia del corte del follaje afectó directamente la producción de raíces, pero no la de follaje.

- En **Perú**, se han seleccionado cinco clones promisorios de doble propósito (consumo humano y animal) de la colección de germoplasma del CIP. A los 75 días, permitieron obtener follaje, y a los 150 días, follaje y raíces, permitiendo mayores ingresos por la venta de estas últimas y ofreciendo mayor disponibilidad de forraje para uso animal. **Por otro lado, en el 2001 se liberó la variedad Huambachero, con aptitudes para diferentes usos, y fue rápidamente aceptada por agricultores y consumidores.** Además, se han identificado más de 50 clones promisorios con una productividad entre 9 y 20 t/ha de materia seca de raíces, la mitad de los cuales fueron producidos in vitro libre de patógenos y, por tanto, disponible para su distribución internacional. Envíos de variedades al INTA Nicaragua y CLAYUCA-CIAT (Colombia) han tenido un impacto significativo. Se produjeron más de 125.000 semillas, de las cuales el CIP ha empleado el 15% y distribuido el resto.

La variedad local Huachano fue mejorada genéticamente para incrementar la calidad de su harina, con fines de uso en panificación u otra industria. Se estableció un procedimiento más corto (dos meses) para producir plantas través de la organogénesis, en comparación a los seis empleados convencionalmente para embriogénesis somática de este cultivo. En cuanto al uso del camote en alimentación animal, la Universidad ISA de República Dominicana determinó que la harina de raíces de camote puede sustituir hasta el 80% del maíz en dietas para ovinos de engorde, sin detrimento del rendimiento y calidad de la carne. El CIP encontró que la incorporación de camote entre el 25% y el 50% incrementa la producción de leche con un mínimo uso de concentrado. También se encontró que la harina de camote puede



Camote INIA 306 - Huambachero nueva variedad de camote morado. 2001. Recuperado de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/719>.



Degustación de platos preparados con Huambachero el día de su liberación.

emplearse satisfactoriamente para complementar las dietas de tilapias (10%) y pollos (<30%).

El CIP y el INN desarrollaron una “papilla” (harina enriquecida) instantánea para niños a base de camote (variedad Huambachero). Se realizaron pruebas de aceptabilidad y estudios de mercado con resultados favorables. Se comprobó que existió una predisposición para el consumo de camote en la población infantil, principalmente en forma sancochada y aplastada, llamada “papilla casera”.

La evaluación implementada se centró en el análisis de resultados generados por una de las actividades de investigación del proyecto, pero solo en Perú. Se trata de la adopción de la variedad INIA 306 Huambachero liberada en el 2001, y que



rápida-mente fue adoptada por los productores, llegando al 2003 a más del 50% del área cultivada del valle de Cañete (Perú)⁷. Esta variedad fue seleccionada a partir de material genético nativo colectado en 1996 en el valle de Huacho, y fue evaluado su comportamiento bajo diferentes condiciones durante varios años. Esta variedad de camote, presentada como una alternativa al proceso de generación de las variedades tradicionales que ofrecían bajos rendimientos alcanzó incrementos en los rendimientos del 20% (8 toneladas/hectárea).

Este análisis utilizó datos correspondientes a costos, beneficios y adopción de esta nueva variedad que se obtuvo a partir de revisión de literatura asociada e información suministrada por los investigadores del proyecto. El nivel de adopción se estimó a partir de información proporcionada por investigadores del CIP. Se estima que actualmente en la costa peruana se siembran alrededor 7.500 hectáreas de la variedad de camote INIA-306 Huambachero. Se trabajó bajo el supuesto de que los costos de producción son constantes para todas las variedades, por lo tanto, la ventaja de Huambachero es en rendimiento. Adicionalmente, se utilizó información sobre los niveles de producción y precios reportados por el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) en la plataforma de Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA) y el sistema de abastecimiento y precios.

“Se estima que por cada dólar invertido en el desarrollo y difusión de la variedad INIA-Huambachero se han generado 30,6 dólares, alcanzando unos beneficios económicos por un valor presente neto de US\$19 millones”.

Los resultados obtenidos muestran que la adopción de la variedad de camote INIA-306 Huambachero generó beneficios económicos, con un valor presente neto de US\$19.192.934, que implica una relación beneficio/costo de 30,6 dólares, y una TIR del 39,9%.

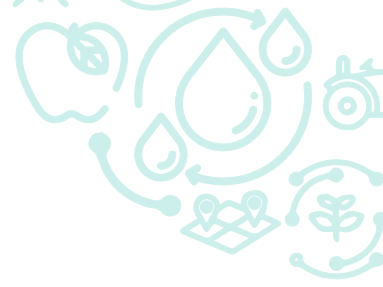
Debe aclararse que el desarrollo de la variedad INIA Huambachero se inició en 1991 como parte de una iniciativa liderada por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) (Fonseca, Zuger, Walker y Molina, 2002), por lo que todos los beneficios no pueden atribuirse al proyecto FONTAGRO. La información disponible indica que este proyecto habría contribuido con alrededor del 53,7% de la inversión requerida, por lo que alrededor de US\$10,32 millones podrían atribuirse al proyecto cofinanciado por FONTAGRO.

PRINCIPALES PRODUCTOS:



- Variedad de Camote Huambachero liberada en 2001 en Perú.
- Clones promisorios identificados para alimentación humana y animal.
- Papilla instantánea a base de camote para niños, desarrollada cumpliendo con las reglamentaciones del Ministerio de Salud del Perú.

7. Comunicación personal con redes de referencia.



CASO 2. Innovaciones tecnológicas y mercados diferenciados para productores de papa nativa (2005-2010)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Colombia, Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela con un presupuesto total de US\$1.066,405, de los cuales US\$500.000 fueron aportados por FONTAGRO y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP) de Ecuador y contó con la cooperación de cinco organizaciones más: la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) de Bolivia, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA, ex CORPOICA) de Colombia, el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA) de Perú, Soluciones Prácticas (ITDG) de Perú, y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de Venezuela⁸.

El **objetivo** fue desarrollar innovaciones tecnológicas y oportunidades de mercados diferenciados para el aprovechamiento de la biodiversidad de papas nativas y contribuir a mejorar la calidad de vida de pequeños productores altoandinos. Como **objetivos específicos** se buscó además: (i) caracterizar la diversidad de papas nativas por atributos especiales, que agregan valor por el uso en procesamiento industrial y la gastronomía regional andina, (ii) desarrollar y promocionar productos con valor agregado para mercados diferenciados considerando atributos especiales

de las papas nativas, (iii) desarrollar innovaciones tecnológicas de producción y poscosecha para incrementar la oferta biodiversa de papas nativas en forma oportuna y duradera, y (iv) fortalecer organizaciones de productores de papas nativas para la comercialización y el fomento de cultura empresarial.

Dentro de los principales resultados, se realizó la caracterización de la diversidad de papas nativas analizándose un total de 573 cultivares por atributos que agregan valor al uso industrial y gastronómico, en Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Las caracterizaciones se realizaron sobre aspectos morfológicos, organolépticos, funcionales, de uso industrial y gastronómico. Se establecieron “jardines o parcelas de caracterización” en varias localidades de cada



Agricultores CONPAPA - Chimborazo y técnicos del INIAP en cosecha de la variedad INIAP-Yana Shungo.

8. Código de proyecto: FTG/RF-0513-RG.



uno de los países. Estas parcelas cumplieron el rol de preservación, multiplicación de las papas nativas y, además, sirvieron para impartir capacitación. Se publicó un catálogo de papas nativas por país. Con la participación de expertos gastronómicos, se efectuaron eventos culinarios que permitieron la elaboración de recetarios por país y uno regional.

Al mismo tiempo, desde el lado organizacional, en cada país se fue trabajando con organizaciones de pequeños productores familiares, para integrarlos a la cadena de valor, y así lograr un mejor precio, por un producto que hasta entonces era desechado. Se realizaron mesas de negocios para producto fresco y procesado, y se invitó a todos los actores de la cadena, tanto desde el sector privado como público. Estos resultados iniciales permitieron el desarrollo y promoción de un nuevo mercado para las papas nativas, específicamente, se logró un mercado diferenciado tanto local (restaurantes gourmet y hotelería) como internacional.

El proyecto generó innovaciones tecnológicas que mejoraron la productividad, como la poscosecha de papas nativas. Resultados del proyecto indican que los rendimientos se incrementaron un 20% y se mejoró la calidad de los tubérculos, lo cual permitió acceder al mercado interno con mejores precios. En Colombia, se logró aumentar la disponibilidad de variedades de papas nativas,

“El proyecto generó innovaciones tecnológicas que mejoraron la productividad, como la poscosecha de papas nativas. Resultados del proyecto indican que los rendimientos se incrementaron un 20% y se mejoró la calidad de los tubérculos, lo cual permitió acceder al mercado interno con mejores precios”.



Agricultores CONPAPA promoviendo las papas nativas en la feria tecnológica en Guranda - Bolívar. Fuente INIAP.

teniendo mayor reconocimiento en el mercado hotelero. En Ecuador, el uso de semilla de calidad permitió alcanzar incrementos de rendimiento de hasta 20%. A su vez, las asociaciones de productores tomaron contacto con restaurantes gourmet y el sector hotelero, quienes mejoraron el precio pagado a los productores. En Perú, las innovaciones tecnológicas en producción y poscosecha contribuyeron a mejorar los rendimientos en 24%. Esto, sumado al reconocimiento por el mercado de este producto, promovió la organización de dos asociaciones de productores: Nuevo amanecer (en Quisisni) y la Asociación de conservacionistas y productores de papa nativa (ACOPPNA, en Canchis). El proyecto benefició, en forma directa e indirecta, a alrededor de 4.500 productores.

El análisis económico de resultados de este proyecto se centró en evaluar los beneficios recibidos por los pequeños agricultores de papa nativa de Ecuador y Perú, que resultaron del procesamiento de hojuelas fritas de colores que ya han sido ampliamente aceptadas en el mercado de estos dos países. El análisis de evaluación se basó en datos de costos y beneficios estimados a partir de información suministrada por los investigadores del proyecto. Del análisis se obtuvo:



• En Ecuador, después de la culminación del proyecto, el Consorcio de Pequeños Agricultores de la Sierra Ecuatoriana (CONPAPA) en sociedad con INALPROCES dieron continuidad al cultivo y venta de papa nativa. En total, 70 productores con un área estimada de 21 hectáreas producen alrededor de 300 toneladas de papa por año, mientras que tradicionalmente la producción de papa nativa alcanzaba 6.75 toneladas por año. Por otra parte, durante el período 2011-2017 se han generado en promedio 1,265 empleos directos (jornales/año), los planes de siembra de papa nativa se han incrementado a una tasa anual promedio de 39.8%, y la empresa INALPROCES al 2017 ha generado 70 empleos directos entre puestos administrativos y operativos para el procesamiento y producción de las hojuelas fritas de colores. **Los resultados del análisis de evaluación muestran que, durante el período 2011-2017, el cultivo de papa nativa para la producción de hojuelas de colores generó beneficios económicos a los productores por US\$144.880 con una relación beneficio/costo de 1,72 dólares.**

• En Perú, la Asociación de Productores Agropecuarios para la Industria Andina (AGROPIA), constituida en el marco del proyecto, creció durante los últimos años, exportando sus productos a Francia, Bélgica, España, Holanda, Alemania y Estados Unidos. Esto benefició a alrededor de 120 pequeños agricultores que

al 2018 producen aproximadamente 360 toneladas de papa nativa. AGROPIA cuenta con la Certificación Orgánica bajo las normas europeas, de Estados Unidos (NOP) y de Alemania (NATURLAND). También cuenta con la Certificación de Comercio Justo y Responsabilidad Social por ECOCERT, NATURLAND y SPP (Sello de Pequeños Productores). Además, recibió el Galardón Arqueros de Oro. Se destaca que los productores involucrados en este proyecto se han beneficiado no solo por la capacitación y apoyo en manejo del cultivo, sino también por mejores precios. **Los resultados del análisis muestran que durante el período 2009-2017, como consecuencia de la siembra de papa nativa para la producción de hojuelas de colores, los productores de la muestra analizada han obtenido beneficios económicos de US\$59.377 con una relación beneficio/costo de 1,25 dólares.** Se destaca que estos resultados solo corresponden a los ingresos recibidos por los agricultores que están destinando su producción a las empresas INALPROCES (Ecuador) y AGROPIA (Perú).

En resumen, lo presentado anteriormente es un resultado parcial de una porción de los resultados del proyecto. La dificultad de acceder a información posterior limitó la estimación completa de los resultados del proyecto en todos los países que participaron de esta iniciativa.

PRINCIPALES PRODUCTOS:



- Catálogo de papas nativas por país.
- Nuevos productos elaborados: hojuelas fritas de colores de papa.
- Estrategia de manejo integrado del cultivo
- Variedades mejoradas de papa nativa: INIAP-Yana Shungo (Ecuador 2011), INIAP- Puca Shungo (Ecuador 2011).



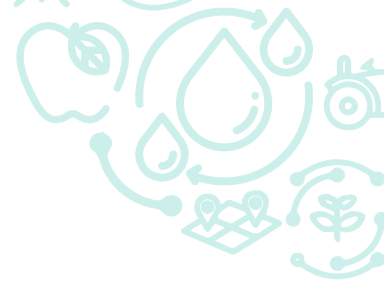
CASO 3. Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos (2006-2010)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Colombia, Ecuador y Venezuela con un presupuesto total de US\$621.216, de los cuales US\$300.000 fueron provistos por el Banco Mundial y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y contó con la cooperación de otras cuatro organizaciones: el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de Venezuela, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) de Ecuador, y la Federación Nacional de Plataneros de Colombia (Fedeplátano)⁹.

El proyecto buscó desarrollar e implementar alternativas tecnológicas para la producción de semilla y el manejo del cultivo de plátano. Específicamente, se buscaron tres **objetivos**: (i) desarrollar e implementar la producción rápida y limpia de colinos (brotes) de plátano, (ii) implementar, mediante la participación de agricultores, investigadores y empresarios, el uso del lixiviado de compost de residuos de cosecha y otras prácticas ecológicas para el control del Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*, hongo patógeno) y el Moko o Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) bajo diferentes sistemas de producción, y (iii) validar y ajustar el control biológico de picudos (*Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus* y *Rhynchophorus palmarum*) con agricultores y empresas líderes productoras de entomopatógenos.

Entre los logros más destacados de esta iniciativa, se destaca el desarrollo e implementación de producción rápida y limpia de colinos de plátano. Para ello, se instalaron cámaras térmicas que permitieron la propagación masiva de semilla de plátano y la realización de estudios sobre plagas y enfermedades (picudos, nematodos y *Ralstonia solanacea* rum). Se instalaron 12 cámaras térmicas: 6 en Colombia (Fedeplátano, CIAT, U. Caldas, Chinchiná y La Tebaida), 4 en Ecuador (2 en ESPOL, en El Empalme y Bucay), y 2 en Venezuela (INIA Yaracuy y en finca de productor). Técnicos de Ecuador y Venezuela se capacitaron para implementarla en dichos países. También se evaluaron métodos y productos para la inducción de la brotación del cormo, que permitiera incrementar la producción de semilla limpia. Se testeó un producto orgánico (Biol) en Ecuador, y asociaciones de productores comenzaron a propagar semilla limpia en Venezuela (Asociación Civil Macagua-Jurimiquire) y en Colombia (del Quindío, Caldas, Risaralda, Valle y Cauca). Respecto a la propagación masiva de genotipos para abastecer la demanda de semilla limpia, se lograron 2 genotipos en Ecuador, 5 genotipos en Venezuela, y 5 genotipos en Colombia. El proyecto difundió en Ecuador, Venezuela y Colombia la construcción de un sistema artesanal de producción de lixiviado a partir del compostaje de residuos de cosecha del plátano (raquis, pseudotallos u hojas). Se crearon 18 estructuras en fincas de productores de Ecuador, 4 en Venezuela, y más de 100 ramadas artesanales en Colombia. Este lixiviado se empleó en aspersiones foliares y/o aplicaciones al suelo, para evaluar su efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como

9. Código de proyecto: CGIAR #0605/06.



también en el manejo de enfermedades como Moko y Sigatoka negra. Se encontraron resultados preliminares promisorios respecto al efecto del lixiviado sobre el aceleramiento del compostaje y la producción de plantas más vigorosas. Este nuevo desarrollo fomentó la participación de empresas de bioinsumos en Ecuador y Colombia. Técnicos y agricultores de los tres países se capacitaron en la construcción de ramadas. En el proyecto, se evaluaron diferentes genotipos de plátano por su resistencia a picudos, Sigatoka y Moko, con criterios de adaptabilidad, productividad y aceptación de los mercados. Los estudios arrojaron información clave sobre el comportamiento de 26 genotipos en Ecuador, en Venezuela, y en Colombia. Durante toda la implementación del proyecto, se fortalecieron capacidades de 900 agricultores y técnicos, en las estrategias nuevas de manejo del cultivo de plátano, producción de semilla limpia y de lixiviado de raquis, como biofungicida y biofertilizante.



Adaptación de plantas de plátano de vivero.

El análisis de resultados económicos de este proyecto abarcó solo los resultados generados por la multiplicación y adopción de semillas de plátano a partir del sistema de cámara térmica (termoterapia) e implementado únicamente en el departamento de Quindío (Colombia), que refieren al primer objetivo específico del proyecto. Este objetivo tenía además cuatro metas: (a) desarrollo e instalación y operación de cámaras térmicas, b) generar disponibilidad de semilla para productores, c) realizar análisis de plantas madre y plántulas para presencia de patógenos, y d) multiplicación de 5 genotipos comerciales.

Con respecto a la primera meta, los sistemas de termoterapia produjeron material de siembra sano y en grandes cantidades a partir de un solo cormo. Fedeplátano y CIAT diseñaron una estructura de cubierta plástica con sistema automatizado, para la propagación masiva de semilla de plátano y la realización de estudios de semilla limpia de plátano. Técnicos de Ecuador y Venezuela se capacitaron

Al 2017, se han logrado distribuir en el departamento del Quindío alrededor de 6.500.000 semillas de plátano producidas en cámara térmica.

para implementar esta tecnología en dichos países. Se instalaron dos cámaras en CIBE - ESPOL, dos en El Empalme y Bucay (Provincia del Guayas) en Ecuador, una cámara la sede del INIA Yaracuy, una en finca de productor en Venezuela, y cuatro cámaras en Colombia (en CIAT, Universidad de Caldas, Chinchiná y La Tebaida).

Respecto a la segunda meta, se realizaron evaluaciones de métodos y productos para la inducción de colinos (brotes) que permitiera incrementar la producción de semilla limpia; esta semilla ha sido suministrada principalmente a asociaciones de pequeños y medianos productores. El proyecto logró desarrollar en Ecuador un producto orgánico (BIOL) efectivo para inducir mayor número de colinos (brotes), en Venezuela una asociación de productores propagó semilla (Asociación Civil Macagua-Jurimiquire), y en Colombia se logró un sistema de propagación masiva de semilla limpia que benefició a los productores del Quindío, Caldas, Risaralda, Valle y Cauca.

En la tercera meta, el proyecto realizó análisis de presencia de patógenos en plantas madre y plántulas, que fueron expuestas a condiciones de cámara térmica, y se logró un estudio de limpieza de semilla para Ecuador, un método de diagnóstico desarrollado para *R. solanacearum* y *Erwinia sp.* (CIAT), y otro para nematodos y picudos (Universidad de Caldas) en Colombia.



La cuarta meta incluyó la multiplicación de cinco genotipos comerciales, especialmente para lograr la propagación masiva y abastecer la demanda de semilla limpia a los productores. Se lograron en Ecuador dos genotipos en multiplicación (variedad Barraganete, Provincia del Guayas, y la variedad Dominico, Provincia de Manabí), cinco genotipos comerciales en Venezuela (Hartón, Cambur manzano, Yagambi km5, FHIA02, FHIA03 en INIA Yaracuy), y cinco genotipos comerciales en Colombia (Dominico, Dominico-Hartón, Hartón, Gross Michel, Gross Michel Coco, en La Tebaida y Chinchiná).

Este sistema de cámara térmica demostró ser capaz de multiplicar entre tres y ocho colinos más por cormo en comparación con el método convencional que se utilizaba. Además, el uso de esta semilla limpia generó un incremento promedio en los rendimientos del 25% y una reducción aproximada del 15% en los costos directos de producción de los agricultores, en comparación con los resultados obtenidos de la siembra de semillas tradicionales (dado el menor uso de agroquímicos y la menor duración del ciclo).

El análisis realizado de excedente económico ex post se basó en datos correspondientes a costos, beneficios y adopción de esta tecnología que se obtuvieron a partir de información suministrada por los investigadores del proyecto. Los costos considerados en el análisis incluyen los costos variables en los que incurre el productor al acceder a semilla proveniente de cámara térmica en lugar de la semilla tradicional. El nivel de adopción se



Conducción de brotes con inductores de resistencia.

estimó a partir del total de semillas producidas en la cámara térmica del Quindío y que han sido distribuidas anualmente. Como supuesto se consideró, además, una densidad de siembra de 2.000 colinos (brotes)/hectáreas y renovación anual del cultivo con la nueva tecnología. Adicionalmente, se utilizó información sobre los niveles de producción y precios reportados por la Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano (Agronet).

Los resultados del análisis de evaluación ex post muestran que, durante el período 2008-2017, gracias a la implementación del sistema de termoterapia en la producción de semilla limpia de plátano, en la región del Quindío se generaron beneficios económicos de US\$703.734, con una relación beneficio/costo de 2,3 dólares y una TIR de 87,2%. Se destaca que, a pesar de que el análisis de resultado de este componente se centró en solo un país, los beneficios generados ya superaron toda la inversión hecha en el proyecto.

PRINCIPALES PRODUCTOS:



- Innovación en la producción de semilla de plátano a través de un Sistema de cámara térmica.
- Implementación de prácticas ecológicas para el control de Sigatoka y Moko.



CASO 4. Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papa de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú (2006-2011)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Bolivia, Ecuador y Perú, con un presupuesto total de US\$900.000, de los cuales US\$450.000 fueron provisto por el Banco Mundial y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. La iniciativa fue liderada por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y contó con la participación de otras dos organizaciones: el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador y la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) de Bolivia¹⁰.

La papa (*Solanum tuberosum*) es el principal alimento de los pobladores andinos. El gorgojo de los Andes (*Premnotrypes spp.*) y las polillas de la papa (*Phthorimaea operculella*, *Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora*) son las plagas claves que limitan la producción y la calidad de la cosecha en Bolivia, Ecuador y Perú. Las pérdidas causadas por estas plagas pueden llegar a más de 50% a campo y hasta 80% durante el almacenamiento; son pérdidas económicas de US\$500 a US\$1.000 por hectárea y año. Para controlar estas plagas, los agricultores utilizan tradicionalmente insecticidas muy tóxicos, lo cual pone en riesgo su salud y el medioambiente.

El **objetivo** de este proyecto fue mejorar los medios de subsistencia de los productores de papa de bajos recursos de la Región Andina,

buscando reducir las pérdidas económicas causadas por estas plagas y uso de pesticidas. Para ello, se desarrollaron e implementaron estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP) a fin de mejorar la competitividad del cultivo, favorecer los sistemas sostenibles de producción de papa, y en especial disminuir el riesgo de uso de pesticidas en la salud humana. El proyecto incluyó los siguientes **objetivos específicos**: (i) desarrollar herramientas de toma de decisiones para MIP, (ii) mejorar la eficacia de los enemigos naturales para evitar la infestación por parte de plagas, (iii) desarrollar intervenciones de manejo integrado de plagas (MIP) sostenibles basadas en el control biológico, control físico y atrácticas, y (iv) validar y adaptar nuevos componentes de MIP en investigación-acción (action research) con agricultores y reducir pérdidas económicas.



Barreras de plástico para el control del gorgojo de los Andes.

10. Código de proyecto: FTG/RF-0513-RG.



Para contribuir con una solución, el CIP, el INIAP de Ecuador y la Fundación PRONIPA de Bolivia lograron desarrollar una nueva estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP) con herramientas ecológicas que redujeron el uso de pesticidas que constituyen la práctica tradicional de los productores. Esta estrategia incluyó el uso de barreras de plástico, atraccidas (feromonas), el incremento de diversidad funcional y el uso del talco Bt (el CIP ha reformulado el *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*® - Btk en talco Bt para su uso durante el almacenamiento) para el control de polilla en el almacenamiento, que demostró ser tan efectivo como el control químico, con las ventajas adicionales de proteger a los enemigos naturales, el ambiente y la salud humana.

Entre otros resultados destacados, se cita el desarrollo de modelos fenológicos para las dos plagas (*Symmetrsichema tangolias* y *Tecia solanivora*); el desarrollo de un software Insect Life Cycle Modeling (ILCYM), herramienta para predecir el crecimiento potencial de poblaciones de plagas en diferentes agroecosistemas de papa, evaluar las zonas potenciales de riesgo en nuevas áreas de cultivo y predecir futuros cambios poblacionales debido al cambio climático (CIP, 2011). A la fecha, este modelo sigue siendo empleado y ha sido mejorado a través de fondos del BMZ/GIZ de Alemania. El proyecto incluyó el desarrollo de estrategias de control biológico de la polilla de la papa en Ecuador (*Tecia solanivora* Povolny). Si bien no se logró identificar ningún parasitoide en el lugar de origen (Guatemala), se consideró la introducción de otros parasitoides (*Apanteles subandinus* y *Orgilus lepidus*) del CIP Perú al Ecuador como alternativa. También se validaron otras actividades relacionadas a la búsqueda de enemigos naturales de estas plagas en diferentes ambientes de la Región Andina. El conocimiento generado en relación con la tecnología attract and kill permitió el desarrollo de dos productos (AdiosMacho-Po y AdiosMacho-

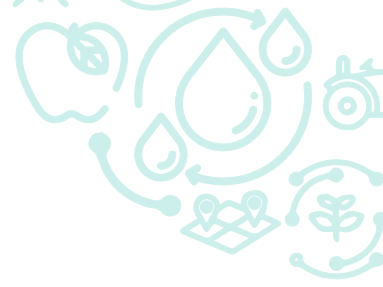


Parcelas experimentales de papa: A) Campo con estructura, B) Campo con policultivos con haba, maíz y papa en el valle del Mantaro, Junín, Perú C) Campo con bordes de *Brassica rapa* subsp. *campestris*.

St) para el control de polillas, cuyo registro fue aprobado el 20 de marzo de 2018 por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) de Perú. Con estos productos aprobados se espera beneficiar alrededor de 477.319 productores afectados en Bolivia, Ecuador y Perú, ya que podrán reemplazar las aplicaciones de insecticidas tradicionales, obteniendo mejores márgenes e ingresos por hectárea, e impactando positivamente la salud y el ambiente.

Durante el proyecto se evaluó la efectividad de los plásticos como barreras físicas para interferir la migración de los gorgojos entre lotes del cultivo. Luego de la validación a campo, resultados preliminares concluyeron que la nueva tecnología de uso de la barrera de plástico controló eficientemente la migración del gorgojo, lo cual redujo los daños de cosecha en 80% e incluso el costo e impacto ambiental. En los ensayos se estimó una reducción en el coeficiente de impacto ambiental (EIQ, por sus siglas en Inglés¹¹) pasando de 191,5/hectáreas en agricultores que emplean insecticidas a 32,86/hectáreas para aquellos que adoptan las barreras plásticas (CIP, 2011). Esta tecnología de barreras plásticas fue la práctica adoptada principalmente

11. El Coeficiente de Impacto Ambiental o Environmental Impact Quotient (EIQ) es un índice toxicológico y ambiental muy usado en la agricultura. Este índice fue construido para comparar el nivel de toxicidad y el impacto ambiental del uso de diversos pesticidas y para medir sus cambios cuando se reduce el uso de estos.



por productores de papa orgánica. De acuerdo con los ensayos realizados, se estimó una reducción de entre 2,6% y 12,7% en el total de tubérculos dañados, en comparación con aquellos agricultores que emplean insecticidas (manejo tradicional). El conocimiento obtenido con el desarrollo del proyecto permitió capacitar a más de 1.500 personas y difundir las nuevas tecnologías desarrolladas de MIP en Perú, Ecuador y Bolivia.

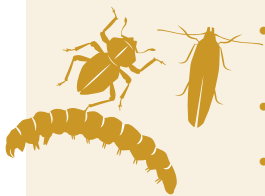
El análisis de resultados económicos ex post se basó en datos correspondientes a beneficios y adopción de esta tecnología que se obtuvo a partir de información suministrada por los investigadores del proyecto¹². El nivel de adopción se estimó a partir del total de agricultores que han participado en las diferentes actividades de difusión. Se trabajó bajo el supuesto de costos iguales entre alternativas, por lo que la ventaja es en rendimiento. Además, se utilizó información sobre los niveles de producción y precio reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés). **Los resultados obtenidos señalan que, durante el período 2012-2015, gracias a la implementación de barreras de plástico para el control del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes spp*), se han generado beneficios económicos de hasta US\$2.101.937;**

con una relación beneficio/costo de US\$3,7 y una TIR de 36,7%. Es necesario aclarar que estos resultados corresponden solo a uno de los resultados del proyecto en Perú, no incluyendo Ecuador y Bolivia; con lo que los beneficios totales podrían ser mayores.

Al 2015, se logró la instalación de 80 parcelas demostrativas en 68 comunidades ubicadas en ocho regiones del Perú.

Se destaca que en el año 2012 FONTAGRO apoyó la iniciativa “Sustitución de los insecticidas en el cultivo de papa” con un aporte total de US\$65.000, con el que se realizaron actividades complementarias de difusión en Perú, entre ellas, la instalación de las parcelas demostrativas. Esta ampliación del proyecto liderada por el CIP permitió también la conformación de la plataforma REDMIPAPA, la cual integra alrededor de 20 organizaciones realizando trabajo de investigación y desarrollo. El sitio de Internet¹³ de la red se encuentra activo y permite el acceso a información y materiales de capacitación, así como intercambio de experiencias. Al 2015 se habían realizado más de 11.000 descargas.

PRINCIPALES PRODUCTOS:



- Validación y difusión de la tecnología de barreras de plástico para el control de gorgojo de los Andes.
- Desarrollo del software Insect Life Cycle Modeling (ILCYM).
- Validación de atrácticas (attract and kill technology).

12. El análisis incluyó el relevamiento de los productos logrados por el proyecto, información brindada por los investigadores asociados, entre ellos el Dr. Jürgen Kroschel, y resultados generados por una de las actividades de investigación en Perú, específicamente la adopción de la tecnología de barreras de plástico.

13. REDMIPAPA: <https://research.cip.cgiar.org/confluence/display/MiPapa/Home>.



CASO 5. Red de innovación de investigación y desarrollo: hacia la diseminación eficiente y mecanismos de impacto pro-pobre con nuevas variedades de papa en la zona andina (2007-2013)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Colombia, Bolivia, Ecuador y Perú, con un presupuesto total de US\$1.123.594, de los cuales US\$500.000 fueron aportados por el Banco Mundial y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) y contó con la participación de otras siete instituciones: la Fundación “Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) de Bolivia, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), la empresa McCain de Productos Procesados, la Universidad Nacional de Colombia (UNAL) de Colombia, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Perú y la Alianza Cambio Andino (ACA)¹⁴.

El objetivo fue mejorar el bienestar de pequeños productores de papa por medio del acceso facilitado a tecnología de punta e integración a sistemas de innovación articulados a cadenas de valor. Los objetivos específicos fueron: i) lograr que actores de la cadena y del sistema de investigación, desarrollo y producción de papa en la Región Andina cuenten con acceso facilitado a germoplasma y procedimientos de evaluación estandarizados, ii) lanzar y liberar nuevas variedades y adoptar tempranamente esquemas innovadores de diseminación, difusión y promoción adaptados a múltiples necesidades y oportunidades, iii) promover tecnologías diversas, eficientes y económicamente viables de



Productores de la región andina.

producción de semilla (buscar desarrollar vínculos de interacción adaptados a sectores formales e informales y capacidades fortalecidas de los actores principales, incrementar la disponibilidad de semilla de calidad de nuevas variedades), iv) y promover la red de socios estratégicos y actores de cadenas de valor para que cuenten con un sistema de información y comunicación compartido.

Durante el proyecto, se fomentó la colaboración científica y multilateral entre los socios (programas nacionales, universidades, empresa privada y centros internacionales) y, al mismo tiempo, la cooperación técnica nacional entre los programas de mejoramiento y los usuarios de nuevas variedades de papa (agricultores, empresas). Se buscó incrementar la base genética de papa con materiales resistentes, de alta productividad, precocidad y calidad. Se realizó la distribución internacional de materiales y se logró la incorporación a los programas de mejoramiento local. De esta manera, los investigadores y

14. Código de proyecto: CGIAR #7027.



agricultores tuvieron la oportunidad de acceder en forma anticipada a nuevas variedades, mediante la selección varietal participativa (SPV). Se incrementó la disseminación de resultados a través de acciones combinadas, como el Enfoque Participativo en Cadenas Productivas (EPCP), las redes de parcelas demostrativas, catálogos comerciales nacionales de nuevas variedades y clones avanzados, estudios de impacto sobre disseminación informal en zonas montañosas, entre otros. Se desarrolló un sistema de producción de semilla limpia de papa que logró mayor eficiencia en la producción de semilla prebásica, con la instalación de unidades de aeroponía en tres de los cuatro países del proyecto. Se publicó un manual de aeroponía y más de 34 semilleros e investigadores fueron entrenados en este sistema. También se implementaron casos piloto de producción de semilla de calidad declarada y producción de un volumen considerable de semilla de nuevas variedades. Se han realizado estudios y la sistematización económica de las principales innovaciones de producción de minitubérculos. Muchas asociaciones de semilleros, en cada país socio, han fortalecido su capacidad de proveer semilla.

Durante el proyecto, se fomentó la colaboración científica y multilateral entre los socios (programas nacionales, universidades, empresa privada y centros internacionales) y, al mismo tiempo, la cooperación técnica nacional entre los programas de mejoramiento y los usuarios de nuevas variedades de papa (agricultores, empresas).

Por último, se entrenó a doce fitomejoradores en el uso de una plataforma de información de GIS - AMMI; se diseñó y lanzó la página de Internet Red LatinPapa donde se publicaron boletines InnovaPapa, se cuenta con el sistema

virtual de selección de materiales del CIP y un sistema de información sobre semilla de papa en América Latina. Además, se facilitó el acceso a otros materiales de capacitación, como el video en línea sobre tamizado para resistencia virus y múltiples fuentes de información. A continuación, se describen los logros por país e institución.

- En Perú, el CIP fortaleció el trabajo en red a nivel internacional con los cuatro países andinos. Se realizó la caracterización de nuevas fuentes de resistencia a patógenos, estudios de precocidad y estabilidad. Se continuó apoyando la selección participativa de variedades y se lograron al menos tres nuevas variedades aptas para liberarse. El CIP distribuyó más de 500 accesiones a los países del proyecto. Se realizaron estudios de impacto potencial de la adopción y difusión de variedades, como también el análisis económico de los sistemas de producción de semilla prebásica y el estudio sobre la producción de minitubérculos de papa bajo condiciones de aeroponía en Perú. Se realizaron talleres de entrenamiento a técnicos y productores y un curso internacional de producción de semilla de papa. También se elaboraron publicaciones, protocolos, materiales de capacitación, catálogo de variedades, los boletines InnovaPapa y otros a través del sitio web de la Red LatinPapa. Se emitieron 26 trabajos, como artículos para revistas científicas. Por otro lado, el INIA realizó evaluaciones de estabilidad para rendimiento y calidad de procesamiento de clones avanzados de papa. Instaló parcelas de comprobación en Cajamarca, Junín y Puno para la obtención de nuevas variedades (clones previamente identificados por selección participativa). Se liberaron tres nuevas variedades de papa durante el 2008-2011, y se seleccionaron nuevas variedades de papa resistentes a Tizón Tardío. INIA continuó con la producción de semilla



prebásica de nuevas variedades en aeroponía, así como con alianzas para la producción de semilla declarada QDS (Junín y Cusco). Se creó una base de datos de clones avanzados y variedades de papa a nivel nacional.



Productores de la región andina.

- En Bolivia, la Fundación PROINPA realizó la caracterización y selección agronómica, morfológica y por calidad culinaria, de clones avanzados y promisorios, y especialmente la selección participativa de cinco variedades potenciales de papa. Se instalaron parcelas en comunidades locales para la difusión de nuevas variedades, como también infraestructura de invernaderos de multiplicación de materiales de mejoramiento. Se realizó la difusión de nuevas variedades con agricultores semilleristas de Villa Flores (provincia Tiraque, Cochabamba), y se designó un Comité de Gestión para la fiscalización. Se diseñó una estrategia de difusión con actores de la cadena de valor. Entre los estudios, se destaca la realización de un análisis del consumo de papa en Cochabamba, y la elaboración de documentos técnicos científicos, como también el “Catálogo de nuevas variedades de papa en Bolivia”.

- En Colombia, AGROSAVIA logró la multiplicación de 25 clones avanzados del CIP, trabajando con socios nacionales (municipios, empresas, y agricultores). Se desarrollaron

experimentos para la evaluación de parámetros morfológicos y características de calidad industrial en alianza con la empresa Yupi Ltda. La selección participativa se realizó con pequeños agricultores. Además, se implementó el sistema aeropónico para producción de semilla de variedades selectas. Se elaboraron materiales de difusión de la variedad NOVA en colaboración con McCain. Se organizaron talleres y se elaboraron publicaciones y otros productos de conocimiento. Por otro lado, la Universidad Nacional de Colombia (UNC) realizó la multiplicación de clones en su programa de mejoramiento, conjuntamente con el CIP y PROINPA. La evaluación fue realizada en fincas de agricultores, y otros experimentos fueron nacionales e internacionales. Al menos dos materiales fueron propuestos para su liberación. Se concretaron alianzas con el sector privado para la producción de semilla prebásica de nuevas variedades. Se evaluaron cuatro variedades de papa criolla en localidades de Cundinamarca y Boyacá, en colaboración con la Corporación PBA y la Federación Colombiana de productores de papa (Fedepapa). Se publicó el catálogo “Variedades colombianas de papa” y otros estudios. La empresa McCain realizó la



Productores de la región andina.

selección de dos clones de los que multiplicó semilla, y realizó siembras semicomerciales, habiéndose gestionado el registro de prueba y evaluación agronómica (PEA) ante el ICA para



inscribirlos como variedades. Continuaron con los trabajos de evaluación de clones avanzados promisorios en parcelas de rendimiento, en algunos casos con participación activa de otros actores de la cadena de papa. Continuación de la alianza AGROSAVIA/McCain/CIP para la selección varietal en Colombia (que permitió la liberación de la variedad NOVA en el 2009).



Evaluación participativa con productores andinos.

- En Ecuador, el INIAP realizó evaluaciones participativas de clones promisorios de papa en Carchi y Tungurahua. Algunas variedades fueron identificadas con actores de la cadena. Entre otros logros, se generó una base de datos del germoplasma nativo y mejorado para la implementación del catálogo en Internet. Se alcanzó a incrementar el volumen de producción de semilla de las variedades lanzadas. Se realizaron estudios sobre soluciones nutritivas y efecto de microorganismos para la producción de tubérculo semilla en aeroponía.

- La Alianza Cambio Andino acompañó el proceso de selección participativa de variedades (SPV) a cinco consorcios de Perú y dos de Colombia. En el enfoque participativo, se incluyó a intermediarios, procesadores y supermercados, además de agricultores, y se dio énfasis a la capacitación. Se publicó un artículo sobre selección participativa sistematizada que facilitó la aplicación de la metodología a campo.

De acuerdo con los logros del proyecto y la información disponible al momento de este trabajo, el análisis se basó en la estimación del resultado económico generado en Perú, y solo para el caso de la multiplicación y adopción de semillas de papa producidas a partir del sistema de aeroponía propuesto. Los sistemas aeropónicos se caracterizan por producir semilla prebásica¹⁵ sin la necesidad de utilizar suelo o sustratos. Este sistema ha demostrado ser capaz de multiplicar de entre cinco a diez veces más tubérculos por planta a un menor costo, en comparación con el método convencional, además de generar un aumento de calidad y rendimiento final (Rodríguez, Chuquinllanquí y Mateus, 2018).

El presente análisis *ex post* se basó en datos correspondientes a los costos, beneficios y adopción de esta tecnología que se obtuvieron a partir de revisión de literatura asociada e información suministrada por los investigadores del proyecto. Los costos considerados en el análisis incluyen los costos fijos de las unidades de aeroponía con una vida útil de siete años y los costos variables para multiplicar semilla registrada en una primera etapa y semilla certificada en una segunda etapa.



Evaluación participativa con productores

Adicionalmente, se incluyen los costos en que incurre un productor comercial por usar la semilla certificada de papa en lugar de la semilla tradicional del tubérculo. El nivel de adopción de la semilla

15. La semilla prebásica es la primera generación de semilla de papa que se crea en ambientes controlados (invernaderos) a partir de plántulas de material limpio de enfermedades. Son también conocidos como minitubérculos



certificada se estimó a partir de la semilla prebásica obtenida en las unidades de aeroponía ubicadas en Perú y tasas de multiplicación conservadoras de semilla registrada (15 toneladas/hectárea) y de semilla certificada (25 toneladas/hectárea). Los niveles de producción y precio corresponden a los reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés).

Los resultados del análisis de evaluación de este componente del proyecto muestran que durante el período 2008-2017, gracias a la incorporación

Al 2018, se reportan 37 unidades de aeroponía instaladas en América Latina. 24 de ellas ubicadas en Perú con niveles de producción entre 766.500-941.500 minitubérculos por año.

de los sistemas de aeroponía en la producción de semilla de papa, se han generado beneficios económicos de US\$52.185.897, con una relación beneficio/costo de 13 y una TIR de 314.1%. Este análisis preliminar no incluye el resultado generado en el mercado de semillas de papa a consecuencia de la disminución en los costos de producción de la semilla por aeroponía y por la introducción de variedades mejoradas.



Producción de semilla por aeroponía en invernadero.

PRINCIPALES PRODUCTOS:



- Innovación en la producción de semilla de papa a través de un sistema aeropónico.
- Clones y variedades de papa mejoradas: INIA-321 Kawsay (Perú 2013), INIA-325 Poderosa (Perú 2014) e INIA-326 Shulay (Perú 2017).



CASO 6. Desarrollo de bioinsumos para la producción sostenible de hortalizas con pequeños agricultores para una soberanía alimentaria en los andes (2007-2012)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Bolivia, Colombia y Perú, con un presupuesto total de US\$924.400, siendo US\$461.500 aportados por el BID y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. El proyecto fue liderado por Fundación PROINPA (Bolivia) y contó con la participación de la Corporación PBA (Colombia) y el CIP (Perú)¹⁶.

La Región Andina se caracteriza por una importante diversidad de ecosistemas con diferentes condiciones climáticas y geomorfológicas que han generado una gran diversidad genética de microorganismos en el suelo. Sin embargo, estos ecosistemas están siendo amenazados por la degradación causada por el uso excesivo de agroquímicos, que afectan la productividad de cultivos y el medioambiente.

El objetivo de este proyecto fue investigar y desarrollar bioinsumos para contribuir a la producción agrícola sostenible, responsable, y de bajo costo. Los objetivos específicos fueron: i) desarrollar un banco de germoplasma de microorganismos nativos enfocado a la producción y uso de bioinsumos que permitan contribuir con el desarrollo de una agricultura libre de agroquímicos sintéticos, ii) adaptar y desarrollar técnicas ajustadas a las condiciones locales para la producción de biofertilizantes con microorganismos y abonos mejorados, para mejorar la fertilidad del suelo y los ingresos de los agricultores, iii) desarrollar y adaptar

técnicas ajustadas a condiciones locales para la producción de bioinsecticidas y biofungicidas sobre la base de microorganismos nativos seleccionados para contribuir con el desarrollo de una agricultura ecológica y disminuir los costos de producción de los pequeños productores, iv) diseñar e implementar plantas piloto ajustadas a condiciones locales para la producción de bioinsumos, v) evaluar participativamente con pequeños horticultores el potencial uso de los bioinsumos desarrollados, y vi) difundir el conocimiento y experiencias probadas con investigadores de otros países, técnicos locales y agricultores en las zonas piloto de cada país.



Diferentes tratamientos de bioles instalados a campo abierto en el CIP-Lima (7 noviembre 2008 a 9 de marzo del 2009).

De acuerdo con esta problemática, los científicos y técnicos del proyecto trabajaron en el desarrollo de un banco de germoplasma

16. Proyecto ATN/SF-10914-RG (FTG-7075/07).



de microorganismos nativos de los Andes para la producción de bioinsumos (bioinsecticidas, biofungicidas biofertilizantes), adaptando las técnicas de producción a otras más ecológicas para las condiciones locales. El proyecto promovió innovaciones en cuanto a la producción industrial de bioinsumos y, especialmente, la evaluación y difusión compartida de los logros entre los productores. La investigación básica y aplicada sobre la microbiología nativa del suelo permitió la identificación de cepas bacterianas cuya acción benéfica colaboró en la producción de bioinsumos adaptados a los sistemas de producción local de los principales sistemas agrícolas de la región. Se encontraron microbios con alta capacidad de adaptación a diversos ambientes y a la vez con función de bioinsecticidas, biofungicidas y biofertilizantes. Durante el proceso de investigación, la metodología con enfoque participativo fue decisiva para lograr efectividad en cuanto a diseminación de conocimientos y adopción de las tecnologías. Estos aspectos fueron indispensables para garantizar la apropiación, aplicación y sostenibilidad de los procesos de innovación tecnológica que se adelantaron con esta propuesta.

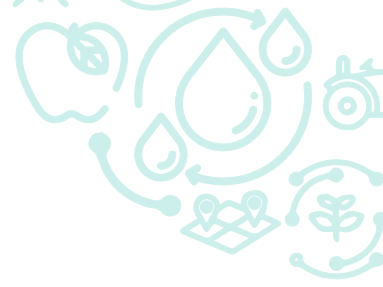
En el marco del proyecto, se desarrollaron bioinsumos agrícolas basados en microorganismos, que fueron la base para la generación posterior de estrategias de manejo orgánico para diferentes cultivos. Bioinsumos como Acaritop (bioinsecticida), Vigortop (abono líquido), Biobull (bioestimulante) y Tricobal (biocontrolador) están actualmente disponibles para los productores de quinua, sésamo, papa, frutales, flores y hortalizas en general, de los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz (Bolivia).

Para el caso de quinua, se ha realizado un seguimiento a productores en seis comunidades del Altiplano de Oruro y Potosí. Los resultados del proyecto indican que las parcelas con aplicación de la estrategia de manejo orgánico alcanzaron un incremento promedio de rendimiento del 55.1%, alrededor de 6.5 quintales/hectárea. Se estima que los beneficios para los agricultores, luego de la cosecha y venta, alcanzaron los US\$571 por hectárea en la comunidad de Chijllapata y US\$248 por hectárea en Lequepata. Durante las últimas cinco campañas agrícolas, se estima que 78.306 hectáreas¹⁷ (promedio de 15.671 hectárea por año) han sido cultivadas con el uso de los



Diferentes ensayos instalados en la Costa y Sierra de Perú para evaluar la efectividad de los bioles (campaña 2010-2011). A: Plantas de papa cultivar Canchan a nivel de cobertor CIP-Lima (280 msnm); B: Plantas de maíz a nivel de campo en La Victoria-Huancayo (3300 msnm); C: Plantas de papa cultivar Yungay a nivel de campo en La Victoria-Huancayo (3300 msnm); D: Plantas de papa cultivar Yungay a nivel de campo en la comunidad San José de Aymara-Huancavelica (4000 msnm).

17. Promedio estimado a partir de los valores observados en las regiones de Colchani, Lequepata, Taira, Chijllapata, Sivingani y Sigualaca.



bioinsumos en la zona de producción de quinua en Bolivia, que corresponden a 2,807 familias por año que utilizan los bioinsumos en el manejo de este cultivo.



Evaluación participativa de fertilizantes, bioabonos y fertilizantes foliares con agricultores de dos comunidades. A y B: San José de Aymará; C: Comunidad de Sotopampa.

Al implementar el análisis ex post de excedentes económicos para las campañas agrícolas comprendidas entre 2013-2016, se estimó que la utilización de bioinsumos en el manejo orgánico de la quinua generó beneficios económicos con un valor presente neto de US\$1.085.739, una relación beneficio/costo de 2.4 y una TIR de 33,5%. No obstante, y solo en Bolivia, los beneficios podrían ser mayores considerando que durante las campañas agrícolas comprendidas entre 2014-2018, productores de papa, sésamo, soya, frutales, maíz y tomate han sembrado alrededor de 244.885 hectáreas empleando esta tecnología.

El análisis ex post presentado se realizó utilizando el nivel de incremento promedio en rendimiento y costo adicional observado en las comunidades de Oruro y Potosí. El nivel de adopción se estimó a partir del número de hectáreas sembradas que han usado esta tecnología de bioinsumos. Además, se utilizó información sobre los niveles de producción, precio y área

cosechada reportados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés). Por otra parte, el proyecto realizó recomendaciones para la preparación de los abonos sólidos (compost) haciendo uso de bioinsumos, cuyas características son un menor costo y tiempo de producción. El análisis beneficio/costo indica que por cada peso boliviano (Bs, o US\$0,14) invertido en la producción de compost con bioinsumos, los agricultores obtienen 12,88 Bs (US\$1,86), mientras que quienes no los utilizan obtienen 2,61 Bs (US\$0,37) por cada peso boliviano.

Al implementar el análisis ex post de excedentes económicos para las campañas agrícolas comprendidas entre 2013-2016, se estimó que la utilización de bioinsumos en el manejo orgánico de la quinua generó beneficios económicos con un valor presente neto de US\$1.085.739, una relación beneficio/costo de 2,4 y una TIR de 33,5%.

Se destaca que la Fundación PROINPA, creó la empresa BIOTOP, que produce y comercializa los bioinsumos en Bolivia. Esta acción complementó el proceso de investigación del proyecto, que permitió que la tecnología se convierta en innovación, es decir, que sean utilizados por los agricultores. Los ingresos generados son reinvertidos en los procesos de investigación e innovación que promueve PROINPA, generando un proceso sostenible de inversión. Para el caso del cultivo de sésamo, la Fundación PROINPA ha dado seguimiento a la investigación desarrollando una nueva tecnología para el manejo de enfermedades, basada en los bioinsumos que se obtuvieron con el proyecto financiado por FONTAGRO. Con esta tecnología, Fundación



PROINPA recibió el Premio INNOVARE 2018 en la categoría “Generador de conocimiento”. PROINPA reportó incrementos del rendimiento entre 108% y 220% respecto a los testigos en las zonas de Carmencita, Nueva Esperanza, 15 de Agosto y San Silvestre. Por otro lado, estimó un beneficio neto entre 2,395 y 3,759 Bs/hectárea (US\$347-544/ha) con una tasa de retorno marginal entre 14% y 22%¹⁸. Además, debe mencionarse que el trabajo realizado ha servido para que instancias gubernamentales en Bolivia, apoyen iniciativas de asociaciones de productores para la construcción de plantas de producción de bioinsumos. Este logro es gracias

PROINPA reportó incrementos del rendimiento entre 108% y 220% respecto a los testigos en las zonas de Carmencita, Nueva Esperanza, 15 de Agosto y San Silvestre. Por otro lado, estimó un beneficio neto entre 2,395 y 3,759 Bs/hectárea (US\$347-544/ha) con una tasa de retorno marginal entre 14% y 22%.

a los procesos de difusión que se han realizado a nivel público y privado, local e internacional¹⁹.

En forma similar a casos anteriores, debe tenerse en cuenta que no todos los beneficios generados a la fecha de este estudio pueden atribuirse al proyecto cofinanciado por FONTAGRO, ya que la continuación de actividades de investigación, desarrollo de mercado y comercialización han sido continuadas posteriormente por los participantes de esta iniciativa, y han sido claves para la obtención de estos resultados.



Fuente: Antonio Gandarillas.
Productores evaluando daño de insectos en quinua 15 días después de la siembra.

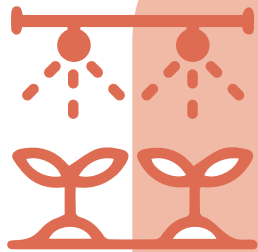
PRINCIPALES PRODUCTOS:



- Desarrollo de bioinsumos como: Acaritop, Vigortop y Tricobal.
- Estrategia de manejo orgánico de quinua.

18. Información suministrada por la Fundación PROINPA.

19. Los aportes mencionados, a excepción de los resultados del análisis de excedentes económicos, corresponden a información colectada y suministrada por el Dr. Edson Gandarillas, gerente de Emprendimientos Productivos en la Fundación PROINPA.



CASO 7. Estrategia de innovación tecnológica para mejorar la productividad y competitividad de cadenas-producto para América Central y República Dominicana (PRESICA) (2009-2014)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana, con un presupuesto total de US\$1.533.458 de los cuales US\$1.000.000 fueron aportados por el BID y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes.

Fue liderado por el Instituto Iberoamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y contó con la participación de ocho organizaciones: el Ministerio de Recursos Naturales y Agricultura de Belice, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) de Costa Rica, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA) de El Salvador, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) de Guatemala, la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) de Honduras, el Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) de Nicaragua, el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) de Panamá, y el Instituto Dominicano de Investigación Agrícolas y Forestales (IDIAF) de República Dominicana²⁰.

El objetivo del proyecto fue contribuir al fortalecimiento de capacidades en los países de la región de Centro América y República Dominicana para mitigar los efectos negativos del alza de precios de los alimentos y reducir los niveles de inseguridad alimentaria y desnutrición. Los objetivos específicos fueron: i) el desarrollo de innovaciones tecnológicas en las cadenas de valor agroalimentarias de maíz, frijol, chile y



Consortio de Chile dulce en Costa Rica.

yuca, considerando la relevancia de estas en la seguridad alimentaria y nutricional, y el potencial para incrementar sus niveles de productividad, ii) el fortalecimiento de los sistemas locales de producción de semillas, y iii) la difusión y transferencia de tecnologías.

La iniciativa contribuyó a mejorar las condiciones de productividad y competitividad de la agricultura centroamericana, a través del fomento de innovaciones tecnológicas e institucionales en las cadenas de yuca, chile dulce, maíz y frijol. El PRESICA desarrolló un modelo de innovación el cual se instrumentó a partir de la operación de redes locales de innovación, que desarrollan agendas de trabajo conjunto para la formulación, diseño, ejecución y evaluación de acciones de investigación, validación tecnológica, capacitación, transferencia de tecnología y extensión a nivel local, y luego de haber sido definidas las demandas tecnológicas de los productores.

20. Código del proyecto: ATN/OC-12302-RG.



Fotografía de Jonathan Castro. Fuente: IICA. 2014. Logo comercial del Híbrido Dulcítico, diseñado por la Universidad de Costa Rica.

El proyecto se implementó bajo el contexto de las cadenas agroalimentarias y con un enfoque territorial. Se crearon 22 consorcios locales de innovación agrícola en toda la región, los cuales han implementado una amplia gama de trabajos de base tecnológica. Entre ellos, la liberación de nuevas variedades de semillas, el desarrollo de capacidades locales para la producción y comercialización de productos, el fortalecimiento de esquemas asociativos entre pequeños productores y otros actores de la cadena de valor local, la validación y transferencia de nuevas tecnologías de manejo en finca de cultivos y también de poscosecha, y el fortalecimiento local de producción de semilla, por mencionar algunos.

Uno de los primeros logros del proyecto fue el relevamiento de las demandas tecnológicas de los pequeños productores en cada uno de los países y para los cultivos bajo análisis. El relevamiento se realizó a través del trabajo conjunto del productor con los científicos y técnicos de terreno. Esta estrategia de trabajo permitió desarrollar perfiles de prioridad regional. Una de las principales demandas identificadas fue la necesidad de nuevas variedades de semillas adaptadas a las condiciones locales de producción y tolerantes al cambio y variabilidad climática, la disponibilidad de semilla de calidad, el acceso a tecnologías de conservación y el manejo poscosecha para el almacenamiento de granos.

El caso más destacado fue el del Consorcio Local de Innovación para la Cadena de Chile

dulce conformado en Costa Rica, el cual, tras haber realizado todas las actividades para la configuración de la red, logró articular sus esfuerzos en dos temas: i) la generación de una nueva variedad de Chile, y ii) la reducción del costo de la semilla. El trabajo generado previamente por la Universidad de Costa Rica de más de 15 años de investigación contaba con materiales disponibles para ser validados, lo cual a través de la coordinación del Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agrícola (INTA) y la Dirección del Ministerio de Agricultura para la Región Central Occidental, en la figura de sus agencias de servicios agropecuarios, permitió avanzar en la fase de validación, registro y difusión de la nueva variedad. De esta forma, se demostraron las bondades del híbrido 4212 Dulcítico, el cual superó al híbrido Nathalie (proveniente de una empresa internacional) en las pruebas de campo y en diversas condiciones ecológicas y sistemas productivos. El Dulcítico

Al 2017, se ha logrado colocar a lo largo del territorio costarricense alrededor de 2.360.800 semillas de "Dulcítico".

tiene frutos más grandes y atractivos y pedúnculo grande, lo que permite la confección de trenzas y el acomodo de más unidades por java durante la poscosecha. Adicionalmente, es un material genético estable, productivo y mucho más dulce (grados Brix). Al cierre del proyecto, este híbrido no había sido evaluado en grandes extensiones ni sometido a presiones de inóculo en sistemas intensivos, sin embargo, el desarrollo de progenitores sí estuvo expuesto a la contaminación proveniente del Río Alajuela. Tampoco se ha determinado o certificado su tolerancia o resistencia a las diferentes razas de patógenos, una desventaja importante, dado que se acostumbra hacerlo antes de comercializar un nuevo material genético utilizando los kits disponibles en el mercado.

Otro aspecto distintivo del proyecto fue que, según el análisis estadístico y la interpretación de las encuestas hechas a los productores, resultó que



Costa Rica: Acto de liberación de la variedad "Dulcítico".

los agricultores valoran el poder acceder a semilla mejorada y a la asistencia técnica; pero que lo que recibe una valoración más alta es la capacitación.

En este caso, se presenta un análisis preliminar de los resultados económicos generados por una de las actividades de investigación del proyecto y solo en Costa Rica, relacionada a la adopción de la variedad de chile dulce Dulcítico liberada en el 2014. Dulcítico es una variedad híbrida costarricense, tolerante a enfermedades, adaptada a altitudes de hasta 2.100 m.s.n.m y con altos rendimientos. La adopción de esta semilla ha generado un incremento promedio en los rendimientos del 15% y una reducción aproximada del 3% en los costos de producción de los agricultores, en comparación con los resultados obtenidos de la siembra de semillas tradicionales, como la variedad Nathalie.

Este análisis se basa en datos correspondientes a costos, beneficios y adopción de esta tecnología en relación a las variedades convencionales, que

se obtuvieron a partir de revisión de literatura asociada y de información suministrada por los investigadores del proyecto. Los costos considerados en el análisis incluyen los costos variables en los que incurre el productor al acceder a una semilla local, en lugar de la semilla tradicional que debe ser importada. El nivel de adopción se estimó a partir del total de semillas distribuidas al 2017 y una densidad de siembra de 20.000 semillas/hectárea. Además, se utilizó información sobre los niveles de producción reportados por la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial y Agropecuaria (SEPSA) y los precios reportados por el Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA).

Los resultados indican que durante el período 2014-2017 gracias a la distribución y adopción de la variedad mejorada de chile dulce Dulcítico se han generado beneficios económicos de US\$508.842; con una relación beneficio/costo de 1,4 y una TIR del 16,4%. Sin embargo, al igual que los casos anteriores, dada la dificultad para acceder a información posterior al cierre del proyecto, en este caso no se incluyen los resultados generados en los demás países involucrados, por lo que los beneficios totales podrían ser mayores.

Se estima que por cada dólar invertido en el proyecto solo por la liberación de la variedad "Dulcítico" se han generado 1,43 dólares, alcanzando unos beneficios económicos de US\$ 508.842.

PRINCIPALES PRODUCTOS:



- Conformación de 22 plataformas locales de Innovación Agrícola
- Liberación de variedad mejorada de Chile Dulce: Dulcítico
- Transferencia de variedades mejoradas de maíz a Guatemala: ICTA Compuesto Blanco e ICTA San Marceño.



CASO 8. Productores de lulo y mora competitivos mediante selección participativa de clones élite y manejo integrado (2007-2010)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Colombia y Ecuador con un presupuesto total de US\$973.355, de los cuales US\$478.555 fueron provistos por FONTAGRO y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. La iniciativa fue liderada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y contó con la participación de otras cinco organizaciones: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA, ex CORPOICA), Universidad Santa Rosa de Cabal (UNISARC), Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira (UNAL), Corporación Centro Provincial de Gestión Agropecuaria del Sur del Departamento del Huila (AGROSUR) e Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador^{21 22}.

El proyecto buscó optimizar la productividad y calidad de lulo o naranjilla de jugo (*Solanum quitoense* Lam) y mora (*Rubus glaucus* Benth) para fortalecer las cadenas de valor, mejorar los ingresos de los productores y proteger el ambiente. Para ello, se seleccionaron materiales genéticos élite y se buscaron alternativas para el manejo integrado de estos cultivos. Estas especies frutales de la Región Andina tienen gran importancia en la agricultura familiar de Ecuador y Colombia y especial interés del sector industrial de pulpas y jugos. El proyecto incluyó actividades como la selección y evaluación del material genético, el desarrollo de tecnologías para la multiplicación masiva de material de siembra y prácticas de manejo sostenibles (uso de bioinsumos y producción limpia).

Durante la implementación del proyecto se desarrollaron alianzas estratégicas entre instituciones público-privadas de Colombia y Ecuador, y con los centros avanzados de investigación agrícola internacional y nacional, entidades educativas (que tuvieron la función de capacitar y formar los futuros líderes), productores, y la industria procesadora y comercializadora (claves para el desarrollo de productos con acceso al mercado nacional e internacional). El proyecto se enfocó en los siguientes objetivos específicos: (i) selección participativa de materiales élite de lulo y mora (con criterios de adaptabilidad, resistencia a enfermedades, productividad y aceptación del mercado), (ii) caracterización de germoplasma (por variabilidad genética y resistencia a plagas y enfermedades), (iii) desarrollo y evaluación de estrategias de biocontrol de las plagas y enfermedades, (iv) evaluación del comportamiento, calidad y rentabilidad de los clones élite seleccionados para diferentes mercados, (v) fortalecimiento de capacidades de agricultores y técnicos, y (vii) establecimiento de sistemas de innovación para el desarrollo de estos cultivos en Colombia y Ecuador.

Este proyecto fue desarrollado en los países de Colombia y Ecuador con un presupuesto total de US\$973.355, de los cuales US\$478.555 fueron provistos por FONTAGRO y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes.

21. Código del Proyecto: FTG/RF-0616-RG.

22. Este análisis es *ex ante*.



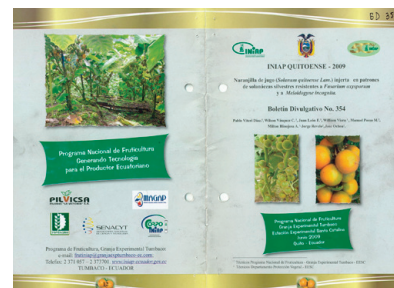
A través de esta iniciativa, se caracterizaron 71 accesiones de mora y 43 de lulo en Colombia, y 108 accesiones de mora y 100 híbridos interespecíficos de lulo en Ecuador. En ambos países se encontraron 23 accesiones de mora con características superiores a las comerciales (14 en Ecuador y 9 en Colombia), y 18 accesiones de lulo (9 en Colombia con potencial para programas de mejoramiento o producción comercial y 9 en Ecuador). La caracterización molecular incluyó la identificación de materiales genéticos con características superiores de rendimiento, calidad de fruta y/o resistencia a enfermedades. En Ecuador se liberó la variedad de naranjilla de jugo INIAP Quitoense 2009, tolerante a *Meloidogyne incognita* y *Fusarium spp.* Esta variedad representa una innovación tecnológica al ser la primera que se comercializa injertada sobre patrones con tolerancia a plagas y enfermedades. Esto hace que se reduzca el uso de pesticidas, generando efectos positivos a la salud humana, el medioambiente, y el retorno económico al productor. En Colombia se generaron alternativas de propagación masiva de material de mora con calidad genética y fitosanitaria, y de bajo costo para productores. En una de las regiones con más tradición en su cultivo, se establecieron instalaciones de



Frutas maduras de mora de Castilla.

multiplicación masiva por estacas enraizadas con *Trichoderma*, las cuales presentaron un mayor porcentaje de brotes, raíces y una tendencia a que se produzcan más plántulas. Entre las ventajas que tiene esta metodología con relación a la que

usan los agricultores tradicionalmente, podemos mencionar la mayor productividad, obtención de plantas sanas y la no propagación de la perla de tierra (*Eurhizococcus colombianus*).



Boletín divulgativo variedad INIAP Quitoense.

En el caso de lulo, se desarrolló un sistema de propagación in vitro de bajo costo, en un laboratorio de propagación de materiales junto con la organización de productores ASLUBEL. En el proyecto también se caracterizaron las principales enfermedades y plagas, a través de aislamientos y caracterización molecular, morfológica y patológica de los agentes causales. Como resultado, se logró disponer de 23 cepas de *Colletotrichum sp.*, se aislaron hongos de los géneros *Beauveria*, *Aspergillus* y *Verticillium*, bacterias del género *Bacillus* y *Paenibacillus*, dos virus y el parasitoide *Copidosoma sp.*, cuyos resultados preliminares señalan potencial de controlar algunas plagas de la naranjilla en el noroccidente de Pichincha. En Colombia, se identificaron y evaluaron controladores biológicos y antagonistas para las principales plagas y enfermedades, los cuales potencialmente podrían ser incluidos en programas de manejo integrado de plagas y enfermedades. Se evaluaron productos fitoquímicos mediante pruebas de biocontrol para el manejo de antracnosis en mora y lulo bajo condiciones de laboratorio y campo en la zona del eje cafetero. Se encontró que los agentes causales de antracnosis son *Colletotrichum gloeosporioides* y *C. acutatum*, teniendo mayor incidencia este



último. Se caracterizaron molecularmente 240 cepas de *Colletotrichum spp.* y 50 clones de mora se evaluaron por resistencia a antracnosis, y se encontraron cuatro resistentes. Durante el proyecto, se consolidaron sistemas de innovación multiactor para las cadenas de mora y lulo. Se conformaron tres grupos de Gestores de Innovación en la Agroindustria Rural (GIAR). La experiencia fue exitosa porque generó en corto tiempo (2 años) procesos de autogestión, coinnovación y toma de decisiones de las asociaciones de productores (APROMORA y ASLUBEL en Colombia y de diferentes asociaciones en Ecuador). Se establecieron redes y trabajo conjunto con instituciones (SENA, ICA, AGROSAVIA, COMITÉ DE CAFETEROS, Universidad Católica de Oriente (UCO), Universidad Nacional (UNAL), Instituto de Investigación AgResearch (Nueva Zelanda) y todos los departamentos técnicos del INIAP en Ecuador). Se realizaron 33 eventos de capacitación y divulgación de los resultados, en los que participaron alrededor de 1,713 personas. Se cuenta con guías metodológicas para la producción limpia de lulo y mora, 36 trabajos de investigación (tesis de pregrado, maestría y doctorado), y otras 20 publicaciones.

Este análisis de resultados económicos ex ante se realizó a partir de una de las actividades de investigación en Ecuador, basado en la adopción de la variedad INIAP Quitoense 2009 liberada en el 2009. INIAP Quitoense fue desarrollada por INIAP con apoyo del Laboratorio Integrado de Innovación para el manejo de plagas. Esta

variedad es resultado de la selección de *Solanum quitoense* injertada sobre accesiones de *S. hirtum* y *S. arboreum*, tolerantes a nematodos del nudo de la raíz (*Meloidogyne incógnita*) y marchitez (*Fusarium oxysporum*). Esta representa una innovación tecnológica al ser la primera variedad de lulo que se comercializa injertada sobre patrones

A través de esta iniciativa, se caracterizaron 71 accesiones de mora y 43 de lulo en Colombia, y 108 accesiones de mora y 100 híbridos interespecíficos de lulo en Ecuador. En ambos países se encontraron 23 accesiones de mora con características superiores a las comerciales (14 en Ecuador y 9 en Colombia), y 18 accesiones de lulo (9 en Colombia con potencial para programas de mejoramiento o producción comercial y 9 en Ecuador).

con tolerancia a plagas y enfermedades. Esto generó importantes resultados en las evaluaciones en campo, que indicaron que permite reducir el uso de pesticidas, incidiendo positivamente en la protección de la salud humana, el suelo y el medioambiente en general. Sowel y Shively (2012) estimaron que la ganancia económica esperada asociada al uso de esta variedad se encuentra entre 40% y 60% dependiendo de la disponibilidad de trabajo fuera de la finca y otros factores. Clements y otros (2017) realizaron una



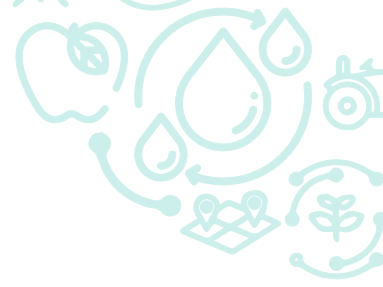
1. Diseño de parcelas de Popayan.



2. Diseño de parcelas de Santa Rosa de Cabal.



3. Enraizamiento sin trinchoderma. Foto: Pedro A. Zapata



evaluación *ex ante* donde documentaron una baja adopción de la tecnología (220 hectáreas al 2010), a pesar de los altos beneficios de la tecnología que se estimaron a nivel experimental. Lo anterior se debe, entre otras cosas, a las dificultades para entrenar agricultores en la producción de semillas injertadas o en el transporte de estas. Los autores de la evaluación *ex ante* utilizaron un análisis de excedentes económicos para un período de veinte años, considerando las características particulares del cultivo. Se detallaron las diferencias en los perfiles de costos y flujos de ingresos entre las variedades injertadas y las comunes y se consideró que la naranjilla es un cultivo semipermanente.

Bajo el supuesto de que los productores reemplazarán el 100% de lulo común y el 50% de los híbridos por la nueva variedad INIAP Quitoense a lo largo de un período de veinte años, se estima que se pueden alcanzar beneficios económicos de US\$15.51 millones, con un valor presente neto de US\$7.770.000. También se estimó que los productores podrían obtener beneficios adicionales, al poder prescindir del uso del agroquímico 2,4-D, altamente tóxico y empleado regularmente en el manejo agronómico tradicional. En el escenario más optimista del análisis, se estima que los beneficios económicos podrían alcanzar un valor presente neto de US\$17,52 millones. Por otro lado, en el escenario más conservador, se estima que estos beneficios económicos llegarían a US\$2,32 millones. Finalmente, el análisis realizado encuentra que los resultados están fuertemente influenciados por la tasa de adopción y el precio de la fruta de alta calidad (Clements, Alwang, Barrera y Domínguez, 2017).



Distribución de las estacas con los diferentes tratamientos en las camas.
Foto: Ana Milena Caicedo.

Los resultados alcanzados en la evaluación previa y presentados en este análisis son fruto del trabajo de los investigadores del INIAP de Ecuador, quienes a través de la implementación de diversos proyectos y trabajos colaborativos han dado seguimiento a esta tecnología. Es decir, el apoyo de FONTAGRO colaboró en una parte del desarrollo total de la tecnología, la cual no puede estimarse de acuerdo con la información disponible al momento de este estudio.

Este proyecto fue desarrollado en los países de Colombia y Ecuador con un presupuesto total de US\$973.355, de los cuales US\$478.555 fueron provistos por FONTAGRO y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes.

PRINCIPALES PRODUCTOS:



- 322 accesiones de lulo y mora identificadas.
- Liberación de variedad INIAP-Quitoense 2009 de naranjilla tolerante a *Meloidogyne incognita* y *Fusarium spp.*
- Conformación de tres grupos GIAR (Gestores de Innovación en la Agroindustria Rural).



Capítulo IV. Casos de proyectos destacados

Durante el proceso de relevamiento y análisis, se identificaron otros nueve proyectos cofinanciados por FONTAGRO que presentan evidencia de resultados preliminares promisorios y cuyos impactos potenciales podrían documentarse en el futuro. Estos proyectos se caracterizan por la generación de nuevo conocimiento que se haya transformado en el desarrollo de nuevas tecnologías o innovaciones y/o que haya sido empleado en investigaciones posteriores. En todos estos casos, el estado de maduración de estos a la

fecha de realización de este análisis es muy incipiente, y por tanto no ofrecen aun la información suficiente para implementar una evaluación ex post completa. Sin embargo, los resultados preliminares que se han derivado de estos proyectos confirman logros que se pueden atribuir a la inversión de FONTAGRO. En este capítulo, se presentan los nueve casos identificados y, en el Cuadro 2, se describe la evidencia encontrada y los indicadores que apoyan el éxito potencial de cada uno de estos proyectos.

Cuadro 2. Nueve casos de proyectos destacados

ID Propuesta	Período	Título	Componente con potencial de impacto	Inversión (en US\$)
ATN/SF-6486-RG 42/98	1998-2003	Resistencia genética de maíces a insectos y enfermedades en ambientes tropicales de América del Sur.	Dos híbridos de maíz amarillo liberados en Colombia.	1.730.000
FTG/RF-0822-RG	2008-2013	Mitigar el efecto de altas temperaturas en la productividad de maíz.	Identificación de líneas tolerantes que han sido incluidas en el 10% de las nuevas poblaciones generadas por el programa del CIMMYT.	1.293.888
ATN/OC-12235-RG	2008-2014	Desarrollo e implementación de herramientas genómicas de avanzada para contribuir a la adaptación de la caficultura al cambio climático.	Secuenciación del genoma del café que ha sido empleado para el desarrollo de variedades mejoradas.	1.520.000
ATN/OC-11943-RG	2008-2013	Aumento de la competitividad de los sistemas productivos de papa y trigo en Sudamérica ante el cambio climático.	Identificación de materiales promisorios, que actualmente están siendo empleados en el desarrollo de nuevos materiales.	920.000
ATN/KP-12193-RG	2009-2014	Adaptación del maíz y el frijol al cambio climático en Centroamérica y República Dominicana (PRACCA).	Identificación de materiales promisorios de maíz y frijol con características de alta productividad y adaptabilidad al cambio climático.	698.722
FTG/RF-1025-RG	2010-2014	Ampliando la frontera agrícola de la papa para disminuir los efectos del cambio climático (CLIPAPA).	Identificación de materiales promisorios de papa que han sido incorporados en los programas de mejoramiento.	1.059.500
FTG/RF-1331-RG	2013-2017	Plataforma para consolidar la Apicultura como herramienta de desarrollo en América Latina y el Caribe.	Desarrollo de senderos tecnológicos.	4.813.852
FTG/RG-1330-RG	2013-2017	Modelo de plataforma para el aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos.	Estrategia de manejo de plagas para la producción orgánica.	1.014.059
ATN/OC-12909-RGAv	2010-2015	Innovaciones tecnológicas en el manejo integrado del Cuero de Sapo de la Yuca (Manihot esculenta crantz): Estrategias para reducir el impacto de la enfermedad por efectos del cambio climático en Colombia, Costa Rica y Paraguay.	Desarrollo de prototipo de cámara térmica para la producción de semilla limpia y metodología de detecciones moleculares en yuca.	680.000



CASO 1. Resistencia genética de maíces a insectos y enfermedades en ambientes tropicales de América del Sur (1998-2003)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Venezuela, con un presupuesto total de US\$1.730.000, de los cuales US\$250.000 fueron provistos por el BID y el resto de US\$1.480.000 fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. La iniciativa fue liderada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y contó con la participación de siete organizaciones socias, entre ellos, el INTA de Argentina, el IBTA de Bolivia, el INIA de Chile, AGROSAVIA de Colombia, el INIAP de Ecuador, INIA de Venezuela y CIAT.

El proyecto nació como resultado de iniciativas de los Coordinadores Nacionales de Programas de Maíz de países de América del Sur reunidos en 1996 en Cali, Colombia, para resolver problemas comunes que afectaban la producción de este cultivo. Entre ellos, la plaga del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el complejo del achaparramiento (causado por un espiroplasma, *Spiroplasma kankelii*, y un fitoplasma, ambos transmitidos en los trópicos americanos por el cicadelido *Dalbulus maidis*), la mancha foliar (*Phaeosphaeria maydis*), la roya (*Puccinia polysora* y *Physopella zae*), y virus como el rayado fino (MRFV) y el mosaico de la caña de azúcar (SCMV).

El objetivo del proyecto fue evaluar la variable distribución e incidencia de las plagas y enfermedades del maíz y determinar su impacto económico en los países participantes de esta iniciativa. Los objetivos específicos fueron: i) identificar las fuentes de resistencia genética contra plagas y enfermedades, ii) incorporar estas

fuentes de resistencia en líneas y poblaciones de maíz con un alto nivel de tolerancia a suelos ácidos, iii) evaluar y diseminar germoplasma con niveles adecuados de resistencia contra los problemas mencionados en localidades con suelos ácidos en donde la incidencia de plagas y enfermedades es alta, iv) promover el uso de materiales seleccionados por su resistencia como cultivares para ser usados directamente por los agricultores, y v) capacitar a los jóvenes científicos de los programas en las áreas de manejo integrado de plagas.

Se realizaron ensayos agronómicos para evaluar y seleccionar los materiales genéticos más apropiados para los programas nacionales de mejoramiento y su posible liberación posterior. Se generaron los ciclos de mejoramiento de diez poblaciones con resistencia a achaparramiento, mosaico de caña de azúcar, a la mancha foliar, el gusano cogollero y roya, además de 466 materiales genéticos sintéticos con resistencia a los diferentes problemas sanitarios mencionados. Adicional al germoplasma que se trabajó desde el inicio del proyecto, durante 2001 se incorporó en los viveros un total de 89 nuevas líneas provenientes de CIMMYT. De igual forma, en las evaluaciones se añadió un total de 251 líneas generadas en el Programa Suramericano de Maíz, base en Colombia. A la finalización del proyecto, se habían enviado un total de 236 viveros; se recibió la mayoría de los datos de campo de los viveros enviados a colaboradores en 45 instituciones en un total de 19 países. Las líneas que mostraron estabilidad en resistencia y buenos caracteres agronómicos a través de localidades se utilizaron

23. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Chile), Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) e Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA-Venezuela). Código de proyecto: ATN/SF-6486-RG (#42/98).



en la generación del ciclo 2 (C2) de selección de las poblaciones base con resistencia específica a un determinado estrés.

El proyecto facilitó el aumento de nuevo material genético y posibles futuras liberaciones del germoplasma resistentes a la plaga y enfermedades antes mencionadas y, de esta manera, el potencial de mantener y/o incrementar los rendimientos de maíz en regiones con problemas sanitarios endémicos.

Adicionalmente a la distribución de germoplasma de maíz con gran variación genética, se identificaron nuevos problemas sanitarios en los diferentes países participantes, incluyendo el complejo de especies de *Cercospora* presentes en Perú y Colombia, y la presencia del downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) en Colombia. Esto abrió posibilidades para establecer viveros de selección de resistencia contra estas enfermedades. Se logró hacer trabajo conjunto con investigadores de los países involucrados, con beneficios para todos los países al desarrollar germoplasma resistente útil. Se demostró que se puede acumular resistencia a los diferentes estreses considerados. La liberación del germoplasma resistente obtenido estuvo en proceso de legalización en varios países, incluyendo Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Paraguay y Perú. Además, con el proyecto, se elaboraron 32 publicaciones.

Al momento de realizar este estudio, fue posible hacer seguimiento a los productos alcanzados por este proyecto en Colombia, que se relacionan con incrementos significativos observados en la producción de maíz, por tanto, representan un componente con potencial de impacto²⁴. En

Colombia, la mayor contribución del proyecto fue en el desarrollo de nuevos cultivares de maíz a intercalar en socas de café (“Programa café y maíz, un matrimonio feliz”). Así, en la zona cafetera se lograron liberar los híbridos de maíz amarillo FNC 317 y FNC 318, los cuales se caracterizan por tener un mayor rendimiento y tolerancia a enfermedades en comparación con las variedades cultivadas tradicionalmente. Con el uso de estas nuevas variedades, los rendimientos pasaron de 2.4 toneladas/hectárea en el año 2000 a 4.2 toneladas/hectárea en el año 2006.

También, se realizó una publicación científica relevante: “Enfermedades resurgentes del maíz tropical en Colombia” (Sarria y otros, 2005) y la tesis doctoral Herencia de la tolerancia a *Cercospora* en líneas de maíz tropical, publicada en Vanegas-Angaritas y otros (2005). En general, la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE) reconoció que los aportes de FONTAGRO fueron de gran valor para Colombia y los demás países, que tienen al maíz como el grano básico de la seguridad alimenticia.

Finalmente, se destaca que el trabajo de investigación en esta área ha continuado, y el conocimiento generado por el proyecto cofinanciado por FONTAGRO ha sido de utilidad para el desarrollo del híbrido FNC 3056 con tolerancia a enfermedades foliares. Este híbrido fue liberado comercialmente el 31 de enero del 2006 para siembra en la subregión natural área cafetera colombiana, donde el maíz es importante para el establecimiento de cultivos asociados y, posteriormente, fue recomendado para siembra en otras regiones, como el caribe húmedo colombiano.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- En la zona cafetera colombiana al 2006, se observó un incremento del 75% en los rendimientos en comparación con el 2000 (año base).
- El indicador de kilos de producción de maíz por kilogramo de semilla sembrada paso de 1:200 a 1:300.

24. Al momento de preparar este informe no había disponible información similar para los otros países participantes.



CASO 2. Mitigar el efecto de altas temperaturas en la productividad de maíz (2008-2013)

Este proyecto fue desarrollado en los países de España, México y Argentina, con un presupuesto total de US\$1.293.888 de los cuales US\$500.000 fueron aportados por FONTAGRO, y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por la Universidad de Lleida (UDL) de España y contó con la participación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Buenos Aires (UBA) de Argentina²⁵.

De todos los cambios ambientales asociados al cambio climático, uno de los más importantes para el cultivo de maíz es el aumento en las temperaturas. Altas temperaturas en períodos críticos de este cultivo afectan negativamente al rendimiento, por tanto, la productividad, comprometiendo la seguridad alimentaria. En el cultivo de maíz, la sensibilidad del rendimiento a un estrés ya sea por altas temperaturas, hídrico (sequía) o de deficiencia de nutrientes, es generalmente mucho mayor si este ocurre durante el período alrededor de la floración o de llenado de los granos. Las causas fisiológicas que generan este impacto en la productividad no han sido claramente dilucidadas, como tampoco la variabilidad genotípica que podría ser de utilidad en el contexto de programas de mejoramiento, o las prácticas culturales derivadas de un mejor conocimiento de la fisiología de la tolerancia a las altas temperaturas por parte de este cultivo. Así, eventos de elevadas temperaturas perjudican los dos principales componentes del rendimiento del maíz: el número de granos por unidad de área (principal componente agronómico del rendimiento) y el peso medio de los granos (que, a diferencia de otros cultivos, en el caso de maíz

parece ser muy sensible a reducciones en la disponibilidad de recursos durante posfloración).

De acuerdo con lo anterior, este proyecto tuvo como objetivo identificar la variabilidad genotípica y factores ambientales de susceptibilidad de la productividad del maíz a altas temperaturas que pudieran ser de utilidad tanto en la mejora genética como en el diseño de prácticas agronómicas. Para ello, se plantearon los siguientes objetivos específicos: (i) dilucidar el origen fisiológico que las elevadas temperaturas afectan en la productividad del maíz, (ii) determinar variabilidad de respuesta en el número de granos como de su peso, frente a eventos de altas temperaturas, estudiada a nivel fenotípico (identificando materiales genéticos de mejor comportamiento para ser utilizados en cruzamientos orientados a mejorar la tolerancia) y genotípico (identificando factores genéticos responsables de dicha tolerancia a elevadas temperaturas y estreses abióticos relacionados), (iii) cuantificar en qué medida la racionalización de la fertilización nitrogenada y la aplicación de un inhibidor de etileno (1-MCP) puede reducir la susceptibilidad del rendimiento a elevadas temperaturas, con el objeto de aportar posibles herramientas para diseñar prácticas de manejo de bajo coste que puedan mitigar el efecto de elevadas temperaturas, y (iv) diseminar los resultados científicos que se alcancen en el proyecto a un amplio espectro de agentes sociales: agricultores y mejoradores de compañías privadas de la región, los institutos nacionales de investigación agropecuaria y el resto de la comunidad científica interesada.

Para cumplir con los objetivos se realizaron experimentos, siempre en condiciones de campo,

25. Código de proyecto: FTG/RF-0822-RG.



para maximizar la extrapolabilidad de los resultados y ofrecer mayores garantías de aplicabilidad de las conclusiones. Los experimentos de determinación de atributos fisiológicos han incluido, en la mayoría de los casos, dispositivos de incremento de temperaturas en condiciones de campo, lo que ha dado como resultado un aporte sumamente original de este proyecto (ya que la mayoría de la literatura en este tema usa condiciones controladas, cuya extrapolabilidad a condiciones reales es muy discutible) o asume como proxy al efecto de altas temperaturas el usar diferentes fechas de siembra o diferentes localidades (con el consiguiente efecto confundido de las otras variables que también cambian con la fecha de siembra o la localidad). Los principales resultados del proyecto fueron:



Experimento conducido en el campo experimental de la UBA en Buenos Aires

i. Con relación al componente de estudios ecofisiológicos se realizaron nueve experimentos en condiciones de campo, tanto en Argentina como en España. En términos generales se observó que la sensibilidad del rendimiento fue muy grande cuando los tratamientos de estrés térmico se impusieron alrededor de floración. Se corroboró que el efecto deletéreo de elevadas temperaturas parece actuar directamente sobre las estructuras reproductivas del cultivo, antes que a través de la disminución de la capacidad de crecimiento por acelerar la senescencia foliar. Ni la eliminación de granos revirtió el efecto negativo de las altas temperaturas, ni la defoliación lo acentuó, indicando que el estrés térmico ha afectado principalmente de modo directo a las estructuras reproductivas.

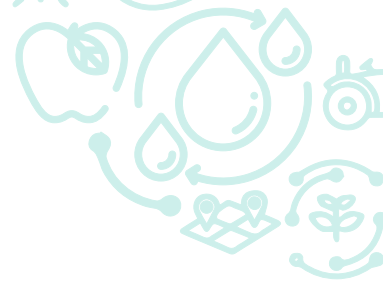
El efecto más deletéreo de eventos de altas temperaturas es el que ocurre en el momento de floración y no durante el llenado de los granos. El componente más importante que se ve afectado por el estrés térmico es el número de granos, aun cuando el estrés ocurre durante la primera mitad del llenado de los granos, y mucho más marcadamente si ocurre en floración o en prefloración. Cuando el estrés afecta el peso de los granos, parece hacerlo con independencia del efecto que también produce sobre la aceleración de la senescencia foliar y parece ser un efecto directo sobre la capacidad de crecimiento de los granos.

ii. Con relación a la variabilidad y bases genéticas,



Uso de material genético “criollo” para identificar genes de resistencia a estreses.

se hicieron experimentos a campo en CIMMYT (México) con fenotipado y genotipado de poblaciones grandes, y de menor magnitud en España, evaluando variabilidad entre híbridos de diferente grupo de madurez. En el CIMMYT se identificaron algunos potenciales donantes de estos atributos, entre ellos la línea La Posta Sequía C7-F64-2-6-2-2. Se comprobó que existe amplia variabilidad genotípica en tolerancia al estrés térmico (y a la combinación de estrés térmico e hídrico). Se identificaron marcadores moleculares asociados a esta tolerancia y a progenitores de futuros cruzamientos orientados a mejorar esta tolerancia. También se identificó la posibilidad de utilizar el índice de vegetación de diferencia normalizada (o Normalized difference vegetation index, NDVI, por sus siglas en inglés), como criterio



de selección asociado al mantenimiento de canopeos más frescos y consiguientemente más verdes en condiciones de estrés.

iii. Con relación a las prácticas de manejo para mitigar el estrés, se hicieron cuatro experimentos a campo en España, en los que se evaluó el efecto de la disponibilidad de nitrógeno al aumentar el efecto deletéreo del estrés térmico, confirmando la hipótesis, nunca testada hasta la actualidad en maíz, de que la magnitud del efecto deletéreo de elevadas temperaturas se mitiga parcialmente por un manejo más racional (evitando excesos) de la fertilización nitrogenada. También se realizaron tres experimentos en Argentina y en CIMMYT (México) para determinar si existe un efecto mitigador de la aplicación de reguladores del crecimiento vinculados al metabolismo del etileno. En sequía, la aplicación de un inhibidor de etileno (1-MCP) antes de antesis y durante el llenado de granos mejoró el rendimiento comparado con los controles o con la aplicación de etefon en algunos de los experimentos, pero no hubo un efecto claro en otros.

iv. Con relación a la disseminación, se creó y se mantuvo la página de Internet del proyecto (<http://www.meatmaiz.udl.cat>). Se publicó en revistas científicas y se presentaron trabajos en congresos nacionales e internacionales. Se han dictado charlas de extensión en los tres países, y se realizaron cursos de capacitación. Se

realizaron tesis doctorales en los tres países. El conocimiento generado se ha visto reflejado en la publicación de al menos 11 trabajos científicos derivados del proyecto que han sido utilizados por profesionales del sector agropecuario. (Edreira, J. y Otegui, M. 2012; Edreira, J. 2013; Cicchino, M. y otros, 2013; Cairns, J. y otros, 2013^a; Cairns y otros, 2013^b; Edreira, J. 2014; Mayer, L. y otros, 2014; Ordoñez, R. et al 2015^a; y Ordoñez, R. y otros, 2015^b; Elazab, A. y otros, 2016; y Mayer, L. y otros, 2016).

Se destaca también que los resultados obtenidos ya han sido aplicados. Las líneas donantes identificadas han sido incluidas en el 10% de las nuevas poblaciones de relevancia global generadas por el CIMMYT. Por otro lado, en Argentina se observa una adopción aproximada de 50% del maíz tardío, lo que ha permitido la estabilización del rendimiento en el país. Esta tecnología se vio facilitada por la disponibilidad de evaluar los beneficios de un cambio en la fecha de siembra de manera probabilística, mediante el uso del modelo de simulación CERES-Maize en una versión adaptada y simplificada desarrollada con los datos del proyecto²⁶. Con todos estos resultados destacados y documentados, se espera un impacto potencial en la capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático, que permitirán mantener el rendimiento del cultivo, en la medida en que las nuevas variedades sean adoptadas por los agricultores.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- Modelos de simulación de aplicación agronómica modificados.
- Inclusión de las líneas de tolerancia identificadas en el 10% de las nuevas poblaciones generadas por el CIMMYT.
- Seis híbridos comerciales producidos usando la tolerancia detectada.
- Recomendación de modificar las fechas de siembra (maíz tardío) en Argentina con el fin de minimizar el riesgo climático.

26. Los aportes mencionados corresponden a información colectada y suministrada por el Dr. Gustavo A. Slafer, investigador líder del proyecto.



CASO 3. Desarrollo e implementación de herramientas genómicas de avanzada para contribuir a la adaptación de la caficultura al cambio climático (2008-2014)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Colombia, Costa Rica, Guatemala, Panamá, Honduras, y República Dominicana, con un presupuesto total de US\$1.520.000 de los cuales US\$770.000 fueron aportados por el BID, y el resto fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por la Federación Nacional de Cafeteros (FEDECAFE) en Colombia y permitió el establecimiento de una red de siete instituciones en los países de Costa Rica (ICAFE, CATIE), Guatemala (PROMECAFE), Panamá (MIDA), Colombia (CIAT), República Dominicana (CODOCAFE) y Honduras (IHCAFE)²⁷. Sin embargo, también participaron de la iniciativa el Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura en Centro América, Panamá, República Dominicana y Jamaica (PROMECAFE), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Institut De Recherche Pour Le Développement (IRD) de Francia, Cornell University (USA), Arizona Genomics Institute (AGIO) de la Universidad de Arizona (USA), y el Center for Bioinformatics and Computational Biology (CBCB) de la Universidad de Maryland (USA).

El cultivo del café es de importancia estratégica para la estabilidad económica, social y política de la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, debido a que es uno de los principales productos agrícolas de exportación y generación de divisas de la región. A pesar de la gran importancia a nivel económico y social, el café ha recibido muy poco apoyo internacional para estudios moleculares genéticos y genómicos, y especialmente en estudios que ayuden a conocer el modo de adaptarse a las consecuencias del cambio y la variabilidad climática. En este sentido, estudios sobre el genoma del café y su biología son clave para incrementar calidad, productividad y proteger



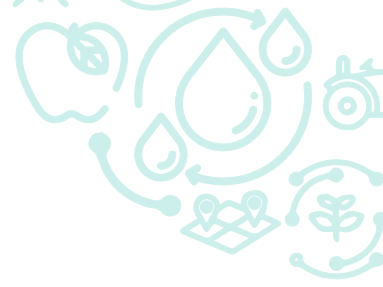
Presentación comercial variedades Castillo y Cenicafé 1.

el cultivo de daños causados plagas, enfermedades y otros estreses abióticos asociado a cambios climáticos (variabilidad en la temperatura ambiente, precipitación, sequías, salinidad, etcétera).

Para ello, este proyecto tuvo como objetivo lograr un mejor conocimiento del genoma del café para promover el desarrollo de variedades resistentes y mejor adaptadas a cambios climáticos y a una mayor utilización y preservación del germoplasma del género *Coffea*. Los objetivos específicos fueron: i) la construcción del mapa físico del café *C. arabica* basado en librerías genómicas de largo inserto BAC²⁸ de sus dos parentales ancestrales diploides (*C. canephora* y *C. eugenioides*), ii) la secuenciación del genoma del café utilizando las nuevas tecnologías con énfasis en ensamblaje, anotación y caracterización de áreas del genoma que contengan genes de importancia para la producción de café en el contexto de cambio climático, y iii) el desarrollo de herramientas genómicas de avanzada para caracterización, conservación, y utilización de germoplasma de *Coffea* que permitan el desarrollo y mejoramiento genético de variedades con potencial de adaptación a efectos de cambios climáticos (temperatura, sequía, inundaciones, etcétera).

27. Código de proyecto: ATN/OC-12235-RG.

28. Metodología de Cromosomas Artificiales de Bacterias (BAC, por sus siglas en inglés).



De esta forma, un mejor conocimiento del genoma del café facilitó el desarrollo de variedades resistentes y mejor adaptadas al cambio y la variabilidad climática, y una mejor caracterización, utilización y conservación del germoplasma del género *Coffea*. Igualmente, el proyecto buscó contribuir a la reducción en los costos de producción, facilitando el desarrollo de variedades resistentes y más adaptadas a estrés bióticos/abióticos, el aumento en la producción y el énfasis en calidad, en el contexto de cambio climático para hacer sostenible la caficultura para pequeños productores. Entre los resultados más destacados, se citan a los siguientes:

i. Se destaca que, por ser un proyecto de genética básica, los principales aportes se encuentran en el conocimiento generado y en su uso posterior para la generación de nuevas tecnologías. Se adaptó el uso de nuevas tecnologías en secuenciación del genoma de las especies *Coffea eugenoides* y *C. arabica*, y se continuó con la exploración genómica de materiales de café importantes para los programas de mejoramiento alrededor del mundo, donde equipos de científicos pueden hacer uso de los ensamblajes entregados por este proyecto y por un costo muy bajo resecuenciar a escasa profundidad sus materiales de interés que ofrezcan respuestas específicas a los problemas particulares de cada zona o país. En este sentido, la información generada del genoma del café ha sido incorporada por el equipo de mejoramiento genético de Cenicafe con el fin de identificar marcadores moleculares y genes con resistencia a enfermedades como el CBD (Coffee Berry Disease) y a la roya (*Hemileia vastatrix*), principal enfermedad del café en el mundo. Además, los conocimientos generados fueron aplicados en los estudios de diversidad genética de la colección de germoplasma y de la variabilidad intraespecífica de las variedades comerciales que se utilizan en Colombia en una estrategia de resistencia durable por el uso de variedades multilínea.

ii. Se identificaron híbridos para realizar estudios por grupos de acuerdo con su mayor o menor adaptabilidad a condiciones de sol y de sombra. Estos estudios fueron fundamentales dados los nuevos escenarios de cambio climático a los cuales se debe adaptar la caficultura en los países productores. En este caso, se generaron variedades de café resistente y mejor adaptadas al cambio climático, y se utilizaron en la conservación del germoplasma.

iii. Durante el proyecto se realizaron talleres de capacitación, tesis de doctorado, creación de bases de datos públicas con las secuencias identificadas durante la implementación de las actividades en el sitio de Internet Cenicafe Bioinformatics, y otras acciones de diseminación de resultados regionales e internacionales.

Es así que, como resultado de la continuidad a la investigación en el área, en el 2016 se liberó la variedad Cenicafe 1, y se entregaron alrededor de cuatro toneladas de semillas con las que se esperan cubrir las primeras 1.000 hectáreas. Esta variedad se caracteriza por ser resistente a la roya, lo que permitirá a los productores de café un ahorro en fungicidas, mano de obra y pérdidas de rendimiento, por un valor aproximado de 200 millones de dólares al año.

Adicionalmente, se tenía previsto que para el segundo semestre de 2018 se liberarán tres variedades Castillo regionales, cuya recomposición fue terminada en el 2017. El impacto potencial se podrá materializar una vez que estas variedades sean adoptadas por caficultores colombianos.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- Secuenciación del genoma del café.
- Red de países.

29. Los aportes mencionados corresponden a información colectada y suministrada por el Dr. Álvaro Gaitán B., investigador líder del proyecto.



CASO 4. Aumento de la competitividad de los sistemas productivos de papa y trigo en sudamérica ante el cambio climático (2008-2013)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Chile, Uruguay y Perú, con un presupuesto total de US\$920.000, de los cuales US\$470.000 fueron aportes del BID y US\$450.000 fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por el INIA de Chile, y contó con la participación del INIA de Uruguay y el Centro Internacional de la Papa (CIP) de Perú³⁰.

Como la agricultura depende de la disponibilidad de agua, la sequía y cualquier otro cambio en el régimen normal de precipitaciones y temperaturas afectan a gran parte de los cultivos y frutales de la región del Cono Sur. En conjunto con un alza en las temperaturas promedio también se han observado variaciones en los patrones de precipitaciones y mayor frecuencia de eventos climáticos extremos. Este escenario afecta en especial a los sistemas productivos de secano. Fundamentalmente, el estrés hídrico durante la floración, polinización y llenado de granos es dañino en cultivos como el trigo, y también afecta la tuberización (o llenado de tubérculos) y la calidad industrial en el cultivo de papa. De esta manera, países más avanzados tecnológicamente ya han desarrollado investigación para adaptarse a los efectos del cambio climático en aspectos como uso más eficiente del agua, mejoramiento genético y la búsqueda de genes para dar tolerancia a los distintos tipos de estrés que enfrentarán las plantas. Este proyecto buscó determinar el potencial impacto del cambio climático en dos cultivos claves de la región, trigo y papa, para así colocar a disposición, tanto de programas de mejoramiento locales como de productores, los genotipos y genes tolerantes a sequía y altas temperaturas que permitan obtener rendimientos competitivos frente al nuevo escenario climático.

Este proyecto tuvo por objetivo aumentar la competitividad de los sistemas productivos de papa y trigo, a través de la selección y desarrollo de genotipos con mayor tolerancia a sequía y altas temperaturas. Para ello, se establecieron



Día de Campo realizado en Cauquenes Chile (35°58' O S 72°21' O O) el 11 de Octubre de 2012. Constó con una asistencia de 600 Personas.

los siguientes objetivos específicos: (i) lograr un modelo que permita identificar los probables impactos inducidos por las nuevas condiciones climáticas sobre el sistema productivo de papa y trigo e identificar las zonas de producción más vulnerables en términos de sequía y aumento de las temperaturas, (ii) lograr colecciones de germoplasma de papa y trigo (clones, líneas y variedades) caracterizadas por su respuesta a sequía y altas temperaturas, (iii) establecer grupo de papas y trigo tolerante a sequía y altas temperaturas identificadas, diseminados e incorporadas como progenitores a los programas de mejoramiento genético de la región, (iv) establecer métodos eficientes de selección de genotipos tolerantes a sequía y altas temperaturas, desarrollados y transferidos a los programa de

30. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA-Chile); Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA-Uruguay) y Centro Internacional de la Papa (CIP-Perú). Código de proyecto: ATN/OC-11943-RG.



mejoramiento de la región, y (v) lograr acuerdos de cooperación y entendimiento, para transferencia y evaluación de materiales mejorados suscritos, y divulgación de resultados.

De acuerdo con las conclusiones del informe técnico final del proyecto, se destacan los siguientes logros:

i. El proyecto permitió evaluar 380 genotipos de trigo y 200 genotipos de papa en los diferentes países con el apoyo de un grupo interdisciplinarios de profesionales en las áreas de mejoramiento genético, fisiología vegetal, biología molecular y manejo agronómico. Los materiales de trigo evaluados en el contexto del consorcio provienen de los programas nacionales de mejoramiento genético de INIA-Chile (55 genotipos), del CIMMYT (143 genotipos) e INIA-Uruguay (186 genotipos). Mientras que, para papa, se han evaluado sobre 200 genotipos entre Chile y el CIP, incluyendo germoplasma nativo, líneas segregantes, líneas avanzadas y cultivares, los cuales han sido caracterizados por su respuesta a sequía y altas temperaturas. El protocolo de evaluación considera evaluaciones en campo bajo riego y sequía, evaluaciones fisiológicas detalladas para genotipos contrastantes (sensibles y tolerantes) y evaluaciones moleculares que incluyen expresión génica y genotipado. El proyecto permitió validar e implementar una plataforma de caracterización fenotípica bajo condiciones de campo. La que actualmente se encuentra disponible para los programas de mejoramiento genético de trigo de los países del Cono Sur. La plataforma considera protocolos para la evaluación de caracteres fisiológicos de forma rápida y económica. Además, integra elementos computacionales que facilitan la digitalización instantánea de la información colectada. La plataforma fenotípica permite identificar variabilidad genética en caracteres agronómicos y fisiológicos relacionados con la tolerancia a sequía del cultivo de trigo y papa, lo que facilita la selección y mejora genética del carácter. Con la información fisiológica obtenida, en términos de su control sobre el comportamiento

agronómico del cultivo bajo condiciones de sequía, se avanzará en la automatización de los procesos de fenotipo.

ii. Se caracterizaron genéticamente las 384 líneas de trigo, trabajo que se realizó en colaboración con Kansas State University (EEUU) y el Institut de Biologie Intégrative et des Systèmes (IBIS), Université Laval (Quebec, Canadá). Esta técnica permite la selección de genotipos sobresalientes en caracteres que se buscan mejorar, como tolerancia a sequía o rendimiento de grano, mediante la integración de información fenotípica y genotípica en modelos



Día de Campo realizado en Cauquenes Chile (35°58' O S 72°21' O O) el 11 de Octubre de 2012. Constó con una asistencia de 600 Personas.

de predicción. En papa y gracias a fondos del proyecto se utilizó la misma metodología de secuenciación, trabajo realizado junto con el Institute for Genomic Diversity, de Cornell University (EE. UU.).

iii. AvSe calibró y validó el modelo de simulación AQUACROP (creado por FAO) en cinco genotipos de trigo y cuatro cultivares de papa, en Chile y Perú, y en condiciones de riego y seco. Esta herramienta permitió predecir los cambios en rendimientos de los cultivos en respuesta a las variaciones climáticas y también ayudó a diseñar y evaluar estrategias de manejo del cultivo para mantener o incrementar los rendimientos.



iv. Se identificaron líneas parentales tolerantes a sequía que ya fueron incorporadas a los programas de mejoramiento genético de cada país. Asimismo, los cultivares actualmente comercializados han sido evaluados en función de su respuesta a sequía y altas temperaturas, lo cual permitió identificar algunos materiales genéticos que tienen mejor comportamiento frente a eventos de sequía. En Chile, se destacan líneas de papas avanzadas como R89063-59 y R90160-5, y cultivares como Karú-INIA.



Workshop proyecto FONTAGRO ATN/OC-11943 del 28 al 29 de Mayo de 2013 en INIA.

Para el caso de papa en Chile, la línea RL16-1, evaluada durante la ejecución del proyecto, ha sido aprobada por el Comité Nacional de Variedades (CNV) de INIA de Chile, por lo que pronto será registrada como variedad y pasará a conocerse como Porvenir-INIA. También se destaca que su desarrollo fue resultado de un proceso que inició con el proyecto PMG PAPAS (antes del 2010), fue complementado con el proyecto FONTAGRO (2010-2013) y finaliza con el apoyo del proyecto CAMBIO CLIMÁTICO

501364-15 (2013-2017). Adicionalmente, varias líneas experimentales han sido puestas en la lista de intercambio con otros países. Para el caso de trigo en Chile por lo menos treinta genotipos han sido utilizados como progenitores en el programa de mejoramiento genético de trigo, quince continúan siendo evaluados en diversos experimentos asociados con tolerancia a sequía y un genotipo derivado de este germoplasma se encuentra en ensayos de genotipos candidatos a variedades³¹.



Presentación comercial variedades Castillo y Cenicafé 1.

v. Este proyecto ha permitido presentar sus resultados en, por lo menos, veinte congresos nacionales e internacionales, cinco publicaciones científicas de alto impacto, seis publicaciones divulgativas, por lo menos diez días de campo, tres talleres regionales entre los países miembros del consorcio, y países como España, Estados Unidos y otros países latinoamericanos en temas como estrategias de genética asociativa, evaluación de la tolerancia a factores abióticos, metodología de secuenciación de última generación y la formación de por lo menos diez tesis en esta temática.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- Evaluación e identificación de materiales promisorios.
- Validación e implementación de plataforma para la caracterización fenotípica.
- Calibración y validación del modelo de simulación AQUACROP (creado por FAO).

31. Los aportes mencionados corresponden a información disponible en el Informe final entregado a FONTAGRO, además de información colectada y suministrada por la Dra. María Teresa Pino, coordinadora del proyecto.



CASO 5. Adaptación del maíz y el frijol al cambio climático en centroamérica y república dominicana (2009-2014)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Honduras, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, El Salvador, Ecuador y República Dominicana, con un presupuesto total de US\$698.722 de los cuales US\$320.000 fueron aportes del BID y US\$378.722 fueron aportes de contrapartida de las instituciones. Fue liderado por el IICA de Costa Rica, y contó con la participación del EAP Zamorano (Honduras), ICTA (Guatemala), INTA (Nicaragua), INTA (Costa Rica), CENTA (El Salvador), INIAP (Ecuador) e IDIAF (República Dominicana)^{32 33}.

El maíz y frijol constituyen el principal sustento alimenticio y de ingreso en los productores familiares de la región de Centro América y el Caribe. El cambio y la variabilidad climática, especialmente manifestado a través de sequías cada vez más frecuentes y otros eventos extremos, no solo afectan al período de cultivo, sino que también favorece la aparición de plagas y enfermedades que afectan a la productividad, disminuyéndola. Sin embargo, en la región existe gran diversidad genética de estos cultivos, lo cual constituye una oportunidad para los programas de selección, mejoramiento y evaluación de nuevos híbridos y variedades.

De acuerdo con lo anterior, se definió como objetivo del proyecto contribuir a la reducción de la pobreza en la región a través de la investigación

dirigida a la adaptación de maíz y frijol al cambio climático, fortaleciendo la seguridad alimentaria y bienestar de las comunidades. Para ello, se establecieron cinco objetivos específicos: (i)



Evaluación del estrés hídrico en maíz.

Identificación y registro del germoplasma de maíz y frijol con características de alta productividad, adaptabilidad al cambio climático; (ii) evaluación participativa en comunidades piloto en los países; (iii) seguimiento y análisis de información climática; (iv) identificación de factores que orienten la investigación en maíz y frijol; y v) divulgación de los conocimientos e información generada.

Según las conclusiones del informe técnico final del proyecto, se destacan los siguientes logros:

i. El proyecto diseñó una estrategia regional de investigación articulada con los INIA y las redes

32. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Escuela Agrícola Panamericana (EAP-Honduras), Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA-Guatemala), Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA-Nicaragua), Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA-Costa Rica), Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique A. Costa (CENTA-El Salvador), Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP-Panamá) e Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF-Rep. Dominicana). Código de proyecto: ATN/KP-12193-RG.

33. Los resultados aquí presentados provienen del Informe Técnico Final, elaborado por Galileo Rivas (IICA) con la colaboración de Esteban López (IICA), Diego González (IICA), Álvaro Orellana (ICTA- Guatemala), Héctor Deras Flores (CENTA-El Salvador), Francisco Pavón (INTA- Nicaragua), Román Gordón (IDIAP-Panamá) y Julio Nin (IDIAF-República Dominicana)



regionales de maíz y frijol en la región. Se buscó crear un modelo coordinado de investigación e innovación que integre las instituciones y que sirva de espacio de cooperación para atender las demandas tecnológicas de los productores para la optimización y adaptación al cambio climático de dichos cultivos.



Cultivo de maíz, ensayos de estrés hídrico.

ii. Se identificó y registró germoplasma de maíz y frijol con características de alta productividad, resistencia y adaptabilidad al cambio climático. Los investigadores de las redes regionales de maíz y frijol del SICTA identificaron y evaluaron genotipos de frijol y maíz tolerantes a sequía y a altas temperaturas, los cuales fueron multiplicados y utilizados para establecer ensayos. En el caso de frijol, se establecieron ensayos regionales con énfasis en sequía y altas temperaturas. Se han recolectado, multiplicado, distribuido y evaluado 32 líneas de frijol (rojo y negro) y 22 líneas de maíz (blanco y amarillo) con características de tolerancia a estrés hídrico. En el estudio de maíz, existe disponibilidad de tres materiales sintéticos promisorios seleccionados para su validación en el ámbito regional. Se han registrado dos materiales (grano amarillo y uno blanco, QPM). En el estudio de frijol, se han identificado y evaluado veinte genotipos tolerantes a la sequía, y más de diez líneas promisorias están identificadas.

Además, han sido liberadas cuatro líneas de frijol, diez líneas mejoradas caracterizadas molecularmente, cien líneas avanzadas con tolerancia a la sequía, y se ha facilitado la semilla básica (veinte quintales por país).

De acuerdo con los reportes del proyecto, se lograron recolectar 453.5 kilos de semilla de frijol de líneas promisorias para su difusión en la región con características de tolerancia a humedad limitada, en proceso de liberación en algunos países, y 408.15 kilos de semilla de maíz de sintéticos promisorios para validación en campo de agricultores.

En el caso de frijol, fueron identificadas diez líneas promisorias con tolerancia potencial a estrés hídrico (sequía). Una de ellas, la línea SEN 52, fue recomendada en Costa Rica para su inscripción como nueva variedad de frijol bajo la denominación de Nambí en el 2018, después de conducirse investigaciones complementarias. Los resultados de validación en parcelas establecidas en Costa Rica muestran que, en condiciones de sequía, la variedad Nambí alcanza un rendimiento 75% superior en comparación con a la variedad Matambú (variedad más utilizada en el país). Aun cuando la variedad Nambí no enfrenta el estrés de sequía, su rendimiento sigue siendo un 5% mayor a la variedad Matambú. En Nicaragua, se lograron liberar los materiales INTA SEQUIA PRECOZ e INTA NEGRO SUREÑO, con muestra de resistencia y tolerancia a principales enfermedades de importancia económica como mosaico común (I), mosaico dorado (bgm-1), mancha angular y antracnosis. En el caso de maíz, se identificaron diez variedades de grano amarillo y ocho de grano blanco para ser evaluadas bajo condiciones de humedad limitada. Estos materiales fueron evaluados en Costa Rica en la zona piloto seleccionada durante el período de septiembre 2012-febrero 2013, lo que permitió identificar una variedad promisoriosa de maíz

34. Los aportes mencionados corresponden a información suministrada por los ingenieros Enrique Martínez y Adrián Morales, la cual fue elaborada por el Ing. Juan Carlos Hernández del programa de investigación en frijol del INTA en Costa Rica, el Ing. Francisco Sedó del Consejo Nacional de Producción (CNP) y el Ing. Nevio Bonilla Morales.



de grano amarillo (S13LTWQHAB02) con características de tolerancia a condiciones de humedad limitada³⁴.

iii. Se realizaron evaluaciones participativas dentro de las comunidades piloto de la región. Las redes de maíz y frijol identificaron cinco áreas piloto por país que presentaban una mayor vulnerabilidad a la sequía. Mediante criterios e indicadores



Fuente: Informe final del proyecto. Día de campo en Puerto Escondido. República Dominicana.

de germoplasma superior, iniciaron un proceso de evaluación de este material en las comunidades seleccionadas en cada país y con la participación de productores. Este proceso permitió la caracterización mediante marcadores del germoplasma promisorio desde el punto de vista agronómico, sensorial y molecular y la distribución y multiplicación de semillas de materiales promisorios a los INIA para la siembra de parcelas de validación en las comunidades.

iv. Se identificaron las variables o factores que delimitan las áreas de investigación más importantes a futuro y para cada país. Además de señalarse las condiciones climáticas

como uno de los factores determinantes de la productividad de estos cultivos, otros temas de relevancia para incorporar en los planes de investigación son el uso de fertilizantes, la capacidad de organización de los productores, la disponibilidad de asistencia técnica, el manejo integrado de plagas y enfermedades y la gestión eficiente del agua, entre otros que se citan en el informe técnico final.

v. Se caracterizaron doce localidades con vulnerabilidad al cambio climático en términos de sequía y se realizaron estudios de datos climáticos locales.

vi. Un logro importante fue el intercambio de experiencias y metodologías entre investigadores, así como con las instituciones de investigación de Corea.

vii. Se realizaron nueve publicaciones, tres presentaciones en seminarios y diversas actividades de difusión y transferencia en cada uno de los países.

En general, la información disponible nos permite observar productos con potencial de impacto, como las líneas promisorias identificadas y su posterior liberación. Sin embargo, al momento de este análisis no hay información disponible de los cambios observados en campo, ni del nivel de adopción estas.

Al presente año, en Costa Rica existe un inventario de 23.839 kg de semilla certificada y 7.581 kg de semilla registrada de la línea SEN 52 variedad Nambí. Además, se han vendido 219 kg de semilla categoría certificada para siembras comerciales.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- Estrategia regional de investigación en maíz y frijol.
- Identificación de materiales promisorios.



CASO 6. Ampliando la frontera agrícola de la papa para disminuir los efectos del cambio climático (clipapa) (2010-2014)

Este proyecto fue desarrollado por instituciones de España, Ecuador, Argentina, Bolivia, Perú, Costa Rica y Uruguay, con un presupuesto total de US\$1.059.500 de los cuales US\$493.500 fueron aportes de FONTAGRO y US\$566.000 fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. El organismo ejecutor fue NEIKER (España) y participaron como coejecutores INIAP de Ecuador, INTA de Argentina, Fundación PROINPA de Bolivia, INIA de Perú, Grupo Yanapai de Perú, el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica, y el INIA de Uruguay³⁵.

El cambio y la variabilidad climática provocan cambios en los patrones regulares de precipitaciones y temperatura, aun generando eventos extremos que afectan a la distribución geográfica y temporal de plagas y enfermedades, y a la productividad en general. Para disminuir la incidencia de estos efectos del clima, además de trabajar en temas de manejo o prácticas culturales, es necesario desarrollar nuevas variedades adaptadas a las condiciones adversas, aprovechando la biodiversidad natural existente en la región.

La papa tiene un papel clave en la cadena alimenticia global debido a su elevado valor nutricional y productividad. Sin embargo, este cultivo es muy sensible a estreses abióticos y bióticos, lo que causa importantes reducciones en el rendimiento y por tanto compromete la seguridad alimentaria. La mayoría de las variedades tradicionales de papa no están adaptadas a las condiciones que enfrenta el cultivo ante el cambio climático.

El objetivo del proyecto fue identificar y/o desarrollar variedades de papa con mejor adaptación a condiciones ambientales adversas en zonas productoras o aptas para el cultivo en zonas desfavorecidas. Para ello, se plantearon los siguientes objetivos específicos: (i) realizar evaluaciones fenotípicas de resistencias/tolerancias a diferentes estreses; (ii) evaluar marcadores específicos de genes candidatos para estreses bióticos y abióticos y caracterizar la composición alélica de variedades y germoplasma; (iii) realizar

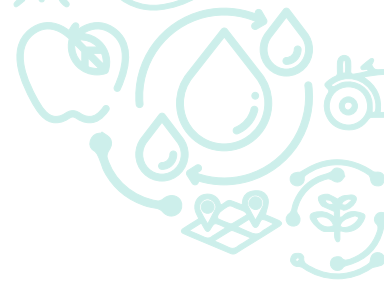


Ejemplo de germoplasma resistente a sequía.

actividades de mejoramiento genético integrando los resultados de los componentes anteriores para combinar características superiores de adaptación en el futuro próximo; y (iv) realizar actividades de difusión, transferencia y demostración para lograr la implantación efectiva de los resultados obtenidos tanto en el mundo científico como a nivel de agricultores y sus asociaciones.

Este proyecto buscó contribuir a la adaptación del cultivo de la papa a las posibles amenazas causadas por el cambio climático y evitar en el

35. Código de proyecto: FTG/RF-1025-RG.



futuro las pérdidas considerables en la producción. El proyecto facilitó una mayor disponibilidad de variedades apropiadas para condiciones ambientales adversas y que permitan una mejora de la competitividad del cultivo, aumentar su superficie y diversificar la producción. De acuerdo con las conclusiones del informe técnico final del proyecto, se destacan los siguientes logros³⁶:

i. Identificación de **68** variedades comerciales de papa adaptadas a condiciones climáticas adversas en cada país, especialmente con resistencia/tolerancia a sequía, calor y frío, y resistentes al tizón tardío a través de **72** ensayos de campo o invernadero. Estas variedades también se están utilizando ahora prioritariamente en los programas de mejora de papa de cada socio. Identificación de **280** progenitores útiles y progenies prometedoras (**350**) para los programas de mejoramiento genético como base para generar variedades con características superiores de adaptación en el futuro próximo. Se han identificado en las progenies ensayadas genotipos con tolerancias/resistencias combinadas que muestran un comportamiento agronómico superior.

ii. Identificación de 59 genes candidatos para diferentes estreses abióticos y desarrollo de marcadores moleculares para 31 alelos superiores de estos genes que se pueden aplicar en la selección asistida de material genético adaptado al cambio climático. De esta forma, se agiliza el proceso de selección y la obtención de nuevas variedades con características superiores. En algunos casos pueden aumentar el rendimiento hasta el 50% en condiciones de estrés.

iii. También se ha evaluado en variedades y clones de mejora genética de los socios la variación alélica existente de estos genes candidatos prometedores, identificando tanto nuevos alelos como la presencia de alelos superiores en cada caso. Esta información es

muy útil para los correspondientes programas de mejora. Se han identificado siete variedades con cierta tolerancia al frío que permiten establecer la producción de patata de siembra en el norte de España en otoño después de cereal, e incrementar de esta forma el beneficio del agricultor en un 30%.

Inicialmente, las actividades del proyecto se centraron en la identificación de variedades comerciales resistentes al frío, calor, sequía y *Phytophthora infestans*. El resultado fue la recomendación de catorce variedades resistentes en España, ocho en el Perú y dos en Argentina. Con esto se esperaba mejorar los beneficios de los agricultores gracias al incremento en el rendimiento, resultado de la adopción de dichas variedades. Se documentó que el incremento de área bajo estas variedades llegó a por lo menos 1.200 ha. En España,



Experimento de difusión de variedades en marco y acolla (Perú).

por ejemplo, se estima que el uso de siete de las variedades seleccionadas con tolerancia al frío incrementaron el beneficio de los agricultores en un 30%. Además, como beneficio adicional, en el caso de Perú se documentó que el uso de algunas de estas variedades llevó a requerir menos aplicaciones de herbicidas que algunas de las variedades tradicionales.

Posteriormente, las actividades se centraron en la identificación de materiales promisorios útiles para la futura liberación de variedades,

36. Resultados descriptos en el Informe técnico final por el equipo de trabajo coordinado por el Dr. Enrique Ritter



para lo cual se emplearon técnicas de mapeo por asociación y se realizaron diversos cruzamientos. A la fecha, el conocimiento generado ha sido incorporado a los programas de mejoramiento de las instituciones de la plataforma y se ha logrado la liberación de tres nuevas variedades: la variedad BRAVA INTA que será utilizada para la producción de papa frita en bastones en Argentina, y las variedades INIAP-Libertad e INIAP-Josefina, liberadas en



Ejemplo de germoplasma resistente a sequía.

Ecuador en 2015. INIAP-Libertad es resistente a tizón tardío y alcanza rendimientos promedio de 40 toneladas/hectárea (frente al testigo SUPERCHOLA que produce 27 toneladas/hectárea). INIAP-Josefina es tolerante a sequía y produce 25% más en condiciones de déficit hídrico, comparado con el testigo comercial.

Por otra parte, en Perú el Grupo Yanapai ha seleccionado por su resistencia al tizón tardío el clon BIC5003.3 y lo ha evaluado en varias comunidades durante el período del proyecto. Dicho material, si bien no ha podido

ser lanzado oficialmente, ha sido aceptado por los agricultores y se estima que 100 de ellos, de las comunidades de Junín y Huancavelica tienen la semilla, la multiplican, la consumen e intercambian.

iv. Desarrollo de la metodología adecuada para la evaluación eficiente de adaptación a estreses abióticos que es superior a la metodología que se utilizaba hasta la fecha.

v. Capacitación de 990 agricultores en el uso de variedades recomendadas. Realización de 26 publicaciones, 41 presentaciones en congresos, 74 actividades de diseminación de resultados y transferencia tecnológica que han incrementado el interés en la problemática del cambio climático y la adopción paulatina de las variedades identificadas que muestran tolerancias a diferentes estreses. Ocho de estas publicaciones han alcanzado un total de 64 citas, la más reciente realizada por el INIA Perú en dos nuevas comunicaciones preparadas; la primera presentada en la reunión de la Asociación Latinoamericana de Papa (ALAP) en el 2018 y la segunda se espera presentar en ALAP 2020³⁷.

vi. Aumento de superficie con variedades/clones recomendados (1200 Ha).

Este proyecto es un claro ejemplo de que los beneficios esperados pueden exceder el tiempo de ejecución, así como el hecho de que estarán limitados por el uso que se dé a los conocimientos generados, y por los recursos disponibles para dar continuidad al proceso.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- Evaluación e identificación de materiales resistentes al frío, calor, sequía y *Phytophthora infestans*.
- Detección de marcadores moleculares específicos útiles para la selección asistida de material genético adaptado al cambio climático.
- Identificación de materiales promisorios para la generación de variedades adaptadas en el futuro.



CASO 7. Plataforma para consolidar la apicultura como herramienta de desarrollo en América Latina y el Caribe (2013-2017)

Este proyecto fue desarrollado por instituciones de Argentina, Costa Rica, Uruguay y República Dominicana, con un presupuesto total de US\$4.191.352 de los cuales US\$397.169 fueron aportes de FONTAGRO y US\$4.416.683 fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por el INTA de Argentina y contó con la participación de otras cuatro organizaciones, MINAGRI de Argentina, INTA y SENASA de Costa Rica, INIA de Uruguay e IDIAF de República Dominicana³⁸.

Centroamérica y el Caribe tienen un alto potencial de recursos naturales como bosques y otros agroecosistemas que facilitan la expansión de la frontera apícola. Sin embargo, para que la apicultura pueda desplegar su extraordinario potencial de crecimiento en América Latina y el Caribe y transformarse en una genuina herramienta de desarrollo, es necesario superar una serie de restricciones sociales, ambientales, tecnológicas y de mercado, que interactúan entre sí. Entre los desafíos tecnológicos, se necesita identificar y validar nuevo conocimiento para ambientes tropicales y subtropicales. Adicionalmente, experiencias anteriores de trabajo en apicultura en Argentina y República Dominicana demostraron que esta actividad productiva es un medio para que modelos asociativos de pequeños apicultores puedan vincularse al mercado.

El objetivo del proyecto fue optimizar el proceso de innovación para potenciar la apicultura como herramienta de desarrollo en América Latina y el Caribe. Se conformó una plataforma que contribuyó al desarrollo territorial local en cada país, validando la experiencia apícola y generando las capacidades tanto para su expansión a otros países interesados, como su ampliación a otras cadenas de valor de interés para la pequeña agricultura familiar. El proyecto incluyó cinco componentes: (i) capacitación, (ii) innovación, (iii) cooperación y articulación, y (iv) componente de comunicación. Según las conclusiones del informe técnico final del proyecto, se destacan los siguientes logros³⁹:

- i. Se capacitó y conformó un equipo de 86 investigadores y 265 técnicos territoriales que articulan con más de 6.000 apicultores. A partir de este equipo, se desarrollaron 48 senderos tecnológicos adecuados a las condiciones locales, que se validan en una red de 48 unidades demostrativas a partir de las cuales se difunde la tecnología y se genera información local, que puede ser consultada en línea en el visualizador de las unidades demostrativas apícolas (UDAS)⁴⁰.
- ii. Sobre la base de la articulación con el CREDA de España, el Instituto de Investigación en Economía del INTA y la Facultad de Ciencias

38. Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina (MINAGRI), Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA Uruguay), Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Servicio de Sanidad Animal (SENASA) de Costa Rica. También participaron como organizaciones asociadas el MARNDR de Haití, CREDA de España, Redapi de República Dominicana, Sociedad Apícola Uruguaya, Sociedad Argentina de Apicultores, Cluster Apícola NOA/Centro y Cluster Apícola de la Cuenca del Salado en Argentina. Código de proyecto: FTG/RF-1331-RG.

39. Resultados descriptos en el Informe técnico final por el equipo de trabajo coordinado por el Dr. Enrique Bedascarrasbure.

40. Vínculo al proyecto: www.redlac-af.org. En <https://www.redlac-af.org/visualizaadorudas> se pueden visualizar los datos técnicos en tiempo real y los resultados económicos de la implementación del sendero tecnológico.



Económicas de la Universidad Nacional de Mar del Plata desarrollaron las capacidades para el análisis de cinco cadenas de valor local y dos a nivel global. Se desarrollaron siete nuevos procesos y diez productos con valor agregado a las materias primas producidas por las abejas. Se apoyó la vinculación de diez modelos asociativos con los mercados de productos con valor agregado y gestión de la calidad en República Dominicana, Costa Rica y Argentina. Se lograron modelos asociativos sustentables en los territorios. Se trabajó en planificación estratégica con cuatro clusters y un plan estratégico de la plataforma. Se elaboró y presentó a los decisores de políticas el plan estratégico “Dominicana apícola 2030 - Desarrollo inclusivo con cuidado del ambiente” que se encuentra en ejecución y dio origen al “Seminario de Innovación para la agricultura familiar” con apoyo de FAO. Se logró un proyecto FOAR con apoyo de la Cancillería Argentina para desarrollar en el período 2017/19 el Plan Estratégico Apícola de Costa Rica. Se sentaron las bases de una red de comunicación y difusión combinando el sitio colaborativo restringido a los 400 miembros del equipo con la Web del proyecto, las de las instituciones participantes, redes sociales y medios masivos desde los que se llega a alrededor de 20,000 apicultores.

iii. Con la Facultad de Ciencias Veterinarias (Universidad Nacional del Centro) se diseñó la Licenciatura en Apicultura para el Desarrollo. Se elaboró un Plan de Capacitación a distancia para los técnicos territoriales (en conjunto con el Programa de Capacitación a Distancia del INTA) y se iniciaron las gestiones para implementarlo conjuntamente con la Universidad Tecnológica Nacional de Costa Rica. Se desarrolló una tecnicatura en conjunto con la Universidad Nacional del Litoral. Se desarrollaron 230 jornadas de capacitación en los territorios, seis cursos y seminarios de posgrado presenciales y a distancia y doce capacitaciones específicas

respondiendo a necesidades puntuales de cada país.

iv. Se ajustaron 48 senderos tecnológicos; se desarrollaron los sensores remotos para medición de temperatura y humedad a partir de los cuales se implementaron ensayos de evaluación para adaptación al cambio climático. Se evaluaron y preservaron seis materiales genéticos (incluido uno con tolerancia a varroosis no previsto⁴¹). Se diseñaron los protocolos e implementaron cinco modelos SAP, se desarrollaron los protocolos e implementaron treinta ensayos para evaluación del servicio de polinización en doce cultivos. Como principales productos no previstos por el proyecto, se diseñó una estrategia de diagnóstico y control del pequeño escarabajo de la colmena, un proyecto de investigación FONDOCyT en República Dominicana y una presentación a Foundation For Food And Agriculture Research - Pollinator Health Fund. A 2017, se estima que la adopción del sendero tecnológico genera alrededor de US\$2.000 adicionales al año a cada agricultor en República Dominicana, mientras que en Argentina se observa un incremento en US\$2.041/año (225%) en la retribución a la mano de obra familiar, alcanzando beneficios netos de hasta US\$6.874/año.

Adicionalmente, fueron desarrollados los siguientes productos: extracto blando de propóleos (EBP), solución hidroalcohólica de propóleos al 10% (SHAP10), gel hidroalcohólico con propóleos, miel con propóleos, crema hidratante con miel, crema hidrosoluble con propóleos, emulsión con propóleos, caramelos con miel y propóleos, hidromiel e hidromiel lupulada (cerveza de miel) y miel con identidad de origen geográfico (IG) y gestión de calidad. Se destaca que por lo menos cinco de estos productos están siendo comercializados por diferentes asociaciones en Argentina, Costa Rica y República Dominicana alcanzando

41. *Varroa sp.* es un ácaro, parásito externo, que constituye el principal enemigo de las abejas a nivel global.

42. Los aportes mencionados corresponden a información colectada y suministrada por el Dr. Enrique Bedascarrasbure, investigador líder del proyecto.

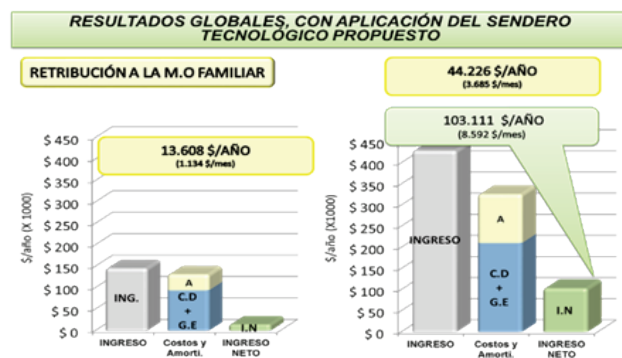


alrededor de 7.200 apicultores. Siendo el caso de la miel certificada con trazabilidad el producto de mayor éxito ya que la Exportadora NEXCO SA lidera el mercado con un 30% de la oferta, pero además el proyecto integra alrededor de 6.000 apicultores que participan activamente del proceso de innovación.

v. Se desarrolló un sitio colaborativo para el trabajo de los más de 400 miembros del equipo, una página web y se realizó un trabajo exploratorio con las redes sociales. El producto más avanzado en este sentido se logró en el marco del Cluster Apícola de la Cuenca del Salado (Argentina) donde se llegó hasta el programa radial “La miel en tu mesa”. Se realizaron 238 publicaciones, más de veinte folletos (uno en castellano e inglés), una gacetilla de distribución mensual en conjunto con el MINAGRO en Argentina que ya alcanza a 3.000 apicultores, un boletín que se pondrá en marcha en República Dominicana y videos de casos exitosos. Se presentó la REDLAC en nueve congresos nacionales e internacionales y se organizó un seminario sobre innovación para la agricultura familiar en conjunto con el Ministerio de Agricultura y Ministerio de Industria de República Dominicana y FAO.

vi. Los investigadores han dado continuidad a las actividades del proyecto y actualmente se

está realizando seguimiento en las diferentes zonas intervenidas, lo que permitirá obtener a futuro una mayor visión del impacto alcanzado. Tal es el caso de los senderos de COSAR y Flor de Garabato en Argentina donde, de acuerdo con el trabajo de Castignani, Masiangelo y Cabrera (2018), se observa que estas unidades están presentando una rentabilidad mayor en comparación con quienes no lo aplican, alcanzando once puntos porcentuales más en COSAR y treinta y tres puntos porcentuales más en Flor de Garabato⁴².



Fuente: Investigador líder del proyecto Enrique Bedascarrasbure. Resumen del análisis realizado por el INTA-PROAPI. Nota: En el lado izquierdo la escala es de 150 col/apic mientras en la derecha la escala es de 450 col/apic. Además, los cálculos fueron realizados con un dólar a \$15.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- Tecnicatura universitaria.
- Licenciatura virtual en Apicultura para el desarrollo.
- 40 senderos tecnológicos ajustados.
- Red de Unidades Demostrativas.
- Desarrollo de diez nuevos productos comerciales.

⁴² Los aportes mencionados corresponden a información colectada y suministrada por el Dr. Enrique Bedascarrasbure, investigador líder del proyecto.



CASO 8. Modelo de plataforma para el aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos (2013-2017)

Este proyecto fue desarrollado en Colombia y España, con un presupuesto total de US\$1.014.059 de los cuales US\$390.000 fueron aportes de FONTAGRO y US\$624.069 aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por el Instituto de Biotecnología y Agroindustria de la Universidad de Colombia (Sede Manizales) y contó con la participación de cuatro instituciones más, AGROSAVIA, Frugy S.A, IRTA y AKIS (España)⁴³.

La fruticultura es una actividad económica de importancia creciente en América Latina y el Caribe y en especial en Colombia, con especial referencia a pequeños y medianos productores. Sin embargo, las cadenas frutícolas andinas tienen desafíos comunes relacionados a temas de mercado y precio, intermediación comercial, necesidad de asistencia técnica y agroindustria poco desarrollada, entre otros. Sin embargo, en lo referente a producción primaria existen aspectos que sí pueden mejorarse como la planificación de siembra, manejo de desechos y subproductos, estandarización de procesos de

cosecha y poscosecha y manejo deficiente de suelo y agua, entre otros.

Este proyecto tuvo como objetivo construir un modelo sostenible y sustentable de innovación de la cadena de frutas andinas de mora (*Rubus glaucus Benth*), lulo (*Solanum quitoense Lam*), maracuyá (*Passiflora Edulis Sims*), guayaba (*Psidium guajaba L*), y tomate de árbol (*Cyphomandã betacea Cav Sendt*). El proyecto también buscaba el empoderamiento de pequeños productores y transformadores involucrados por medio del desarrollo de un modelo de plataforma para el aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales de la zona andina. Las actividades del proyecto se centraron en cuatro componentes: i) caracterización, tipificación y zonificación de cultivos en el área geográfica de influencia, ii) preservación de la calidad de frutas en poscosecha y transformación, iii) promoción al consumo a través de dos prototipos de producto (barras de mora y de guayaba-pera orgánica) que fueron puestos a prueba de concepto y



Maracuyá



Tomate



Lulo

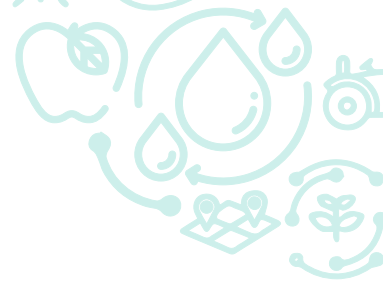


Mora



Guayaba

43. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Agricultural Knowledge & Innovation Services International (AKIS), Instituto de Investigación y Tecnología en Alimentos y Agricultura-Universidad de Lleida (IRTA) y Frugy S.A. Código de proyecto: FTG/RF-1330-RG.



Prácticas de inocuidad.

que incluye un estudio de la percepción de los consumidores, y iv) gestión del conocimiento y transferencia de tecnología mediante la preparación de tres libros, siete artículos, y la realización de dieciocho eventos y la creación de la página web del proyecto que ha recibido en promedio 22.265 visitas por año desde 2015⁴⁴.

De acuerdo con las conclusiones del informe técnico final del proyecto, se destacan los siguientes logros⁴⁵:

i. EL proyecto facilitó la creación de una plataforma público-privada que mejoró la intensificación sostenible de la fruticultura andina y su vinculación al mercado. Inicialmente, se organizó un grupo con la empresa Frugy y algunos agricultores que les proveían de fruta. Los investigadores del proyecto asumieron la orientación técnico-científica de este Grupo de Transformador-Agricultores (GTA). Por el interés que despertó este enfoque, dos empresas más (Alpina y FLP) conformaron dos nuevos GTA.

ii. Se caracterizaron, tipificaron y zonificaron cultivos en el área geográfica de influencia, el control y supervisión de uso de plaguicidas, la evaluación de las necesidades hídricas de

los cultivos, la valoración de vías de acceso y el monitoreo de parcelas de agricultura orgánica. En la segunda etapa, se realizaron estudios de preservación de la calidad de frutas en poscosecha, en busca de alternativas innovadoras de transformación y reutilización de sus residuos. Para la tercera etapa, los prototipos de productos obtenidos fueron evaluados por consumidores nacionales e internacionales para conocer los niveles de aceptabilidad y las reformulaciones y/o mejoras. Finalmente, se plantearon diferentes estrategias de comunicación a través de productos académicos (libros, artículos, ponencias), productos de divulgación (revistas, noticias, videos, página web) y actividades de contacto masivo (talleres de campo, conferencias y capacitaciones).



Productor de lulo.

iii. Se estudiaron nueve zonas agroecológicas, ubicadas entre los pisos térmico cálido (0-1.000 msnm, temperatura mayor de 24 °C), medio (1.000-2.000 msnm, 18 a 24 °C), y frío (2.000-3.000 msnm, 12 a 18 °C). Se generaron 24 mapas relacionados con la localización y distribución espacial para las fincas y las subregiones de los departamentos de Caldas y Risaralda.

44. Los aportes mencionados corresponden a información suministrada por el Dr. Carlos Eduardo Orrego, investigador líder del proyecto.

45. Resultados descriptos en el Informe Técnico final por el equipo de trabajo coordinado por el Dr. Carlos Orrego Alzate.



iv. Además, el proyecto ha beneficiado 37 parcelas que fueron directamente monitoreadas y alrededor de 1.276 productores que participaron en las acciones de supervisión, acompañamiento y capacitación. Entre los principales aportes, se encuentra la recomendación de reemplazar el uso de productos químicos por productos de origen biológico. En particular, el uso de hongos entomopatógenos y antagonistas para el manejo de plagas que, de acuerdo con las evaluaciones preliminares realizadas, permiten una reducción de los problemas de plagas hasta de un 60% para el caso de mora y de un 80% para lulo y maracuyá. Al respecto, se observó un incremento en el uso de estos productos del 16% entre los fruticultores, monitoreados y asesorados. Adicionalmente, en el marco del proyecto, la empresa Frugy logró la certificación orgánica de sus pulpas de fruta.

v. Por otra parte, se desarrollaron prototipos de productos basados en distintos tipos de residuos, así como de aquellas frutas denominadas de segunda y tercera calidad. A la fecha, estos productos no están siendo

comercializados. No obstante, el grupo de investigación que coordinó el proyecto continúa investigando y tiene planeado en un futuro cercano incursionar en el mercado.

Como se presentó, este proyecto ha desarrollado no solo nuevos conocimientos para mejorar la gestión productiva y agronómica de las fincas, sino además ha avanzado en la cadena de valor, vinculando al productor con los procesadores, y desarrollando nuevos productos y subproductos derivados de las frutas andinas con valor agregado y acceso a mercado. Estos resultados podrían ser evaluados en un futuro cercano, para conocer el efecto de la inversión de FONTAGRO en este tema.



Equipo de trabajo del proyecto.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- Capacitación y acompañamiento en el uso de productos biológicos y producción orgánica.
- Alternativas de productos a partir de residuos de fruta.



CASO 9. Innovaciones tecnológicas en el manejo integrado del cuero de sapo de la yuca (*manihot esculenta crantz*): estrategias para reducir el impacto de la enfermedad por efectos del cambio climático en Colombia, Costa Rica y Paraguay (2010-2015)

Este proyecto fue desarrollado en los países de Costa Rica, Colombia y Paraguay, con un presupuesto total de US\$680.000 de los cuales US\$320.000 fueron aportados por el BID y US\$360.000 fueron aportes de contrapartida de las instituciones participantes. Fue liderado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) localizado en Colombia, y participaron como coejecutores el INTA de Costa Rica, el IPTA de Paraguay y UNICORDOBA (Colombia)⁴⁶.

La yuca constituye un alimento básico en la dieta de millones de personas en el mundo, además de ser un cultivo industrial con alto potencial que genera ingresos permanentes para pequeños y medianos agricultores, aportando al desarrollo social de las regiones donde se cultiva. El Cuero de sapo (CS) es considerado como una de las enfermedades más limitantes para el cultivo de yuca puesto que afecta directamente la producción de raíces, y provoca pérdidas en el rendimiento del cultivo de entre 90% o más (Pineda, 1983, Calvert y Cuervo, 2002). La enfermedad retrasa incluso el mejoramiento de los rendimientos de las variedades para asegurar la estabilidad de la producción. Lo anterior se suma al escaso conocimiento que se tenía sobre la etiología de la enfermedad y por la falta de metodologías eficientes para la detección de los posibles patógenos involucrados que permitan la selección de materiales libres de la enfermedad en campo o invernadero.



Entrega de 4.500 plantas de yuca a asociaciones de agricultores en mayo de 2015.

El objetivo del proyecto fue fortalecer las cadenas de valor de la yuca, mejorando el bienestar socioeconómico de los productores del cultivo y disminuyendo la enfermedad del Cuero de sapo en Colombia, Costa Rica y Paraguay, a través de la implementación masiva de tecnologías innovadoras que permitan optimizar la productividad, reducir el impacto del cambio climático sobre el cultivo y proteger la seguridad alimentaria y el ambiente. El proyecto se planteó aplicar un esquema de investigación con participación de universidades, productores y procesadores de yuca. Para cumplir con este fin, se establecieron cuatro componentes: (i) analizar el impacto potencial actual y futuro del cambio climático sobre la enfermedad del CS y los vectores que la transmiten y, a la vez, plantear un estudio epidemiológico de la enfermedad en Colombia, Costa Rica y Paraguay; (ii) implementar un sistema de producción de semilla vegetativa

46. Código de proyecto: ATN/OC-12909-RG.



certificada, mediante el uso de un sistema in vitro y de cámaras térmicas de multiplicación de material de siembra; (iii) evaluar el efecto de micronutrientes, fertilizantes y extractos vegetales sobre el comportamiento de la enfermedad del CS en variedades locales; y (iv) seleccionar genotipos de yuca resistentes o tolerantes al CS para las zonas de estudio.

Según las conclusiones del informe técnico final del proyecto, se destacan los siguientes logros⁴⁷:



Material in vitro de yuca (Izquierda) y entrega del material libre de la enfermedad a agricultores del consejo comunitario del PILAMO en el municipio de Guachené (Derecha).

i. Con el proyecto se fortaleció la cadena de valor de la yuca en Colombia, Costa Rica y Paraguay, a través del desarrollo de nuevo conocimiento y validación de tecnologías que mostraron afectar la productividad.

ii. Se georreferenciaron zonas de cultivos de yuca con presencia de la enfermedad del Cuero de sapo (CS) en los tres países, se hizo el modelamiento de la distribución de la enfermedad, para lo cual se utilizó información climática de las bases de datos WorldClim y posteriormente se generaron los mapas de distribución de la enfermedad utilizando los softwares Maxent y EcoCrop. En zonas con presencia de CS en los tres países, se recolectaron muestras vegetales e insectos. En Colombia se georreferenciaron 253 puntos de zonas con presencia y ausencia de la enfermedad en los departamentos de Cauca, Tolima, Córdoba, Sucre, Casanare,

Meta, Vaupés. Se estableció la correlación de las dos zonas (con presencia y ausencia de la enfermedad), y se concluyó en que factores climáticos de precipitación y temperatura están relacionados con la expresión natural de la enfermedad. Se generaron tres mapas por cada país de predicción de la distribución actual y futura al 2020 y al 2050 de la enfermedad del CS. En Costa Rica se georreferenciaron 42 puntos de zonas con presencia y ausencia de Cuero de sapo. Se generaron tres mapas de predicción de la distribución actual, futura al 2020 y al 2050 de la enfermedad. En Paraguay se georreferenciaron 89 puntos de las principales zonas productoras de Paraguay en las localidades de Caaguazu, Raul Arsenio Oviedo, Repatriación, Coronel Bogado, General Artigas, San Juan Bautista, Altos, Loma Grande, Nueva Colombia, Santa Elena, 1 de Marzo, Itakyry, Minga Guazu, Caazapa, Maciel, General Higinio Morinigo, San Juan Nepomuceno, Ybycui, Carapegua, Concepción, Belén, Loreto, Horqueta, Yby yau, Pedro Juan Caballero, Bella vista Norte, Capitán Bado, Paso Yobai, Mauricio José Troche, San Salvador, Borja, Chore, Curuguaty, Villa Ygatymi, Yhovoy, Chaco. Se generaron modelos de distribución actual de la enfermedad y futura al 2020 y al 2050.

iii. Se construyeron cinco cámaras térmicas con sistema automatizado PLC para regular humedad, riego y temperatura. Se sembró semilla vegetativa (estacas). El proceso de macropropagación y limpieza duró treinta días durante los cuales las plantas crecieron a una temperatura entre 45-50 °C. Al terminar el proceso de macropropagación y limpieza, las plantas fueron evaluadas por presencia o ausencia del fitoplasma utilizando la técnica de PCR en tiempo real, estandarizada e implementada en CIAT (Colombia), INTA (Costa Rica) e IPTA (Paraguay). La técnica permitió certificar el material de siembra limpio en los tres países. Se produjeron 40.520 plantas en las cámaras térmicas. Por cultivo in vitro a partir de yemas apicales se produjeron 6.200 plantas, y se distribuyeron a agricultores



en Colombia y Costa Rica. En Paraguay se introdujeron 55 genotipos de yuca in vitro y se multiplicaron en CODIPSA 5.800 plantas in vitro para su evaluación y distribución posterior a los agricultores. Con las actividades realizadas, se logró iniciar la construcción de una cámara térmica en Costa Rica, la cual ha sido terminada a comienzos de 2018 y se han iniciado experimentos para la posterior distribución de la semilla. En Colombia, se produjeron cerca de 37.500 plantas bajo el



Investigadores de CIAT e IPTA de Paraguay realizando detecciones moleculares de fitoplasma 16SrIII mediante la técnica de qPCR.

sistema de cámaras térmicas y 8,000 plántulas mediante la técnica de yemas apicales en la cámara térmica de CIAT. Además, la tecnología ha sido implementada por iniciativa privada en Colombia y Brasil y se tiene conocimiento de que estas cámaras están funcionando de manera exitosa.

iv. Se obtuvo un incremento en el rendimiento del 20% con el uso del inductor de resistencia Kendal y una disminución en el porcentaje de incidencia de la enfermedad del 10%.

v. Se identificaron como tolerantes los genotipos HMC-1, Amarga (genotipo local del Departamento del Cauca) y CM 1495-7 los cuales presentaron altos rendimientos y una incidencia de Cuero de sapo inferior al 5% y severidad grado. El genotipo de yuca MPER-183 se identificó como resistente, no presentó síntomas de la enfermedad del Cuero de sapo.

vi. Este proyecto logró la capacitación de alrededor de 456 agricultores ubicados en los diferentes países participantes en temas de manejo de la enfermedad del CS, la macro propagación de material de siembra de yuca, la selección de material de siembra limpio, entre otros.

vii. La metodología de detecciones moleculares ha sido adoptada y mejorada por el Banco de Germoplasma de CIAT. Como resultado, se obtuvo una nueva metodología más sensible y eficiente, que permitió una disminución significativa del tiempo de evaluación del material. En el pasado, la evaluación de la colección de yuca del Banco de Germoplasma de yuca tomó alrededor de veinte años; con esta innovación, se espera realizar este proceso en –aproximadamente– dos años. También, a través de este proyecto, han llegado a agricultores de Centroamérica variedades de yuca mejoradas con un rendimiento de hasta 63% mayor que el que se obtiene con las variedades tradicionales, que han sido evaluadas con la nueva metodología. Finalmente, se destaca que estos resultados han sido posibles gracias a la continuidad de investigación y el apoyo de otras instituciones en la realización de nuevos proyectos⁴⁸.

PRINCIPALES PRODUCTOS:

- Zonas con presencia de la enfermedad fueron georreferenciadas en los 3 países.
- Desarrollo de sistemas para la producción de semilla vegetativa certificada.
- Capacitación y estandarización de las condiciones de PCR en tiempo real para la certificación de semilla de yuca.

48. Zonas con presencia de la enfermedad fueron georreferenciadas en los 3 países.



Capítulo V. Conclusiones

Desde 1998, FONTAGRO se ha consolidado como un importante mecanismo de cooperación científico-técnica regional a la vez que como promotor de plataformas interinstitucionales, público-privadas, que actúan a la manera de verdaderos laboratorios de innovación para el sector agropecuario de América Latina y el Caribe. Sus logros son considerados bienes públicos regionales claves para el desarrollo regional.

Desde 2003, FONTAGRO implementó análisis frecuentes de resultados e impacto potencial de las inversiones realizadas a través del cofinanciamiento de proyectos junto con otras agencias. Dichos análisis señalan la contribución de FONTAGRO a la generación de conocimiento científico, al desarrollo de innovaciones tecnológicas y, muy especialmente, al fortalecimiento de capacidades tecnológicas y la creación de capital social. En 2014, se realizó el primer análisis *ex post*, en el cual se generó evidencia sobre repercusiones económicas, sociales y ambientales producida directa o indirectamente por dichos proyectos.

El análisis brindó nuevos aportes en cuanto a la contribución de FONTAGRO al fortalecimiento de las instituciones participantes y, fundamentalmente, a la creación de redes de científicos y técnicos que perduran más allá de la vida del proyecto. Sin embargo, aún estaba pendiente generar evidencia del beneficio económico que estas inversiones podrían haber originado. En ese sentido, este estudio tuvo por objetivo estimar el retorno económico de un grupo de proyectos, para documentar de manera *ex post* y *ex ante*, según el caso, parte del flujo de beneficios producidos a partir de las innovaciones desarrolladas en ellos.

En un inicio, se esperaba poder incluir en este análisis hasta veinte proyectos. No obstante, este objetivo no

pudo lograrse debido a lo siguiente: i) que los proyectos no fueron diseñados inicialmente para recibir este tipo de análisis y evaluación, ii) que existe gran espacio de tiempo transcurrido desde la finalización del proyecto hasta el momento actual del análisis, iii) que existió dificultad de acceso a la información necesaria, y iv) que las innovaciones generadas se encuentran en distinta etapa de madurez (algunas más cerca del conocimiento aplicado, y otras ya están siendo adoptadas por los beneficiarios), entre otras razones.

El estudio tuvo como horizonte de evaluación el período 1998-2018, y utilizó en la mayoría de los casos la metodología de excedentes económicos (Alston y otros, 1995). Para cada caso, se estimó el valor presente neto (VPN), la relación beneficio/costo y la tasa interna de retorno (TIR).

En los siete casos *ex post* considerados, se buscó documentar la evidencia que existe sobre los impactos que se pueden atribuir al cofinanciamiento de FONTAGRO. Este grupo de proyectos tenía información primaria y secundaria suficiente para realizar la evaluación *ex post*, y en solo un caso se presentó una evaluación *ex ante* realizada por uno de los participantes del proyecto. Por otro lado, este estudio también destaca otros nueve casos de proyectos con resultados preliminares promisorios para generar nuevas tecnologías e innovaciones para el sector agropecuario.

Se demostró, además, que el grupo de proyectos seleccionados para análisis evidenció beneficios económicos que, en su mayoría, superaron la inversión realizada. Sin embargo, se destaca que, en muchos de estos casos, solo fue posible evaluar uno o algunos de los múltiples componentes que desarrolló cada proyecto, como también solo pudo realizarse el análisis en un solo país o alguno de los países participantes



del proyecto, pero no en todos aquellos en los que podría haber tenido efecto (spillovers); por lo que el beneficio total generado por dichos proyectos podría ser mucho mayor.

Asimismo, este estudio estimó que el beneficio generado solo por siete proyectos evaluados *ex post* alcanzó un valor presente neto de US\$75.983.240 y, si se considera el proyecto que recibió el análisis *ex ante*, el beneficio alcanzado es de US\$83.753,240. En promedio, para estos proyectos evaluados de manera *ex post*, se calculó un VPN promedio de US\$10,854.749. Respecto a la relación beneficio/costo estimada, el análisis muestra un rango de entre 1,4 hasta 30,6. Finalmente, la TIR estimada para estos mismos siete proyectos fluctúa entre 16.4 y 314,1.

Es interesante destacar algunos logros, tales como las variedades mejoradas de camote (con alto impacto en la nutrición humana y animal), el rescate de la papa nativa en los Andes (que mejoró el nivel de ingreso de los productores y por tanto su nivel de vida) y promovió la creación de productos certificados de exportación (chips de papa de colores), la producción de semilla sana de banano (aumentando el 25% de rendimientos y una disminución de costos del 15%), el desarrollo de bioinsumos para la quinua y otros cultivos de los Andes que facilitaron el desarrollo de un nuevo negocio y la creación de la empresa Biotop (además de afectar positivamente disminuyendo el impacto al ambiente, los costos y mejorando el ingreso de los productores), entre otros.

Este estudio también destacó nueve proyectos adicionales donde, si bien no existe información suficiente para completar un análisis de resultados y retornos económicos *ex post*, se documentaron resultados preliminares promisorios y otros avances que se lograron después de su culminación.

Finalmente, el ejercicio de analizar los retornos económicos sobre los proyectos de cooperación técnica regional ha dejado lecciones aprendidas. Entre ellas, podemos destacar la necesidad de incluir el diseño de evaluación de proyectos desde el inicio de estos, como así también definir los indicadores de cambio que deberán monitorearse. Por otro lado, la necesidad de unificar y digitalizar el sistema de información de resultados de dichos indicadores, de modo que pueda accederse fácilmente a la información. Adicionalmente, incluir al sector privado es clave para fomentar el escalamiento de las innovaciones más promisorias, y así poder alcanzar a mayor número de beneficiarios. Para finalizar, la necesidad de fortalecer capacidades de evaluación de resultados e impactos en las instituciones participantes.

FONTAGRO ha cumplido su rol estratégico de establecer un mecanismo de financiamiento sostenible para el desarrollo de la tecnología agropecuaria en América Latina y el Caribe e instituir un foro para la discusión de temas prioritarios de innovación tecnológica. Este estudio *ex post* que estima retornos económicos de solo una parte de las numerosas tecnologías e innovaciones que se han generado por proyectos cofinanciados por FONTAGRO ofrece resultados alentadores y da una muestra del valor que ha tenido FONTAGRO como mecanismo de cooperación dentro del desarrollo del sector agropecuario de América Latina y el Caribe.



Recomendaciones

Este estudio ha dejado lecciones aprendidas que deben tomarse en cuenta para mejorar futuras evaluaciones de proyectos de cooperación técnica regional. A continuación, se señalan algunas recomendaciones:

1. Institucionalizar la evaluación de resultados e impactos entre las instituciones participantes de los proyectos de cooperación regional

Si bien las instituciones participantes formulan proyectos de cooperación técnica regional para FONTAGRO, al no estar institucionalizado/s internamente en ellas el/los mecanismos de evaluación de resultados e impactos, se dificulta la implementación de las actividades y, por tanto, la generación de la evidencia sobre los resultados e impactos que los proyectos pueden alcanzar. Esta es una de las principales causas observadas y que ha hecho que este estudio no haya podido explotar todo su potencial.

2. Incluir el diseño de evaluación durante la etapa de preparación del proyecto y establecer mecanismos de evaluación a la finalización del proyecto

La inclusión de la evaluación de impacto en la etapa de preparación del proyecto permitirá identificar el método de evaluación de impacto más apropiado y la información e indicadores que se necesitarían recolectar a lo largo de la implementación y a posteriori. La mayor parte de los proyectos que han sido financiados por FONTAGRO hasta la fecha no han incorporado explícitamente desde su concepción las estrategias sobre cómo serían evaluados luego de su finalización, ni han tenido un plan de recolección de información relevante para poder implementarla. Ante la heterogeneidad observada en los informes e indicadores reportados, se recomienda a FONTAGRO continuar sus esfuerzos de promover la capacitación para el diseño de proyectos, como también para el seguimiento del progreso de las actividades, productos y resultados.

3. Unificar e institucionalizar el sistema de recolección y gestión digital de indicadores y otros datos claves del proyecto

Es necesario solicitar una estrategia de recolección y gestión digital de datos dentro de la ejecución del proyecto y a posteriori, para poder apoyar la documentación y generación de evidencia de resultados. Esta estrategia debe incluir un plan de seguimiento de indicadores claves del proyecto, de manera que, más allá de los investigadores involucrados, se tenga institucionalizada la necesidad de recolectar la información necesaria para las futuras evaluaciones de impacto y su propiedad. Para facilitar el mapeo de resultados e impactos potenciales, así como otras contribuciones que un proyecto pueda originar, se sugiere el desarrollo de la teoría de cambio en cada proyecto, para así anticipar todos los resultados e impactos que se pueden atribuir a cada proyecto.

4. Agregar a la evaluación ex post otras dimensiones de análisis

Se sugiere hacer esfuerzos para incorporar a los estudios de resultados e impactos otras dimensiones de análisis, como por ejemplo, sociales, institucionales, organizacionales y ambientales, y spill-overs y spin-offs, entre otras. Es clave poder documentar en forma más amplia los beneficios que los proyectos financiados por FONTAGRO y sus socios generan, como así también el potencial de apalancamiento con otras inversiones.

5. Grado de madurez de las innovaciones generadas por los proyectos

Que la madurez de una innovación tecnológica, o el tiempo que se requiere para que dicha innovación pueda ser ampliamente diseminada, se encuentre a disposición y sea adoptada por los beneficiarios finales, es también un desafío para plantear y diseñar una evaluación de impacto rigurosa. Muchas de las innovaciones que se desarrollan alcanzarán la madurez más allá de la duración del proyecto apoyado por FONTAGRO y, por tanto, debe considerarse este aspecto en el diseño de evaluación de la iniciativa.



Bibliografía

- Alston, J. M., Norton, G. W. y Pardey, P. G. (1995). *Science Under Scarcity: Principles and Practice for Agricultural Research Evaluation and Priority Setting*. Cornell University Press.
- Ardila, J., Flavio, A., Saín, G. y Filho, S. (2007). Evaluación de los impactos potenciales de los proyectos regionales de investigación financiados por FONTAGRO.
- Cairns J. E., Crossa, J., Zaidi, P. H., Grudloyma, P., Sanchez, C., Araus, J. L. Y Menkir, A. (2013). Identification of drought, heat and combined drought and heat tolerance donors in maize (*Zea mays* L.). *Crop Science*, 53, 1335-1346.
- Cairns J. E., Hellin, J., Sonder, K., Araus, J. L., MacRobert, J. F., Thierfelder, C. y Prasanna, B. M. (2013). Adapting maize production to climate change in sub-Saharan Africa. *Food Security*, 5, 345-360.
- Cicchino M. A., Rattalino Edreira, J. I. y Otegui, M. E. (2013). Maize physiological responses to heat stress and hormonal plant growth regulators related to ethylene metabolism. *Crop Science*, 53, 2135-2146.
- CIP. (2011). Informe Final: Proyecto Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papas de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú.
- Clements, C., Alwang, J., Barrera, V. y Dominguez, J. M. (2017). Graft is good: The economic and environmental benefits of grafted naranjilla in the Andean region. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32(4), 306-318. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/S174217051600020X>.
- Comunicación personal con Álvaro Gaitán, B. (abril, 2018). Resultados del proyecto “Desarrollo e implementación de herramientas genómicas de avanzada para contribuir a la adaptación de la caficultura al cambio climático”. Información suministrada vía correo electrónico.
- Comunicación personal con Carlos de León. (abril, 2018). Resultados del proyecto “Resistencia genética de maíces a insectos y enfermedades en ambientes tropicales de América del Sur”. Información suministrada vía correo electrónico.
- Comunicación personal con Carlos Eduardo Orrego. (mayo, 2018). Resultados del proyecto “Modelo de plataforma para el aprovechamiento integral, adición de valor y competitividad de frutales comerciales andinos”. Información suministrada vía correo electrónico.
- Comunicación personal con Cecilia Monteros. (abril, 2018). Número de agricultores y niveles de producción de papa nativa de las empresas asociadas al proyecto en Ecuador y Perú. Información suministrada vía correo electrónico.
- Comunicación personal con Cristina Fonseca. (noviembre, 2018). Nivel de adopción de la variedad INIA Huambachero en Perú. Información suministrada vía correo electrónico.
- Comunicación personal con Diego Gonzales. (mayo, 2018). Evaluación rendimiento Dulcítico IICA. Información suministrada vía correo electrónico.



Comunicación personal con Edson Gandarillas. (octubre, 2018). Resultados del proyecto “Desarrollo de bioinsumos para la producción sostenible de hortalizas con pequeños agricultores para una soberanía alimentaria en los Andes”. Información suministrada vía correo electrónico.

Comunicación personal con Enrique Bedascarrasbure. (agosto, 2018). Resultados del proyecto “Plataforma para consolidar la apicultura como herramienta de desarrollo en América Latina y el Caribe”. Información suministrada vía correo electrónico.

Comunicación personal con Enrique Martínez. (noviembre, 2018). Resultados del proyecto “Adaptación del maíz y el frijol al cambio climático en Centroamérica y República Dominicana (PRACCA)”. Información suministrada vía correo electrónico.

Comunicación personal con Enrique Ritter. (septiembre, 2018). Resultados del proyecto “Ampliando la frontera agrícola de la papa para disminuir los efectos del cambio climático (CLIPAPA)”. Información suministrada vía correo electrónico.

Comunicación personal con Gustavo A. Slafer. (abril, 2018). Resultados del proyecto “Mitigar el efecto de altas temperaturas en la productividad de maíz”. Información suministrada vía correo electrónico.

Comunicación personal con Henry Vanegas. (septiembre, 2018). Resultados del proyecto “Resistencia genética de maíces a insectos y enfermedades en ambientes tropicales de América del Sur”. Información suministrada vía correo electrónico.

Comunicación personal con Jürgen Kroschel. (abril, 2018). Resultados del proyecto “Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papa de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú”. Información suministrada vía correo electrónico.

Comunicación personal con María Teresa Pino. (septiembre, 2018). Resultados del proyecto “Aumento de la competitividad de los sistemas productivos de papa y trigo en Sudamérica ante el cambio climático”. Información suministrada vía correo electrónico.

Comunicación personal con Stefan De Haan. (abril, 2018). Inventario aeroponía y resultados del proyecto “Red de Innovación de Investigación y Desarrollo: Hacia la diseminación eficiente y mecanismos de impacto pro-pobre con nuevas variedades de papa en la zona andina”. Información suministrada vía correo electrónico.

De Janvry, Dustan, A. y Sadoulet, E. (2011). Recent Advances in Impact Analysis Methods for Ex-post Impact Assessments of Agricultural Technology: Options for the CGIAR. Rome.

Días Avila, A. F. (2003). Evaluación de proyectos y mecanismos del FONTAGRO: Informe final.

Días Avila, A. F. (2007). Evaluación de los impactos potenciales de los proyectos financiados por FONTAGRO: Segunda y Tercera Convocatorias. San José, IICA.

Días Avila, A. F., Salles Filho, S. M., Gianoni, C. y Alonso, J. E. O. S. (septiembre, 2010). Evaluación de los mecanismos de gestión de FONTAGRO.



-
- Elazab, A., Ordóñez, R. A., Savin, R., Slafer, G. A. y Araus, J. L. (2016). Detecting interactive effects of N fertilization and heat stress on maize productivity by remote sensing techniques. *European Journal of Agronomy*, 73, 11-24.
- Fonseca, C., Zuger, R., Walker, T. y Molina, J. (2002). Estudio de impacto de la adopción de nuevas variedades de camote liberadas por el INIA en la Costa Central, Perú Caso del valle de Cañete. Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Ordoñez, R. A., Savin, R. y Slafer, G. A. (2015). Genetic variation in the critical specific leaf nitrogen maximizing yield among modern maize hybrids. *Field Crops Research*, 172, 99-105.
- Ordoñez, R. A., Savin, R., Cossani, C. M., & Slafer, G. A. (2015). Yield response to heat stress as affected by nitrogen availability in maize. *Field Crops Research*, 183, 184-203.
- Maredia, M. K., Shankar, B., Kelley, T. G. y Stevenson, J. R. (2013). Impact assessment of agricultural research, institutional innovation, and technology adoption: Introduction to the special section. *Food Policy*, 44, 214-217.
- Mateus, J., Chuquillanquí, C. y Rodríguez, A. (2018). "Producción de semilla de papa en un sistema aeropónico". Recuperado de <https://research.cip.cgiar.org/confluence/display/redlatinpapa/Innovacion+Semillas>.
- Mateus-Rodriguez, J. R., de Haan, S., Andrade-Piedra, J. L., Maldonado, L., Hareau, G., Barker, I. y Pereira, A. S. (2013). Technical and economic analysis of aeroponics and other systems for potato mini-tuber production in Latin America. *American journal of potato research*, 90(4), 357-368.
- Mayer, L. I., Rattalino Edreira, J. I. y Maddonni, G. A. (2014). Oil yield components of maize crops exposed to heat stress during early and late grain-filling stages. *Crop Science*, 54, 2236-2250.
- Mayer, L. I., Savin, R. y Maddonni, G. A. (2016). Heat stress during grain filling modifies kernel protein composition in field-grown maize. *Crop Science*, 56, 1890-1903.
- Medica Castro, H., Toro Briones, G. y Campo, J. C. (2003). Análisis de los mecanismos de gestión del FONTAGRO. IICA.
- Ministerio de Agricultura del Perú. (s.f.). "Factores Determinantes Para el Incremento del Consumo de Papa en el Perú Factores Determinantes Para el Incremento del Consumo de Papa en el Perú".
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2007). "Agrocadena Regional Cultivo Chile Dulce". Agricultura, Alajuela. Costa Rica.
- Edreira, J. R. y Otegui, M. E. (2012). Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: differences in crop growth, biomass partitioning and reserves use. *Field Crops Research*, 130, 87-98.
- Edreira, J. R. y Otegui, M. E. (2013). Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: a novel approach for assessing sources of kernel loss in field conditions. *Field Crops Research*, 142, 58-67.



-
- Edreira, J. I. R., Mayer, L. I. y Otegui, M. E. (2014). Heat stress in temperate and tropical maize hybrids: Kernel growth, water relations and assimilate availability for grain filling. *Field Crops Research*, 166, 162-172.
- Ramírez Gómez, M., Martínez Covaleda, H. J., Ortiz, L. X., González, F. A. y Barrios, C. A. (2004). Respuestas de la oferta y la demanda agrícola en el marco de un TLC con Estados Unidos. IICA, Bogotá (Colombia) Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agro cadenas, Bogotá.
- Reinoso, J. (1979). Organización de Centros de Acopio de Quinoa en Puno. IICA Biblioteca Venezuela.
- Risi, J., Rojas, W. y Pacheco, M. (2015). Producción y mercado de la quinoa en Bolivia (No. IICA F01). IICA, La Paz, Bolivia.
- Rojas, J. (2017). "Híbrido de chile dulce creado por la UCR destaca por Calidad". Universidad de Costa Rica. Recuperado de <http://www.proinnova.ucr.ac.cr/es/2017/11/08/hibrido-de-chile-dulce-creado-en-la-ucr-destaca-por-calidad//>.
- Saín, H., Sepúlveda, J., Ardila, J., Chalabi, N., Henríquez, P. y Li Pun, H. (2014). Contribución de FONTAGRO al desarrollo agrícola de América Latina y el Caribe: Evaluación ex-post de proyectos colaborativos. San José: IICA, BID.
- Sarria Villa, G. A., Angarita, V., Narro, L. y Luis, A. (2005). Enfermedades resurgentes del maíz tropical en Colombia.
- Soldán, M. P. y Villarroel, J. (2009). La elasticidad precio de la demanda para algunos productos de la economía boliviana.
- Sowell, A. y Shively, G. (2012). Economic and environmental impacts of grafted naranjilla. *Forests Trees and Livelihoods*, 21(1-2), 30-43. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/14728028.2012.669133>.
- Vanegas-Angaritas, H., De-León, C. y Narro León, L. (2005). Herencia de la resistencia al complejo *Cercospora* spp. En líneas de maíz tropical. *Acta Agronómica*, 54(3), 33-38.
- Vázquez Alvarado, J. M. P. y Martínez Damián, M. Á. (2011). Elasticidades de oferta y demanda de los principales productos agropecuarios de México.

Anexo I. Fuentes de datos utilizados en el estudio

Estudio de caso	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6	CASO 7	CASO 8
Tipo de análisis	Exc. Económicos	Beneficio/costo	Exc. Económicos	Exc. Económicos	Exc. Económicos	Exc. Económicos	Exc. Económicos	Exc. Económicos (Ex-ante)
País	Perú	Ecuador, Perú	Colombia	Perú	Perú	Bolivia	Costa Rica	Ecuador
Elasticidad de demanda	Aproximación para camote a partir de estimaciones para el cultivo de papá en México. (Vázquez y Martínez, 2011).	No se aplica	Ramírez y otros (2004)	MINAGRI	MINAGRI	Soldán y Villarroel, (2009).	Aproximación a partir de estimaciones para México. (Vázquez y Martínez, 2011)	
Elasticidades de oferta	Aproximación para camote a partir de estimaciones para el cultivo de papá en México. (Vázquez y Martínez, 2011).	No se aplica	Ramírez y otros (2004)	Aproximación a partir de estimaciones para México. (Vázquez y Martínez, 2011)	Aproximación a partir de estimaciones para México. (Vázquez y Martínez, 2011)	Aproximación a partir de estimaciones para Perú (Reinoso, 1979).	Aproximación a partir de estimaciones para México. (Vázquez y Martínez, 2011)	
Cambio de productividad	Fonseca y otros (2002)	No se aplica	Estimación propia a partir de información proporcionada por productor de la zona que ha adoptado la tecnología	Estimación propia a partir de información reportada en el informe final del proyecto	Mateus-Rodríguez y otros (2013).	Estimación propia a partir de información proporcionada por PROINPA y obtenida de Risi y otros (2015).	Información proporcionada por IICA	
Cambio en costos	No se aplica	No se aplica	Estimación propia a partir de información proporcionada por productor de la zona que ha adoptado la tecnología	No se aplica	Mateus-Rodríguez y otros (2013).	Estimación propia a partir de información proporcionada por PROINPA y obtenida de Risi y otros (2015).	Estimación propia a partir de información obtenida en Jiménez y otros (2007).	Clements et al., (2017)
Costos de I&D	Fonseca y otros (2002) e informes de FONTAGRO	No se aplica	Informes de FONTAGRO	Informes de FONTAGRO	Informes de FONTAGRO	Informes de FONTAGRO	Informes de FONTAGRO	
Niveles de adopción	Estimación propia a partir de información proporcionada por el CIP	No se aplica	Estimación propia a partir de información proporcionada por productor de la zona que ha adoptado la tecnología	Estimación propia a partir de información reportada en el informe final del proyecto	Estimación propia a partir de información proporcionada por CIAT	Estimación propia a partir de información proporcionada por PROINPA	Estimación propia a partir de información tomada de http://semanario.universidad.ucr.cr/suplementos/dulcítico-cumple-tres-años-desde-lanzamiento/	
Precio	MINAGRI (Sistema de abastecimiento y precios), 2018.	Estimación propia a partir de información proporcionada por INIAP, Ecuador.	Agronet, 2018	FAOSTAT, 2018	FAOSTAT, 2018	FAOSTAT, 2018	PIMA, 2018	
Cantidades	SEPA, 2018	Estimación propia a partir de información proporcionada por INIAP, Ecuador.	Agronet, 2018	FAOSTAT, 2018	FAOSTAT, 2018	FAOSTAT, 2018	SEPSA, 2018	

Fuente: Elaboración propia.



Anexo II. Cálculo de los retornos económicos

Caso 1. Desarrollo de productos de camote en América Latina (1998-2002).

Año	Cambio en el excedente al productor	Cambio en el excedente al productor	Excedente productor + excedente consumidor	costos I&D	Beneficios netos
1991	*	*	*	35.000	(35.000)
1992	*	*	*	35.000	(35.000)
1993	*	*	*	35.500	(35.500)
1994	*	*	*	38.000	(38.000)
1995	*	*	*	38.000	(38.000)
1996	*	*	*	38.000	(38.000)
1997	*	*	*	38.000	(38.000)
1998	*	*	*	38.000	(38.000)
1999	*	*	*	324.537	(324.537)
2000	*	*	*	260.838	(260.838)
2001	161.982	86.493	248.474	280.954	(32.479)
2002	194.735	103.982	298.718	38.000	260.718
2003	235.359	125.674	361.033	39.000	322.033
2004	360.818	192.655	553.482	39.000	514.482
2005	407.020	217.335	624.355	39.000	585.355
2006	796.908	425.468	1.222.276	39.000	1.183.276
2007	1.432.938	765.141	2.198.079	4.000	2.194.079
2008	2.526.235	1.348.924	3.875.159	4.000	3.871.159
2009	3.255.585	1.738.373	4.993.958	4.000	4.989.958
2010	6.328.462	3.379.185	9.707.647	4.000	9.703.647
2011	8.365.000	4.466.628	12.831.628	4.000	12.827.628
2012	16.121.758	8.608.474	24.730.232	4.000	24.726.232
2013	11.416.046	6.095.783	17.511.829	4.000	17.507.829
2014	13.658.488	7.293.172	20.951.660	4.000	20.947.660
2015	11.979.940	6.396.884	18.376.824	4.000	18.372.824
2016	12.664.231	6.762.272	19.426.503	4.000	19.422.503
2017	13.821.876	7.380.415	21.202.291	4.000	21.198.291



Caso 2. Innovaciones tecnológicas y mercados diferenciados para productores de papa nativa (2005-2010).

Ecuador		
Año	Costo	Beneficios
2011	2.153	3.713
2012	13.468	23.221
2013	29.915	51.577
2014	46.361	79.933
2015	62.807	108.288
2016	79.254	136.644
2017	95.700	165.000
NPV	200.073	\$344.953
B/C	1.72	
Perú		
2009	7.976	9.970
2010	11.331	14.164
2011	14.675	18.344
2012	54.996	68.745
2013	54.735	68.419
2014	54.593	68.241
2015	50.886	63.608
2016	82.791	103.488
2017	100.839	126.049
NPV	237.507	296.049
B/C	1.25	



Caso 3. Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: Innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos (2006-2010).

Año	Cambio en el excedente al productor	Cambio en el excedente al consumidor	Excedente productor + excedente consumidor	Costos I&D	Beneficios netos
2007	-	-	-	155.304	(155.304)
2008	157.638	200.543	358.181	155.304	202.877
2009	72.986	92.851	165.837	155.304	10.533
2010	86.340	109.839	196.179	155.304	40.875
2011	100.312	127.614	227.926	-	227.926
2012	95.602	121.622	217.224	-	217.224
2013	100.178	127.444	227.622	-	227.622
2014	91.167	115.980	207.147	-	207.147
2015	66.472	84.564	151.035	-	151.035
2016	63.179	80.375	143.555	-	143.555
2017	69.038	87.829	156.867	-	156.867

Caso 4. Desarrollo y aplicación de prácticas ecológicas en el manejo de plagas para incrementar la producción sostenible de papa de los agricultores de bajos recursos en las regiones andinas de Bolivia, Ecuador y Perú (2006-2011).

Año	Cambio en el excedente al productor	Cambio en el excedente al consumidor	Excedente productor + excedente consumidor	Costos I&D	Beneficios netos
2006	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	299.000	(299.000)
2008	-	-	-	303.000	(303.000)
2009	-	-	-	298.000	(298.000)
2010	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-
2012	162.613	86.830	249.443	16.610	232.833
2013	746.990	398.868	1.145.858	16.610	1.129.248
2014	1.384.137	739.082	2.123.219	16.610	2.106.609
2015	1.785.171	953.221	2.738.391	16.610	2.721.781



Caso 5. Red de innovación de investigación y desarrollo: Hacia la disseminación eficiente y mecanismos de impacto pro-pobre con nuevas variedades de papa en la zona andina (2007-2013).

Año	Cambio en el excedente al productor	Cambio en el excedente al consumidor	Excedente productor + excedente consumidor	costos I&D	Beneficios netos	Valor presente neto (VPN)	TIR	Relación Beneficio - Costo
2007	-	-	-	280.899	280.899	52185897	314.13%	13.34
2008	461.046	246.183	707.230	343.396	363.834	-	-	-
2009	1.366.885	729.870	2.096.755	446.070	1.650.685	-	-	-
2010	2.354.787	1.257.377	3.612.163	568.833	3.043.330	-	-	-
2011	8.077.455	4.313.088	12.390.543	840.590	11.549.953	-	-	-
2012	9.316.924	4.974.923	14.291.846	840.590	13.451.256	-	-	-
2013	9.781.256	5.222.861	15.004.117	840.590	14.163.527	-	-	-
2014	9.061.461	4.838.514	13.899.975	840.590	13.059.385	-	-	-
2015	9.280.376	4.955.407	14.235.783	784.343	13.451.441	-	-	-
2016	9.770.652	5.217.150	14.987.712	784.343	14.203.369	-	-	-
2017	9.321.706	4.977.476	14.299.182	684.347	13.614.835	-	-	-

Caso 6. Desarrollo de bioinsumos para la producción sostenible de hortalizas con pequeños agricultores para una soberanía alimentaria en los Andes (2007-2012).

Año	Cambio en el excedente al productor	Cambio en el excedente al consumidor	Excedente productor + excedente consumidor	Costos I&D	Beneficios netos
2008	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	308.000	(308.000)
2010	-	-	-	308.000	(308.000)
2011	-	-	-	308.000	(308.000)
2012	-	-	-	-	-
2013	4.829	540.835	545.664	-	545.664
2014	8.854	991.701	1.000.555	-	1.000.555
2015	9.739	1.090.726	1.100.465	-	1.100.465
2016	7.273	814.528	821.801	-	821.801



Caso 7. Estrategia de innovación tecnológica para mejorar la productividad y competitividad de cadenas-producto para América Central y República Dominicana (PRESICA) (2009-2014).

Año	Cambio en el excedente al productor	Cambio en el excedente al consumidor	Excedente productor + excedente consumidor	Costos I&D	Beneficios netos
2007	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	517.819	517.819
2010	-	-	-	517.819	517.819
2011	-	-	-	517.819	517.819
2012	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-
2014	167.640	131.678	299.318	-	299.318
2015	325.985	256.056	582.041	-	582.041
2016	243.486	191.254	434.740	-	434.740
2017	1.554.400	1.220.955	2.775.354	-	2.775.354

Secretaría Técnica Administrativa



Alliance



www.fontagro.org

FONTAGRO
Banco Interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, NW, Stop
W0502, Washington DC 20577
Correo electrónico: fontagro@iadb.org