



Mejora del Rendimiento de la Papa y Otros Tubérculos Andinos: Root to Food Informe Técnico Final

2024



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por María del Pilar Márquez, Adriana Sáenz, Wilson Terán.

Copyright © 2024 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Índice de tablas	4
Índice de figuras	4
Abstract	5
Resumen.....	6
Antecedentes	8
Objetivos	11
Metodología	12
Resultados y Discusión.....	17
Indicadores Técnicos	44
Hallazgos Destacados	46
Historias en el campo	47
Conclusiones	48
Referencias Bibliográficas	48
Instituciones participantes.....	52



Índice de tablas

Tabla 1. Variedades obtenidas de la colecta de tubérculos andinos en el municipio de Sacaba .	27
Tabla 2. Variedades de papas nativas y cubios colectados en Colombia.....	28
Tabla 3. Métricas de contigüidad, soporte de lectura y completitud del ensamble del genoma del cubio.	34
Tabla 4. Indicadores técnicos del proyecto.....	44

Índice de figuras

Figura 1: Piezas de divulgación del producto para redes sociales	23
Figura 2. Actividades realizadas durante el proceso de gestión del Sistema Territorial de Innovación en Colombia	25
Figura 3. Número de variedades de papas nativas, cubios, papa lisa y oca encontradas en las colectas realizadas en Bolivia y Colombia.....	29
Figura 4. Análisis de agrupamiento jerárquico basado en la caracterización morfológica de los tubérculos de las 15 accesiones de cubio en estudio, provenientes de Colombia y Bolivia. Se empleo el método de agrupamiento de Ward y la distancia Euclidiana cuadrada.....	31
Figura 5. Análisis de Componentes Principales (PCA) basado en la caracterización morfológica de los tubérculos de las 15 accesiones de cubio en estudio, provenientes de Colombia y Bolivia.....	33
Figura 6. Ensayos de validación del SAH en el laboratorio del CByN de la UMSS en Bolivia	37
Figura 7. Semilla de papa prebásica obtenida a través del SAH en el CByN de la UMSS en Bolivia	38
Figura 8. Cosecha y selección de minitubérculos de papa en la vereda el Alizal (Carmen de Carupa).....	39
Figura 9. Selección de productores para las diferentes actividades a desarrollar para el manejo agronómico de las parcelas con policultivos.	41
Figura 10. Ejemplos de especies vegetales que componen los policultivos en las parcelas de investigación participativa.	41
Figura 11. Productores realizando monitoreo de las papas nativas y cubios. A. Comunidad de Kaluyo chico (distrito de Palca, Sacaba, Bolivia), B. Carmen de Carupa (Cundinamarca, Colombia), C. Soracá (Boyacá, Colombia).	43



Abstract

The project's Final Technical Report presents significant results in the social and business strengthening of native potato and other Andean tuber producers in Bolivia and Colombia.

In Component 1, the implementation of a virtual International Consensus Workshop was highlighted, with the participation of technicians and researchers from both countries. During this event, strategies for Participatory Rural Innovation were discussed, and the project's work plan was developed. The baseline study identified characteristics and challenges of local production systems through surveys and participatory tools. A Territorial Innovation System (STI) was established, involving five producer organizations from Colombia. Through this STI, protocols for native potato production with good agricultural practices were defined. Production costs were recorded and adjusted, achieving a reduction of up to 25%, and marketing strategies were developed, reducing the number of intermediaries and benefiting small producers.

The *in situ* and *ex situ* conservation of local potato and cubio varieties was carried out in a participatory manner. However, this remains a challenge due to labor shortages in rural areas and the abandonment of plots after the project. Strengthening tissue culture laboratories for the production of high-quality seeds is a viable strategy in both Bolivia and Colombia, allowing small farmers access to quality seeds. In this regard, high-quality native variety seeds were produced in laboratories and directly delivered to producers for multiplication. In Colombia, approximately 7,000 minitubers of the Andina, Chaucha, Uva Mora, Jardinera, and Manzana varieties were distributed. In Bolivia, virus cleansing was conducted on around 20 native varieties and two commercial varieties, which are now preserved *in vitro*. Farmers received 1,000 potato seedlings produced in the laboratory and 50 kg of minitubers. Progress was made in the morphological and molecular characterization of local potato and cubio varieties from Bolivia and Colombia. The sequencing and *de novo* assembly of the cubio (*T. tuberosum*) genome were successfully completed, generating a new genomic resource that will be highly useful for improving molecular characterization.

In Colombia, participatory research plots were established, testing monoculture and polyculture planting models while evaluating yields and pest and disease impacts using various management strategies. In Bolivia, due to the prevalence of polycultures, the work focused on smallholder plots, collecting data on crop arrangements and pest incidence. Additionally, training sessions on pest and disease monitoring and Integrated Pest Management strategies were conducted, and a prototype application for pest monitoring and management was developed.



Regarding crop yields, cubio in polycultures showed higher productivity (30 t/ha) compared to native potatoes (12 t/ha). In varieties such as Uva Mora, Jardinera, Andina, and Chaucha, yields were doubled, reaching averages of up to 25 t/ha. In Bolivia, although NIP plots were not established, a diagnosis was conducted for the future implementation of participatory research plots with a territorial approach in the municipality of Sacaba.

The project successfully established effective pest management and monitoring strategies, improved the yields of Andean crops, and advanced the conservation of native varieties. It highlights international collaboration and the use of participatory technologies as key elements in addressing agricultural challenges in the study regions

Keywords: morphological characterization, molecular characterization, cubio – mashua, Participatory Rural Innovation, Integrated Pest Management, native potatoes, Territorial Innovation System, high-quality seed.

Resumen

El Informe Técnico Final del proyecto presenta resultados significativos en el fortalecimiento social y empresarial de productores de papa nativa y otros tubérculos andinos en Bolivia y Colombia. En el Componente 1, se destaca la realización de un Taller Internacional de Concertación virtual, con la participación de técnicos e investigadores de ambos países, donde se discutieron estrategias de Innovación Rural Participativa y se elaboró el plan de trabajo del proyecto. La línea base identificó características y retos de los sistemas productivos locales a través de encuestas y herramientas participativas. Se conformó el Sistema Territorial de Innovación en el que participan cinco organizaciones de productores de Colombia. A través de este STI se definieron protocolos para la producción de papas nativas con buenas prácticas agrícolas. Se registraron y ajustaron los costos de producción, logrando una reducción de hasta un 25% y se definieron estrategias para la comercialización, que permitieron disminuir el número de intermediarios, beneficiando a los pequeños productores.

La conservación *in situ* y *ex situ* de las variedades locales de papas y cubio se logró realizar de forma participativa. Sin embargo, continúa siendo un desafío debido a la escasez de mano de obra que enfrenta el campo y el abandono de parcelas post-proyecto. El fortalecimiento de laboratorios de cultivo de tejidos para la producción de semilla de buena calidad es una estrategia viable tanto en Bolivia como en Colombia, ya que de esta manera los pequeños agricultores pueden tener acceso a semilla de buena calidad. En este sentido se logró producir en los laboratorios, semilla de buena calidad de variedades nativas, la cual fue entregada directamente a los productores para su multiplicación. En Colombia fueron entregados alrededor de 7000 minitubérculos de las variedades andina, chaucha, uva mora, jardinera y manzana. En Bolivia se



realizó la limpieza de virus de alrededor de 20 variedades nativas y dos variedades comerciales, las cuales se encuentran conservadas *in vitro*. A los agricultores se les entregaron 1000 plantines de papa producidos en el laboratorio y 50 kg de minitubérculos. Se avanzó en la caracterización morfológica y molecular de variedades locales de papa y cubio de Bolivia y Colombia. Se logró la secuenciación y ensamble *de novo* del genoma del cubio (*T. tuberosum*), generando un nuevo recurso genómico que será de gran utilidad para mejorar la caracterización molecular.

En Colombia, se establecieron parcelas de investigación participativa (NIP) con modelos de siembra en monocultivo y policultivo, evaluando rendimientos y afectaciones por plagas y enfermedades con diversas estrategias de manejo. En Bolivia, debido a la prevalencia de policultivos, el trabajo se centró en parcelas campesinas, recolectando datos sobre arreglos e incidencia de plagas. Además, se llevaron a cabo capacitaciones sobre el monitoreo de plagas y enfermedades y estrategias de MIP y se creó un prototipo de aplicativo para el monitoreo y manejo de plagas.

En cuanto a los rendimientos de los cultivos, se destacó que en los policultivos el cubio mostró un mayor rendimiento (30 t/ha) en comparación con la papa nativa (12 t/ha). En variedades como uva mora, jardinera, andina y chaucha se logró doblar el rendimiento alcanzando promedios de hasta 25 t/ha. En Bolivia, aunque no se establecieron NIP, se realizó un diagnóstico para el establecimiento de parcelas de investigación participativa con enfoque territorial en el municipio de Sacaba.

El proyecto logró establecer estrategias efectivas de manejo y monitoreo de plagas, mejorar los rendimientos de cultivos andinos y avanzar en la conservación de variedades nativas, destacando la colaboración internacional y el uso de tecnologías participativas como claves para enfrentar los desafíos agrícolas en las regiones de estudio.

Palabras Clave: caracterización morfológica, caracterización molecular, cubio – mashua, Innovación Rural Participativa, Manejo Integrado de Plagas, papas nativas, Sistema Territorial de Innovación, semilla de buena calidad,



Antecedentes

En América Latina y el Caribe, la mayor parte de los habitantes rurales subsisten de la agricultura, realizando su actividad productiva en predios pequeños y con mano de obra principalmente familiar. A este tipo de agricultura se le conoce como agricultura familiar (FAO 2016). La agricultura familiar reúne al 98% de todos los agricultores a nivel mundial y genera cerca del 53% de los alimentos a nivel global (Graeub et al. 2015). En países andinos como Colombia, Ecuador, Perú o Bolivia, la agricultura familiar ocupa entre el 80 y el 95% de las explotaciones o sistemas productivos agrícolas. El Año Internacional de la Agricultura Familiar, proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2014, resaltó el estado y la contribución específica de este tipo de agricultura y enfatizó los desafíos mundiales como la seguridad alimentaria, la gestión de los recursos naturales y el desarrollo sostenible (Sourisseau 2015). La capacidad de la agricultura familiar para responder a las fluctuaciones económicas y el cambio climático (Kesavan y Swaminathan 2014) y sus contribuciones al empleo y la vitalidad de las economías locales también son remarcables (Van der Ploeg 2013). La agricultura familiar, además de ser fuente de agro-diversidad, también puede garantizar su preservación mediante el empleo de variedades de semillas autóctonas bien adaptadas a los diversos entornos.

En Bolivia existen 871.921 Unidades Productivas Agropecuarias (UPA), de las cuales el 95% corresponden a la agricultura familiar campesina y solo el 5% tiene un carácter empresarial. Más de 2.500.000 personas trabajan en alguna de las UPA de Bolivia, cifra que representa el 25% de la población total de Bolivia. Para el caso de Colombia, en el 3er Censo Nacional Agropecuario (DANE 2015), se determinó que hay 2.370.099 de UPA, las cuales representan el 98.7% del área rural. El 70.4% de las UPA tiene menos de 5 ha y ocupa el 2% del área rural, lo que denota una gran desigualdad en cuanto a la tenencia y uso de la tierra.

Dentro de la agricultura familiar de regiones altoandinas, los tubérculos andinos como la papa (*Solanum tuberosum*), la papa lisa o ruba (*Ullucus tuberosus*) la oca o ibia (*Oxalis tuberosa*) y el cubio o mashua (*Tropaeolum tuberosum*) son esenciales para la seguridad alimentaria. El cultivo de papa en asocio con la oca, la papa lisa y la mashua es una tradición que se remonta a épocas prehispánicas, proporcionando nutrientes adicionales a la dieta básica de papa (CIP, 2015).

El tubérculo de papa contiene una adecuada fuente de calorías que también aporta micronutrientes, otros minerales como potasio, fósforo, magnesio, vitaminas B1, B3 y B6, folato, ácido pantoténico y riboflavina, así como un gran contenido de proteínas en comparación con otras raíces y tubérculos. También contiene antioxidantes alimentarios, los cuales pueden contribuir a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento (FAO 2008).



Por su parte el cubio o mashua produce un tubérculo que tiene alto contenido de agua, es rico en carbohidratos, proteínas y nutrientes como la vitamina C. También, contiene grandes cantidades de glucosinolatos e isotiocianatos, compuestos reconocidos por sus propiedades antibióticas, diuréticas y anticancerígenas, que al parecer contribuyen a la promoción de la apoptosis en células precancerosas (Campos et al 2006; Chirinos et al 2008).

La papa y otros tubérculos andinos son alimentos con altos rendimientos energéticos, lo cual hace que su cultivo sea estratégico en regiones en donde se dispone de escasas alternativas económicas, como es el caso de los Andes. Adicionalmente su cultivo no depende directamente de los mercados internacionales, las fluctuaciones en el precio de estos tubérculos dependen generalmente de la oferta y la demanda en mercados locales; por lo tanto, en países de bajos ingresos pueden contribuir a amortiguar los efectos negativos del incremento de los precios en otros alimentos, garantizando el acceso y disponibilidad de alimentos en poblaciones con vulnerabilidad alimentaria y nutricional.

Estos tubérculos, además de su importancia en la seguridad alimentaria de las comunidades andinas, son expresiones culturales tanto en Bolivia como en Colombia, evidencia de interacciones locales que han persistido por varios siglos, a pesar de contextos socioeconómicos adversos (Clavijo, 2018).

Tubérculos como la papa y la mashua, son esenciales en la alimentación de pobladores andinos, en su mayoría pequeños campesinos con escasos recursos. Un mayor consumo de estos tubérculos no resuelve totalmente los problemas de inseguridad alimentaria y desnutrición que padecen los pobladores de estas regiones; sin embargo, la selección de germoplasma local (variedades nativas) de estas especies, puede contribuir a la inclusión y mejor aprovechamiento de nutrientes (vitaminas, hierro, zinc, etc.) en la dieta de familias campesinas de los Andes. Así mismo, si se mejora el acceso de los agricultores a mercados con valor agregado, estos tubérculos pueden aumentar los ingresos de los productores. En este sentido es importante que los agricultores tengan acceso a tecnologías de producción, que permitan la innovación en sus procesos y productos y se establezcan vínculos con diferentes actores de las cadenas productivas.

Una de las dificultades que presenta el cultivo de papa en países como Bolivia y Colombia, es el bajo rendimiento, particularmente de las variedades tradicionales. En Bolivia, el rendimiento promedio de la papa es de 6 tn/ha; mientras que en Colombia el rendimiento oscila entre 18 y 22 tn/ha, dependiendo de la variedad y la localidad de siembra (MADR, 2018). Por su parte, el rendimiento de los tubérculos andinos, en muchas regiones de los Andes, en vez de aumentar, están disminuyendo. Una de las causas fundamentales de este bajo rendimiento en cuanto a cantidad y calidad del producto obtenido, es la mala calidad de la semilla empleada. En efecto, los pequeños agricultores de la región andina tienen cada vez más dificultades para conseguir semillas de calidad para establecimiento de los cultivos, principalmente de variedades tradicionales. En promedio, en Bolivia, solo el 1% de los pequeños agricultores utiliza semilla de



calidad de papa, cifra muy similar a la de Colombia, país en el que solo 3% de los agricultores siembran semilla certificada (MADR, 2011). Las causas de este bajo porcentaje de semillas de calidad adecuada son diversas. Por una parte, si bien siempre han existido sistemas tradicionales de provisión de semilla para la agricultura familiar en los Andes (producción, intercambio, compra), estos actualmente están en crisis. Cada vez hay menos agricultores y menos especialistas en producción de semillas. Esto obliga a los agricultores a utilizar año tras año su propia semilla, deteriorando la calidad de esta. Si bien existen sistemas comerciales de producción de semilla de alta calidad (“formales”), los pequeños agricultores no se benefician de ellos, debido al costo elevado de la semilla y al desinterés del sistema formal por las variedades tradicionales y/o a una inadecuada relación entre los sectores formal e informal y entre el sector privado y público. Además, estos materiales de siembra de mala calidad deben enfrentar otras presiones ambientales y que son consecuencia de prácticas de manejo de monocultivo, con uso excesivo de agroquímicos, agotamiento y pérdida de fertilidad de los suelos, pérdida de diversidad en las variedades sembradas, bajos controles de plagas por el desconocimiento de las mismas y mayor incidencia de estrés abiótico y biótico y baja tolerancia a estos estreses ambientales. Todo lo anterior, se acentúa por la ocurrencia de eventos climáticos propios del cambio climático global.

En Colombia, desde el año 2005 pequeños productores de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, acompañados por la Pontificia Universidad Javeriana y la Corporación para el Desarrollo Participativo y Sostenible de los Pequeños Productores Rurales (Corporación PBA) se han venido capacitando para multiplicar semilla de papa de variedades comerciales en sus diferentes categorías y evaluando participativamente el impacto del uso de esta semilla certificada en sus parcelas. A través de estas experiencias los agricultores han podido constatar que usando semilla de mejor calidad se obtienen mayores rendimientos en la producción y se disminuye considerablemente la utilización de agroquímicos que deterioran el medio ambiente y la salud. Con base a estos antecedentes, es urgente y necesario repensar sistemas de provisión de semillas de papas nativas y tubérculos andinos, económicos y sostenibles para la agricultura familiar, que permitan mejorar la calidad genética, fisiológica y fitosanitaria de los cultivos; así como mejorar el rendimiento en cuanto a cantidad y calidad e igualmente contribuyan a conservar la gran diversidad de estos recursos genéticos nativos de los Andes, de alto valor cultural y nutricional para muchas comunidades. Para alcanzar este propósito es indispensable que los pequeños productores de Bolivia y Colombia lleven a cabo procesos de fortalecimiento socio-organizacional, que les permita tener acceso a tecnología y nuevos mercados a través de metodologías de innovación rural participativa.



Objetivos

Objetivo general

Fortalecer la economía de unidades de producción agrícola familiar de Bolivia y Colombia productoras de papas nativas y tubérculos andinos, a través del desarrollo participativo de paquetes tecnológicos y encadenamientos productivos que impacten en la conservación, valorización, mejora del rendimiento y sostenibilidad ambiental de los cultivos

Objetivos específicos

- 1) Mejorar el sistema de producción de papa y otros tubérculos andinos de pequeños agricultores a través del uso de semilla de buena calidad genética y fitosanitaria.
- 2) Desarrollar innovaciones agroecológicas para el manejo integrado insectos y enfermedades plaga de papa y otros tubérculos andinos en unidades de producción agrícolas familiares.
- 3) Fortalecer el tejido social, organizacional y empresarial de las familias productoras de papa nativas y tubérculos andinos, buscando el crecimiento como organizaciones de impacto local y regional



Metodología

COMPONENTE 1. FORTALECIMIENTO DEL TEJIDO SOCIAL, ORGANIZACIONAL Y EMPRESARIAL DE FAMILIAS PRODUCTORAS DE PAPA NATIVA Y TUBÉRCULOS ANDINOS.

Taller internacional de concertación con aliados del proyecto:

Se llevó a cabo un taller de forma virtual (debido a las condiciones sanitarias derivadas de la pandemia del Covid-19) liderado por la Corporación PBA. A este taller asistieron profesionales y productores de las diferentes instituciones participantes en el proyecto.

Este taller se realizó en cuatro sesiones de una hora y media de duración. En las primeras tres sesiones los profesionales de la Corporación PBA capacitaron a los asistentes en la metodología de Innovación Rural Participativa (IRP) (Corporación PBA 2013) y en la cuarta sesión se construyó de manera participativa el plan de trabajo, en el que se concertaron tiempos, responsables y las técnicas y herramientas a utilizar durante el proceso

Construcción de la línea base para la identificación del nivel socio-organizacional y productivo en cada comunidad e institución

El levantamiento de la línea de base se abordó con metodologías diferentes en cada país, buscando un mismo objetivo: identificar las condiciones sociales, productivas, empresariales y organizativas de las comunidades participantes.

En Colombia se abordó desde el enfoque de la estrategia de Innovación Rural Participativa (IRP). Se inició con el Punto de Partida, en el cual se realizó un primer acercamiento con las comunidades, permitiendo un conocimiento mutuo, la construcción de confianza y el establecimiento de compromisos y acuerdos para iniciar el trabajo de acompañamiento.

Una vez establecido el acercamiento inicial con las comunidades, de manera concertada, se programó la aplicación del Diagnóstico Rural Participativo (DRP). Con ayuda de la herramienta de encuesta de línea de base productiva y el autodiagnóstico del sistema productivo de papa y otros tubérculos, se indagó sobre los principales problemas y avances de los sistemas de producción.

Sumado a esto se aplicaron las Señales de Progreso, como herramienta de medición cualitativa en los aspectos socio-organizacionales, tecnológicos, empresariales y de capacidades y empoderamiento. Por último, se definieron y midieron junto con las tres organizaciones participantes los indicadores socio-organizacionales, empresariales y tecnológicos.

Para el caso de Bolivia, como metodología para la construcción de la línea base se utilizó herramientas técnicas como las visitas a campo, en donde se realizaron encuentros exploratorios



con el fin de realizar los contactos iniciales. Seguido a esto se llevaron a cabo entrevistas a agricultores claves y a profesionales, junto a una revisión de información secundaria.

Información más detalla sobre la construcción de la línea base se encuentra en la Nota Técnica No. 2

Construcción y desarrollo de un plan de acompañamiento socio-organizacional para cada región.

A través del enfoque metodológico de la Innovación Rural Participativa (IRP) (Gutiérrez 2010) y en conjunto con las comunidades se construyó el plan de trabajo e innovación con el fin de identificar las necesidades a nivel individual y organizacional. Se definieron con las comunidades los pasos a seguir para impulsar su proceso de innovación y alcanzar su desarrollo

Implementación de un plan de acompañamiento empresarial con las organizaciones del proyecto.

Siguiendo el plan de trabajo concertado previamente con las organizaciones, se realizaron encuentros, talleres y reuniones en los que realizaron ejercicios para fortalecer las capacidades sociales, organizativas y empresariales de las asociaciones.

Promoción de iniciativas de gestión de sistemas territoriales

La metodología con que se abordó el proceso incluyó las siguientes acciones: i) reunión de socialización del concepto de Sistemas Territoriales de Innovación (STI), ii) construcción del mapeo de actores y sus relaciones en el territorio, iii) construcción del plan trabajo con responsables y tiempos, iv) plan de acercamiento para establecer alianzas con los diferentes actores del territorio, y v) jornadas de trabajo con los representantes del STI.

COMPONENTE 2. CONSERVACIÓN Y OBTENCIÓN SOSTENIBLE DE SEMILLA DE BUENA CALIDAD DE PAPA Y TUBÉRCULOS ANDINOS PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR

Caracterización morfológica y molecular y selección de variedades locales de papa (*Solanum tuberosum*) y cubio (*Tropaeolum tuberosum*).

Con la participación de los productores, se llevaron a cabo jornadas en campo para la colecta de los materiales nativos de papa y cubio presentes en la zona de influencia del proyecto. Una vez colectados los tubérculos, se realizaron talleres con los productores con el fin de identificar características morfológicas de estos tubérculos, que les permiten normalmente distinguir cada una de las variedades. Para esto se usaron descriptores morfológicos del tubérculo usados por el CIP (Huaman 2008; Manrique et al 2013). Una descripción más detallada de la colecta se encuentra en la Nota técnica 10 ([https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_10_\(Apr\).pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_10_(Apr).pdf))

Para la caracterización molecular de los morfotipos de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R & P) (15)



y papa (*Solanum tuberosum* L.) (20) se empleó como aproximación la secuenciación del genoma completo a baja cobertura, conocida como lcWGS por sus siglas en inglés (Lou *et al* 2021).

Debido a que este tipo de caracterización requiere como insumo un genoma de referencia, el cual no está disponible para el cubio se realizó un ensamble de novo de su genoma a partir de lecturas de ONT (Oxford Nanopore Technologies). Además de un genoma de referencia para el genotipado por secuenciación, es necesario estimar la ploidía de las muestras para tener un número claro de variantes alélicas esperadas. Para ello, se realizó una estimación de la ploidía *in silico* del cubio mediante dos aproximaciones: 1) Ajuste del perfil de k-meros de las lecturas a modelos diploides, triploides y tetraploides utilizando GenomeScope 2.0 (Ranallo-Benavidez *et al.*, 2020). 2) Ajuste de la distribución de SNPs (Single nucleotide polymorphism) bialélicos, derivados del alineamiento de las lecturas al genoma ensamblado, a modelos diploides, triploides y tetraploides empleando nQuire (Weib *et al.*, 2018).

A partir del genoma de cubio de referencia ensamblado, se mapearon las lecturas de cada morfotipo sobre el mismo, con el fin de extraer las variantes de tipo SNP, utilizando las herramientas de GATK (McKenna *et al.*, 2010). Esto mismo se llevó a cabo con las variedades de papas nativas realizando el mapeo de las lecturas sobre el genoma de referencia doble haploide de *Solanum tuberosum* RH89-039-16 (Zhou *et al.*, 2020).

Posteriormente, se realizó un análisis de diversidad poblacional empleando el paquete *adegenet* de R (Jombart y Ahmed, 2011), así como un análisis de la estructura genética utilizando la herramienta Admixture (Alexander *et al.* 2009) y un análisis clúster por Neighbor Joining basado en distancias genéticas de Hamming.

Para la selección de las variedades de papa a introducir en el proceso de limpieza de semilla a través de cultivo de tejidos *in vitro*, se llevó a cabo un taller en el que los productores eligieron las variedades más promisorias para el mercado. En Bolivia fueron introducidas *in vitro* 56 variedades de papa nativa, para ser sometidas a termoterapia.

Establecimiento participativo de núcleos de conservación *in situ* y *ex situ*

En Colombia se establecieron Núcleos de Conservación con el fin de multiplicar la semilla de las variedades colectadas en las fincas de los productores y evaluar su comportamiento en campo. Estos núcleos fueron establecidos en un predio de la Universidad Javeriana (*ex situ*) y en fincas ubicadas en el área de influencia del proyecto (*in situ*) (Carmen de Carupa y Soracá), elegidas por los productores.

De estos núcleos de conservación fueron obtenidas las plantas madre para el proceso de establecimiento *in vitro*.

En Bolivia, se empleó una estrategia diferente, en donde se privilegió la conservación *ex situ*,



debido a las experiencias y antecedentes poco exitosos de conservación *in situ* en la región productora de papa del municipio de Sacaba

Puesta en marcha de los laboratorios piloto de bajo costo para la producción de semilla de papa nativa.

En Colombia, la multiplicación *in vitro* de los materiales de papa previamente seleccionados por las organizaciones fue llevada a cabo en un laboratorio piloto de bajo costo, ubicado en la vereda el Alizal del municipio de Carmen de Carupa. Para este proceso se capacitaron dos mujeres campesinas de la zona, con quienes se ajustaron los protocolos para la introducción de meristemos y la multiplicación de plántulas. Los meristemos fueron obtenidos a partir de plantas madre, previamente establecidas en el invernadero.

Después del proceso de multiplicación *in vitro*, las plántulas fueron sembradas en un invernadero (casa de malla) ubicado en la vereda el Alizal (Carmen de Carupa), para la obtención de los minitubérculos.

En Bolivia, el establecimiento y multiplicación *in vitro* de las diferentes variedades de papa, se llevó a cabo en el laboratorio del CByN-UMSS. Para la obtención de los meristemos, se partió de brotes de tubérculos que fueron seleccionados previamente con los productores.

Una vez desarrolladas las plántulas, estas fueron introducidas a un sistema autotrófico hidropónico (SAH) (Huarte 2005), con el fin de disminuir los costos en la producción de plántulas y que éstas sean más robustas y fotosintéticamente activas.

Las plantas que se multiplicaron en el SAH fueron posteriormente trasladadas al invernadero para su desarrollo y obtención de minitubérculos. Los mini tubérculos que se producen en las camas de multiplicación se sembraron nuevamente en un invernadero anti áfidos, para obtener mayor cantidad de semilla.

COMPONENTE 3. INNOVACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DE PAPA Y TUBÉRCULOS ANDINOS EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS FAMILIARES.

Diagnóstico participativo de arreglos agroecológicos de las unidades agrícolas familiares (UAF) en cada región

Tanto en Bolivia como en Colombia, se llevó a cabo una caracterización de los principales esquemas de arreglos agroecológicos y prácticas culturales asociadas a los cultivos de papas nativas y tubérculos andinos en las diferentes unidades agrícolas familiares

A través de la aplicación de una encuesta y del diálogo estructurado con ayuda de herramientas como los “calendarios estacionales” y los “censos de problemas y otras actividades estacionales”



se recogió la información de las diferentes UAF en Bolivia y Colombia. De esta manera se establecieron las principales variedades de papa y tubérculos andinos existentes en cada región, cultivos asociados, y enfermedades e insectos limitantes en las áreas cultivadas.

Posterior a esto se realizó un análisis de las encuestas con el fin de identificar los mejores arreglos y problemas relevantes en las áreas cultivadas. Para la identificación de los principales problemas fitosanitarios en las parcelas, se realizaron colectas de material vegetal sintomático, así como su registro fotográfico para su identificación.

Establecimiento participativo de parcelas de investigación con policultivos de variedades de papas y tubérculos andinos

En Colombia, se establecieron Núcleos de Investigación Participativa (NIP) (Corporación PBA 2013) en dos de las zonas de influencia del proyecto (Carmen de Carupa y Soracá), a través de estos NIP se evaluaron junto con los agricultores, diferentes aspectos del cultivo, con el fin de que los conocimientos generados fueran directamente apropiados y fueran una oportunidad de mejorar la productividad y sostenibilidad de sus sistemas productivos.

En estos NIP se establecieron 3 modelos de siembra: i) papa en monocultivo, ii) para combinada con cubio, iii) papa combinada con cubio y otras especies (hortalizas y plantas aromáticas). Estos arreglos se organizaron en un diseño de bloques. En cada uno de los modelos se tomaron datos de rendimiento y afectación por plagas y enfermedades. Semanalmente se llevaron a cabo monitoreos entre los técnicos del proyecto y los agricultores.

Así mismo, en estos NIP se evaluaron estrategias de MIP de acuerdo con las afectaciones que se fueron presentando en cada zona. Las estrategias empleadas fueron biológicas (hongos, nemátodos, bacterias, virus entomopatógenos), culturales (manejo del suelo, fertilización aporque, etc.), físicas (barreras con plantas, trampas), y químicas.

En la Nota Técnica No. 19 se encuentra más detalle sobre la metodología que se siguió para el establecimiento de las parcelas de investigación (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_Producto_19_2_Colombia.pdf)

En Bolivia, la estrategia utilizada fue diferente. En Bolivia la gran mayoría de los agricultores tienen policultivos en sus fincas, por esta razón el trabajo se hizo directamente en las parcelas de los campesinos, en donde se recolectaron datos de los arreglos y la incidencia de plagas y enfermedades (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_Producto_19_1.pdf).

Capacitaciones sobre identificación y monitoreo de plagas.

Dentro de los NIP se identificaron las plagas y enfermedades de más incidencia en cada zona. Una vez identificadas las plagas, se realizaron talleres para discutir las técnicas de monitoreo y



establecer junto con los agricultores la distribución y dinámica de las plagas e implementar las estrategias de manejo integrado (culturales, físicas, etológicas y biológicas) de las poblaciones identificadas.

La información recopilada durante los días de campo y talleres fue el insumo para el desarrollo del prototipo de un aplicativo que sirva a los productores para el monitoreo y tomar decisiones sobre el manejo que le deben dar a las plagas.

Resultados y Discusión

COMPONENTE 1. FORTALECIMIENTO DEL TEJIDO SOCIAL, ORGANIZACIONAL Y EMPRESARIAL DE FAMILIAS PRODUCTORAS DE PAPA NATIVA Y TUBÉRCULOS ANDINOS.

Taller internacional de concertación con aliados del proyecto:

Debido a las dificultades que se generaron por la emergencia sanitaria del covid 19, este taller se tuvo que realizar de forma virtual. Esta modalidad es un poco compleja de manejar cuando las personas que participan son en su mayoría comunidades rurales que tienen poco acceso al internet.

Durante las 4 sesiones de trabajo se conectaron técnicos, investigadores y productores tanto de Bolivia como de Colombia, a las jornadas virtuales de trabajo se conectaron en promedio 40 personas.

En las sesiones de trabajo se realizó la presentación del proyecto, se explicó al detalle la estrategia de Innovación Rural Participativa (IRP), que fue usada para los diferentes componentes y actividades del proyecto y se construyó el plan de trabajo que se llevaría a cabo a lo largo del proyecto. El detalle de la información se encuentra en la Memoria del Taller Internacional (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_Producto_1.pdf).

Construcción de la línea base para la identificación del nivel socio-organizacional y productivo en cada comunidad e institución

A través de la construcción de la línea base se lograron identificar características de los sistemas productivos tanto en Bolivia como en Colombia, así como las dificultades y retos a los que se ven enfrentados los agricultores en ambos países.

Tanto en Bolivia como en Colombia los agricultores manifiestan que uno de los principales problemas para el establecimiento de los cultivos de papa es la baja disponibilidad de semilla de buena calidad. Solo entre el 1% y el 2% de la semilla que usan para el establecimiento de los cultivos es semilla certificada de variedades comerciales, para las variedades locales no se cuenta con semilla certificada. Los agricultores



generalmente guardan semilla de los anteriores cultivos, intercambian o compran semilla con sus vecinos, lo que en muchos casos lleva a sus parcelas problemas fitosanitarios. Los porcentajes de uso de semilla certificada son muy parecidos en todos los países del área Andina, en donde se reporta un uso de menos del 5%. Las limitantes comunes que afectan la calidad, cantidad y uso de semilla, se asocian con las condiciones climáticas extremas, enfermedades y plagas, disponibilidad de recursos, elevados costos de insumos agrícolas, las exigencias de la normativa y requisitos de certificación (Villota, 2023).

Durante el levantamiento de la línea base se evidenció que en Bolivia y en Colombia existe una gran incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos, los cuales son manejados generalmente con estrategias químicas, sin ningún monitoreo previo, lo cual genera impactos económicos y ambientales.

Se encontró que las organizaciones tienen diversas falencias y debilidades en los aspectos organizativos. Sus miembros no tienen claros los estatutos, no cuentan con reglamentos internos para el funcionamiento de la organización, no tienen establecidos comités de trabajo y muchas veces no conocen su misión ni visión. Inclusive, las organizaciones no cuentan con una Planeación Estratégica que les permita avanzar y consolidarse de manera adecuada (Nota técnica 2). A lo largo del proyecto se trabajaron estrategias para afianzar estos temas socio organizacionales con los productores, sin embargo, es importante continuar reforzando ya que estos modelos asociativos, son de suma importancia para que la agricultura familiar se pueda insertar en nuevos mercados, ya que permiten disminuir las asimetrías a lo largo de las cadenas productivas (FAO 2022).

Se evidenció que la mayoría de los productores no suelen participar en las diversas actividades que desarrollan sus propias organizaciones. Las principales razones para lo anterior son la falta de empoderamiento, la poca unión que existe dentro de los grupos, la falta de apropiación con respecto a sus organizaciones y la ausencia de un liderazgo colectivo que permita delegar tareas y funciones.

En la Nota Técnica No. 2 se encuentra detallada la construcción de la línea base (<https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120 - Producto 2.pdf>).

Construcción y desarrollo de un plan de acompañamiento socio-organizacional para cada región.

A través de las diferentes actividades realizadas a lo largo del proyecto se logró una construcción participativa del plan de trabajo. Se logró consolidar una ruta de acompañamiento y fortalecimiento completa, con distintas actividades en los diferentes temas y componentes, con una participación de los pequeños productores en todos los territorios.

El realizar un trabajo de formulación participativo junto a las comunidades permitió fomentar y aumentar el entusiasmo y el empoderamiento de los participantes, así como su interés en el proyecto y en las actividades de este. De esta manera se garantiza que ellos se sientan parte del proceso y que entiendan tanto el contexto como las razones de los temas que se trabajan en los talleres.

Asimismo, la construcción del plan de trabajo por los mismos productores contribuyó a que



comprendieran mejor el proceso, la secuencia de las distintas actividades y la importancia que cada una de ellas podía tener en el mejoramiento de su producción, de su organización y de sus ingresos. Esta comprensión fue fundamental en su compromiso con el proyecto.

Igualmente, esta comprensión ayudará a que la sostenibilidad en el tiempo de las innovaciones realizadas durante el proyecto se logre consolidar.

En la nota técnica 3 (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_Producto_3.pdf) se muestra con detalle las actividades llevadas a cabo con cada una de las organizaciones en Colombia y se puede evidenciar los logros de cada una de ellas.

Implementación de un plan de acompañamiento empresarial con las organizaciones del proyecto.

En Colombia, este acompañamiento ha estado dirigido a la búsqueda de nichos de mercado para las papas nativas, teniendo como premisa de que es una oportunidad para abrir nuevos mercados y que tiene un importante potencial de crecimiento.

La primera actividad llevada a cabo para la realización del plan de acompañamiento organizacional fue identificar las tendencias del mercado de las papas nativas, de lo cual se pudo concluir que los principales interesados en la compra de este producto son los restaurantes gourmet, los lugares de comida rápida, las empresas procesadoras de alimentos y los hoteles, todos ellos buscan ofrecerle al consumidor alternativas de platos y productos exclusivos y llamativos.

El mercado de la papa nativa actualmente tiene un significativo potencial de crecimiento. No solo los restaurantes están interesados en ofrecer nuevas preparaciones al consumidor, sino que las personas en las ciudades también están buscando estas papas para prepararlas en sus casas. Lo anterior, debido a su versatilidad, sabor, llamativos colores y, sobre todo, a sus propiedades nutritivas, pues son ricas en antioxidantes, hierro, proteína y vitaminas. De manera adicional, son cada vez más las empresas de la industria que están transformando las papas nativas para venderlas como chips, principalmente por sus atractivos colores.

De forma participativa, las organizaciones priorizaron algunas de las variedades nativas que se consideran tienen mayor potencial de comercialización por sus colores, formas y propiedades alimenticias. Con la información levantada con los productores se construyó una ficha técnica del producto (Tabla 1).

En ejercicios con las organizaciones de Boyacá y Cundinamarca que hacen parte del proyecto (Asoagroalzal, Coinpacol y El Olivo), junto con otras dos de Boyacá (Aprolab y Asoprodujen) que se unieron al proceso, se desarrolló un ejercicio de costos de producción para las variedades de papas nativas. El ejercicio evidenció que el costo promedio por bulto es de \$377.59 USD bajo un sistema de producción limpia. De la misma forma, se costó el valor por hectárea, el cual asciende



a \$9,062.07 USD/ha. Se evidencia, entonces una ganancia económica neta de \$4,783.60 USD por hectárea, lo que representa un margen alto. Estos datos sugieren que la producción de papa nativa para venta en fresco es una alternativa económica atractiva para las familias. Actualmente existe una creciente demanda de este producto en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, principalmente en sus capitales, así como en otras ciudades, convirtiéndose en un cultivo muy prometedor y con potencial de desarrollo por su facilidad para obtener numerosos derivados e innovaciones en restaurantes gourmet, así como para servir de base para otro tipo de productos que forman parte de la mesa colombiana.

Tabla 1. Ficha técnica del producto

FICHA TÉCNICA PRODUCTO PAPA EN FRESCO NATIVA	
	
COLOR PREDOMINANTE DE LA PIEL:	Los colores predominantes son rojo, morado, negro
FORMA DEL TUBÉRCULO:	Ovalado, redondo
PROFUNDIDAD DE LOS OJOS DEL TUBÉRCULO:	Con ojos superficiales y profundos en su gran mayoría
COLOR PREDOMINANTE DE PULPA DEL TUBÉRCULO:	Las papas nativas producidas por las organizaciones son tubérculos harinosos de piel amarilla, rojo, morado, negro, rosado etc., con pigmentaciones rojas, moradas, negras, violetas, amarillas en sus centros. Tienen altos contenidos de antioxidantes, hierro y compuestos fenólicos que pueden ayudar a prevenir enfermedades.



CARACTERÍSTICAS:	Las variedades nativas que se siembran en Colombia presentan una gran variabilidad genética por lo cual pueden adaptarse a una variada gama de ambientes locales o regionales. Así mismo se distinguen unas de otras por las características morfológicas de planta, tubérculo y usos.
FORMAS DE PRODUCCIÓN:	Las variedades nativas en su gran mayoría son producidas de forma orgánica.
TAMAÑOS:	Los tamaños que ofrecen las organizaciones son: • Gruesa • Pareja
PRESENTACIÓN:	Papa fresca, lavada, seleccionada, clasificada y empacada según presentación solicitada por el cliente. Una de las presentaciones del producto es bulto de 50 kg, empacado en costal, de tela de fibra de poliéster polipropileno tipo tela.  Una segunda presentación es costal de 5 y 10 kilogramos respectivamente en forma de mix de diferentes variedades. 
FORMA DE CONSUMO	Las papas nativas son un alimento muy agradable, culinariamente se pueden preparar de muchísimos modos (estofadas, al vapor, cocidas, en puré, fritas, al horno, a la

	brasa, sancochado, etc..) y en la industria para snack. Es importante almacenarlas en lugares secos y protegidos de la luz ya que tienden a germinar fácilmente.
CONSUMIDORES:	Restaurantes, comidas rápidas, purés, chips, bastones, cremas, como espesante de sopas.

También se construyó junto con las organizaciones participantes un plan de producción, teniendo en cuenta la disponibilidad de semilla. Inicialmente se establecieron lotes de área pequeña (entre 500 y 1000m²) con el fin de evaluar el comportamiento de las diferentes variedades en campo y el comportamiento del mercado. Actualmente se cuenta con mayor disponibilidad de material de siembra, lo que permitió proyectar un aumento de áreas para la siembra. Estas áreas serán manejadas bajo el esquema de producción limpia que fue desarrollado en el componente 3 del proyecto.

A continuación, se esboza el plan de producción concertado de forma participativa con las organizaciones mencionadas previamente, en donde se describen distintas características generales por cada una de ellas, así como el nombre de los lotes, fechas de siembra, fechas de cosecha y producción estimada (Tabla 2).

Tabla 2. Plan de producción de papas nativas

PLAN DE PRODUCCIÓN DE PAPAS NATIVAS - PROYECTO ROOT TO FOOD								
	Nombre del productor	Organización	Municipio	Área sembrada	Variedades sembradas	Fecha de siembra	Fecha proyectada de cosecha	Cantidad de papa proyectada
COINPACOL	Adriana Tibatá Millán	Coinpacol	Soracá	2000 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/01/24	(15/05/2024) - (31/06/24)	350 kg de todos los tamaños
	Daniilo Tibatá Lopez	Coinpacol	Soracá	2001 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/02/24	15/06/2024 - 15/07/24	350 kg de todos los tamaños
	Adriana Tibatá Millán	Coinpacol	Soracá	2000 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/03/24	15/07/2024-15/08/24	350 kg de todos los tamaños
	Daniilo Tibatá Lopez	Coinpacol	Soracá	2001 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/04/24	15/08/2024-15/09/24	350 kg de todos los tamaños
	Adriana Tibatá Millán	Coinpacol	Soracá	2000 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/05/24	15/09/2024-15/10/24	350 kg de todos los tamaños
	Daniilo Tibatá Lopez	Coinpacol	Soracá	2001 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/06/24	15/10/2024-15/11/24	350 kg de todos los tamaños
	Adriana Tibatá Millán	Coinpacol	Soracá	2000 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/07/24	15/11/2024-15/12/24	350 kg de todos los tamaños
	Daniilo Tibatá Lopez	Coinpacol	Soracá	2001 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/08/24	15/12/2024-15/01/25	350 kg de todos los tamaños
	Adriana Tibatá Millán	Coinpacol	Soracá	2000 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/09/24	15/01/2025-15/02/25	350 kg de todos los tamaños
	Daniilo Tibatá Lopez	Coinpacol	Soracá	2001 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/10/24	15/02/2025-15/03/25	350 kg de todos los tamaños
	Adriana Tibatá Millán	Coinpacol	Soracá	2000 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/11/24	15/03/2025-15/04/25	350 kg de todos los tamaños
	Daniilo Tibatá Lopez	Coinpacol	Soracá	2001 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/12/24	15/04/2024-15/05/25	350 kg de todos los tamaños
	Adriana Tibatá Millán	Coinpacol	Soracá	2000 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/01/25	15/05/2025-15/06/25	350 kg de todos los tamaños
EL OLIVO	Daniilo Tibatá Lopez	Coinpacol	Soracá	2001 m ²	Quincha, Uva Mora y Andina	15/02/25	15/06/2025-15/07/25	350 kg de todos los tamaños
	Wilson Suspes	El Olivo	Combata	1.200 m ²	Andina y Jardinera	8/01/23	5/12/23	24 bultos de todos los tamaños
	Octavio Lara	El Olivo	Combata	1800 m ²	Borrega Mora, Andina, Quincha	15/08/23	15/12/23	40 Bultos de todos los tamaños
	Alberto Largo	El Olivo	Combata	300 m ²	Quincha, Borrega Mora	9/01/23	1/02/24	10 bultos de todos los tamaños
	Javier Monroy Suspes	El Olivo	Combata	600 m ²	Andina y Jardinera	7/01/23	28/11/23	16 Bultos de todos los tamaños
ASOAGROALIZAL	Esteban Suarez	El Olivo	Combata	600 m ²	Quincha, Borrega Mora	1/09/23	15/01/24	16 Bultos de todos los tamaños
	Asoc. Asoagroalzal	Asoagroalzal	Carmen de Carupa	1000 m ²	Uva Mora, Jardinera, Chaucha	3/01/24	01/06/24-01/08/24	32 bultos de todos los tamaños
	Asoc. Asoagroalzal	Asoagroalzal	Carmen de Carupa	1000 m ²	Uva Mora, Jardinera, Chaucha	6/01/24	01/10/24-01/12/24	33 bultos de todos los tamaños
ASOPRODUJEN	Liliana Rodriguez	Asoprodujen	Jenesano	400 m ²	Uva Mora, Pepina, Chaucha	15/09/24	15/01/24	21 Bultos de todos los tamaños
	Liliana Rodriguez	Asoprodujen	Jenesano	600 m ²	Uva Mora, Pepina, Chaucha	1/03/24	6/01/24	30 bultos de todos los tamaños
APROLAB	Maria Leonor Bohorquez	Aprolab	Aprolab	200 m ²	Pepina, Chaucha, Uva Mora	15/03/24	15/07/24	6 Bultos de todos los tamaños
	Maria Leonor Bohorquez	Aprolab	Aprolab	400 m ²	Pepina, Chaucha, Uva Mora	1/08/24	1/10/24	10 bultos de todos los tamaños

Para el marketing del producto se han usado las redes sociales, las cuales se han convertido en aliadas para que los agricultores vendan directamente sus productos sin la necesidad de

intermediarios que generalmente se quedan con las mayores ganancias. Con el proyecto se creó un usuario de X (twitter) que ha permitido la divulgación del proceso de cultivo, cosecha y comercialización de las papas nativas, lo cual hace más atractivo el producto para el consumidor. En la figura 1 se pueden observar las piezas de divulgación diseñadas para el marketing a través de las redes sociales.



Figura 1: Piezas de divulgación del producto para redes sociales

Se han considerado dos estrategias de distribución del producto en la zona de influencia del proyecto, según el potencial comprador:

Para la industria, restaurantes y Fruver, el productor entregará el producto donde el comprador lo requiera. En esta estrategia debe ser cobrado el transporte de envío, más el costo de venta.

Para el público en general se establecieron dos posibilidades, i) se elige un punto de encuentro hora y día de entrega, para que los compradores puedan recoger el producto. Se comercializan mínimo 5 kilos por cliente. ii) Domicilio: Este servicio se puede ofrecer dentro de las ciudades de Bogotá y Tunja. Se hace el envío del producto en un día específico, acordado previamente, y el comprador asume el costo del domicilio. Igualmente, el pedido mínimo por cliente debe ser de mínimo 5 kilos del producto.

La Nota Técnica No. 4 da cuenta del paso a paso y los resultados obtenidos sobre el análisis del mercado y las estrategias de marketing en Colombia (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_4.pdf).



En Bolivia, la estrategia para el fortalecimiento empresarial está enfocada en el mercado de la semilla de buena calidad y certificada. Para esto se llevó a cabo un diagnóstico de las condiciones que existen actualmente en la Asociación de productores semilleristas de papa – Aproser para la consolidación de este negocio, el cual tiene una ventaja competitiva con respecto al negocio de la papa para la venta en fresco o para industrialización.

Si bien, a partir del diagnóstico se evidencia que la asociación de productores APROSER tiene un grado de cohesión social y organizacional favorable, es necesario el fortalecimiento organizacional de la misma para acompañar el proceso de fortalecimiento empresarial (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120-Producto_4-2.pdf).

Promoción de iniciativas de gestión de sistemas territoriales

A continuación, se listan los principales resultados obtenidos en Colombia producto de la gestión de un sistema territorial en el área de influencia del proyecto (<https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120 - Producto 5.pdf>):

- I. Se constituyó de forma exitosa el Sistema Territorial de Innovación (STI) de papa y leche con distintos actores de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. En este STI participan 5 organizaciones: Coinpacol, Cooperativa el Olivo, Asoprodujen, Arolab y Asoagroalzal.
- II. Se contó con la participación de actores públicos y privados en la Asamblea de conformación del STI: seis de base comunitaria, tres representantes de entidades públicas, dos organizaciones acompañantes.
- III. Se definieron dos de las líneas productivas más relevantes en el marco del STI (papa y producción láctea).
- IV. Se concretaron distintas acciones y estrategias para el fortalecimiento de las dos líneas productivas priorizadas en el STI.
- V. Se generó apropiación por parte de los distintos actores con relación a las características, conceptos, alcances y pasos de construcción de los Sistemas Territoriales de Innovación y de los avances logrados.
- VI. Se definió, de forma participativa, una estrategia para la producción y comercialización conjunta de papas nativas en el marco del STI construido, y se avanzó en la implementación de esta.
- VII. Se elaboró una visión común del Sistema, facilitando el trabajo entre todos los actores hacia una misma dirección, útil para la posterior definición de prioridades.
- VIII. Se inició la construcción de una cultura de trabajo interinstitucional, buscando una mayor sinergia, trabajo colaborativo y trabajo grupal de las distintas entidades con presencia en el territorio.
- IX. Se identificaron actores locales, regionales y nacionales asociados a las diversas dinámicas, líneas estratégicas y acciones en cada uno de los territorios.
- X. Se realizaron, de forma continua, acciones encaminadas al acercamiento y articulación institucional -tanto con las entidades participantes del Sistema como con otras que aún no son parte de este.

XI. Se contribuyó al fortalecimiento de las cadenas productivas de papa y leche en cada uno de los territorios, en los dos departamentos.

En las imágenes se pueden observar los resultados de algunas de las actividades llevadas a cabo para la gestión del STI (Figura 2).



Figura 2. Actividades realizadas durante el proceso de gestión del Sistema Territorial de Innovación en Colombia

En Bolivia, hasta la fecha no se ha conformado un Sistema de Innovación Territorial, ya que



durante el proyecto no se llevó a cabo el fortalecimiento de organizaciones de productores. Actualmente se cuenta con un diagnóstico base para el fortalecimiento socio-empresarial con enfoque de Sistema de Innovación Territorial para la organización APROSER.

A través de este diagnóstico se pudo concluir que:

- La asociación comunitaria de productores semilleros de papa APROSER es una organización con 35 asociados que ha consolidado a lo largo de más de diez años con el rubro principal de producción de semilla de papa debido a la ventaja competitiva del mismo con respecto a la papa comercial.
- Si bien la asociación de productores tiene un grado de cohesión social y organizacional favorable, es necesario el fortalecimiento organizacional de la misma para acompañar el proceso de fortalecimiento empresarial.
- En términos del objetivo de conformar un sistema territorial de innovación o clúster en torno al rubro de semilla de papa, el conjunto de la organización APROSER con actores pertinentes es aún incipiente en términos de implementación de dicho sistema, no obstante es factible iniciar el proceso de conformación en el corto plazo, con la participación del Municipio de Tiquipaya, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal (INIAF) y Universidad Mayor de San Simón (UMSS) y eventualmente otras entidades.

Así mismo, surgieron las siguientes recomendaciones:

- Desarrollar un diagnóstico de línea de base complementario para la de formulación inicial de un sistema de innovación territorial para el rubro de semilla de papa.
- Gestionar la adquisición de conocimientos y capacidades para los asociados de APROSER en el ámbito productivo, control de calidad, organizacional, empresarial y de negociación comercial.
- Implementar los planes de fortalecimiento organizacional, empresarial y de acompañamiento.
- Conformar un comité para la coordinación y conformación inicial de un sistema de innovación territorial, incluyendo a la asociación de productores APROSER, Municipio de Tiquipaya, INIAF, CByN-UMSS, SENASAG y eventualmente otras asociaciones y entidades como la Gobernación y cooperación internacional.

Información más detallada se encuentra en la Nota Técnica No. 5.2.

COMPONENTE 2. CONSERVACIÓN Y OBTENCIÓN SOSTENIBLE DE SEMILLA DE BUENA CALIDAD DE PAPA Y TUBÉRCULOS ANDINOS PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR

Caracterización morfológica y molecular y selección de variedades locales de papa (*Solanum*



tuberosum) y cubio (*Tropaeolum tuberosum*).

Colecta de materiales locales de papa y cubio

Tanto en Bolivia como en Colombia, las colectas del material local de papas y cubios fueron exitosas, en las tablas 3 y 4 se listan las variedades encontradas en cada país ([https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120 - Producto 8.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_8.pdf)).

Tabla 3. Variedades obtenidas de la colecta de tubérculos andinos en el municipio de Sacaba

	<i>Solanum spp.</i>		<i>Solanum spp.</i>		<i>Solanum spp.</i>
1	Acawiri 1	24	Militar	47	Waycha jatun
2	Amajaya	25	Misikayu	48	Yana imilla 1
3	Aqhawiri 2	26	Mono maqui	49	Yana imilla 2
4	Canastillo 1	27	Pepinillo	50	Yana mama
5	Canastillo 2	28	Pierna roja	51	Yana sutamari
6	Carlos	29	Pinta boca 1	52	Yari
7	Candelerero 1	30	Pinta boca 2	53	Yuca
8	Candelerero 2	31	Puka mama	54	Yutu runtu 1
9	Doble H	32	Puka ñawi	55	Yutu runtu 2
10	Doble H	33	Puka holandesa	56	Zapallo
11	Holandesa	34	Puka pollera		<i>Ullucus tuberosus</i> (papa lisa)
12	Imilla blanca 1	35	Pureja	1	Holandesa
12	Imilla blanca 2	36	Purika monte	2	Manzana
13	Imilla blanca 3	37	Rosita	3	Papa lisa
14	K'ara pierna	38	Sani		<i>Oxalis tuberosum</i> (oca)
15	Kachu wañuska	39	Saracaña	1	Blanca
16	Korisonqo	40	Simon	2	Camusa
17	Kumuranu	41	Sutawiri	3	Lluchu
18	Lila	42	Tanta wawa	4	Puka ñawi
19	Llust'a 1	43	Tomasina	5	Sawsiri
20	Llust'a 2	44	Waka chilena	6	Señorita
21	Luisa	45	Wallata	7	Zapalla
22	Luki azul	46	Waycha	8	Oca camotito
		47	Qoyllu huarine		<i>Tropaeolum tuberosum</i> (isaño)
		48	Yana imilla	1	Zapallo blanco
		49	Yana mama	2	Negro
		50	Yana q'oyllu		



Tabla 4. Variedades de papas nativas y cubios colectados en Colombia

	Variedades de papa (<i>Solanum spp</i>)		Variedades de cubio (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)
1	Uva Mora	1	Amarillo
2	Quincha	2	Amarillo claro con ojos morados
3	Ratona	3	Amarillo con bandas rojas irregulares
4	Pepina	4	Amarillo
5	Calavera	5	Morado oscuro
6	Mortiña	6	Blanco con ojos y manchas moradas
7	Arrayana	7	Morado con rosado rayas irregulares vinotinto
8	Manzana	8	Morado claro
9	Andina	9	Morado
10	Curitinga	10	Amarillo con ojos y bandas irregulares rojas
11	Chaucha	11	Bandas irregulares rojas-color secundario amarillo

En Colombia, fue difícil conseguir tubérculos de las diferentes variedades de papas nativas y los pocos que se consiguieron, en su mayoría tenían problemas fitosanitarios como polilla guatemalteca, spongospora, rizoctonia, entre otros.

Es evidente que la diversidad de papas nativas en Colombia es mucho menor que en Bolivia (Figura 3). Bolivia es considerado un centro de origen y diversidad de estos tubérculos, los cuales tienen un gran arraigo cultural en comunidades indígenas y campesinas.

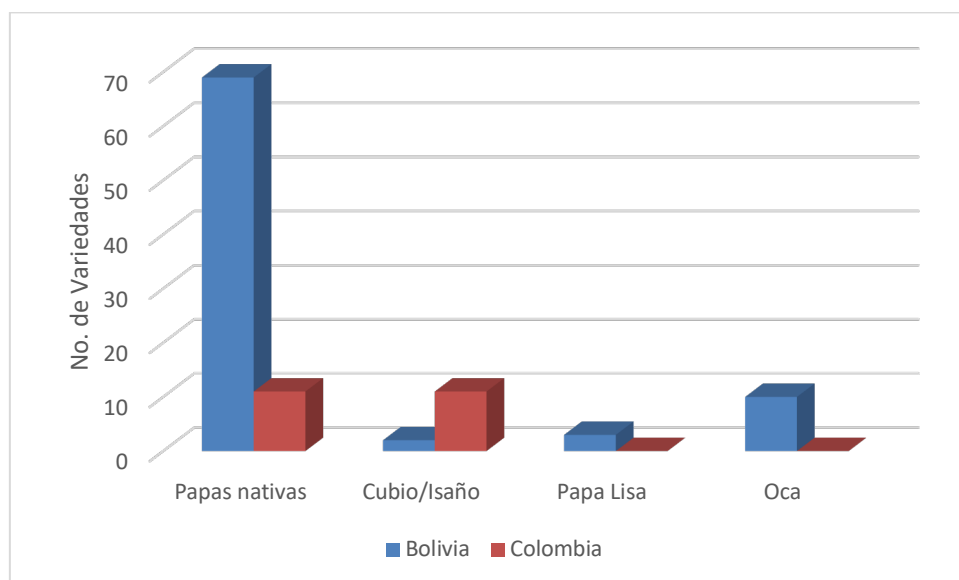


Figura 3. Número de variedades de papas nativas, cubios, papa lisa y oca encontradas en las colectas realizadas en Bolivia y Colombia.

En Colombia, los agricultores que participaron en los talleres manifestaron que décadas atrás en las parcelas de sus padres y abuelos podían encontrar una mayor variedad de estas papas y tubérculos andinos. Sin embargo, debido a las presiones ejercidas por la demanda de variedades comerciales, al cambio de uso de la tierra (cultivos por pasturas para ganadería) y la transición demográfica que han sufrido las zonas rurales en Colombia (López *et al*, 2018), la diversidad se ha ido perdiendo y cada vez son menos los agricultores que cuentan con algunas de ellas en sus huertas familiares.

Caracterización morfológica

Producto de la caracterización morfológica de los materiales de papa colectados en Bolivia se generó el catálogo de papas nativas del municipio de Sacaba el cual se encuentra en proceso de edición e impresión.

Para Colombia se cuenta con un borrador de catálogo con la descripción de las 11 variedades locales colectadas.

La caracterización morfológica de las 15 accesiones de cubio se realizó a través del uso de descriptors del tubérculo propuestos por Manrique *et al*. (2013) con algunas modificaciones. Manrique y colaboradores emplean variables cualitativas tanto ordinales como nominales a los cuales se les asigna un valor para realizar los respectivos análisis de agrupamiento. Sin embargo, asignar un valor a variables nominales puede conllevar a un sesgo dado que no hay claridad jerárquica entre los niveles de carácter. Por esta razón, se optó por transformar aquellas variables de distribución del color secundario en la superficie y en la pulpa, originalmente de naturaleza



nominal, en variables ordinales. Esta transformación se llevó a cabo dividiendo el descriptor de manera que se refiriera específicamente al color de cada tejido/parte por separado. A partir de la matriz de caracteres morfológicos se estimó el índice de diversidad de Simpson, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA) y un análisis de agrupamiento jerárquico.

Los resultados revelaron un agrupamiento respaldado tanto por el PCA como por el análisis de agrupamiento jerárquico (ver Figura 4 y 5), donde todas las accesiones de cubio de Colombia y Bolivia se distinguieron satisfactoriamente como morfotipos distintos utilizando exclusivamente caracteres relacionados con el tubérculo. Esto sugiere la utilidad de estos caracteres en los análisis de diversidad morfológica en *T. tuberosum*, lo cual concuerda con estudios previos que sugieren que las variables cualitativas de los tubérculos son más útiles para caracterizar las variedades (Cahuana, 2014; Quispe et al., 2015; Valle-Parra et al., 2020).

Entre los caracteres cualitativos del tubérculo que resultaron más discriminantes en este estudio se incluyen el color del córtex (CC), el color secundario del anillo vascular (CA), el color principal de la superficie (CPS), el color principal de la pulpa (CPP) y la profundidad de los ojos (P). Estos hallazgos están parcialmente respaldados por el trabajo de Fonseca y Márquez-Cardona (2024), quien sugiere que los caracteres cualitativos del tubérculo, como la profundidad de las yemas, el color predominante de la superficie y el color secundario de la superficie, explican hasta el 74% de la variación observada.

Además, se observó que la forma del tubérculo (F) es uno de los caracteres menos discriminantes tanto en este estudio como en el de Fonseca y Márquez-Cardona (2024). El hecho de que todas las accesiones se hayan diferenciado como morfotipos distintos también subraya la amplia diversidad morfológica que presentan los tubérculos dentro de la especie. Esta notable variabilidad fenotípica en términos de características morfológicas refleja adaptaciones a diferentes condiciones ambientales, historias evolutivas o influencias genéticas.

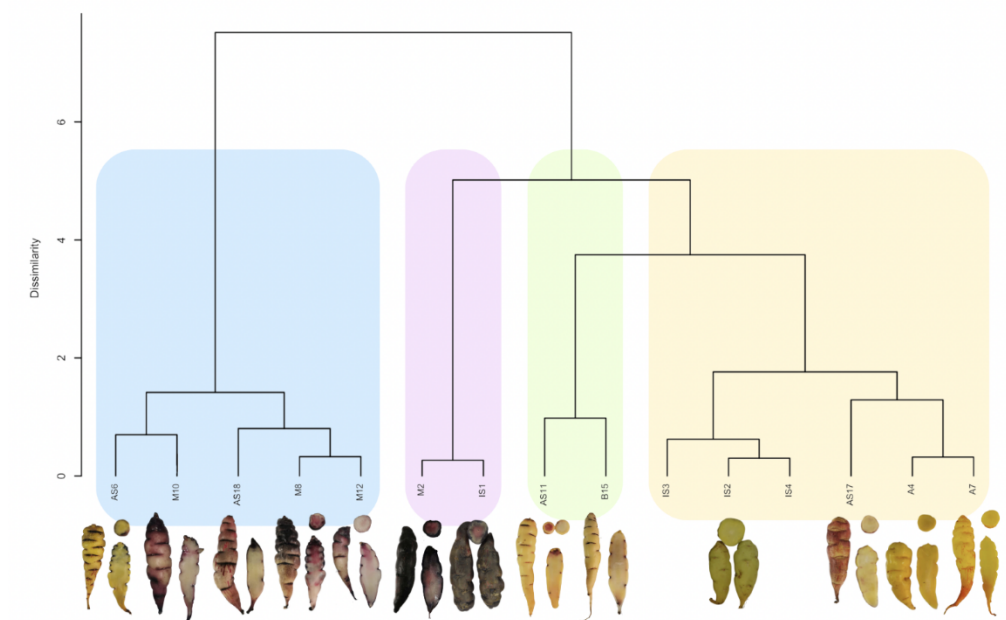


Figura 4. Análisis de agrupamiento jerárquico basado en la caracterización morfológica de los tubérculos de las 15 accesiones de cubio en estudio, provenientes de Colombia y Bolivia. Se empleo el método de agrupamiento de Ward y la distancia Euclidiana cuadrada.

AJAWIRI

HÁBITO DE CRECIMIENTO

Semi Erecto

GRADO FLORACIÓN

Botones florales que se caen.

COLOR DEL TALLO

Verde con muchas manchas pigmentadas

COLOR DE LA FLOR

Celeste claro

FORMA DE LA FLOR

Rotada

TUBÉRCULO

COLOR DE LA PIEL

Morado violeta oscuro y morado intermedio

COLOR DE LA PULPA

Amarillo.

FORMA DEL TUBÉRCULO

Clavado y fusiforme.



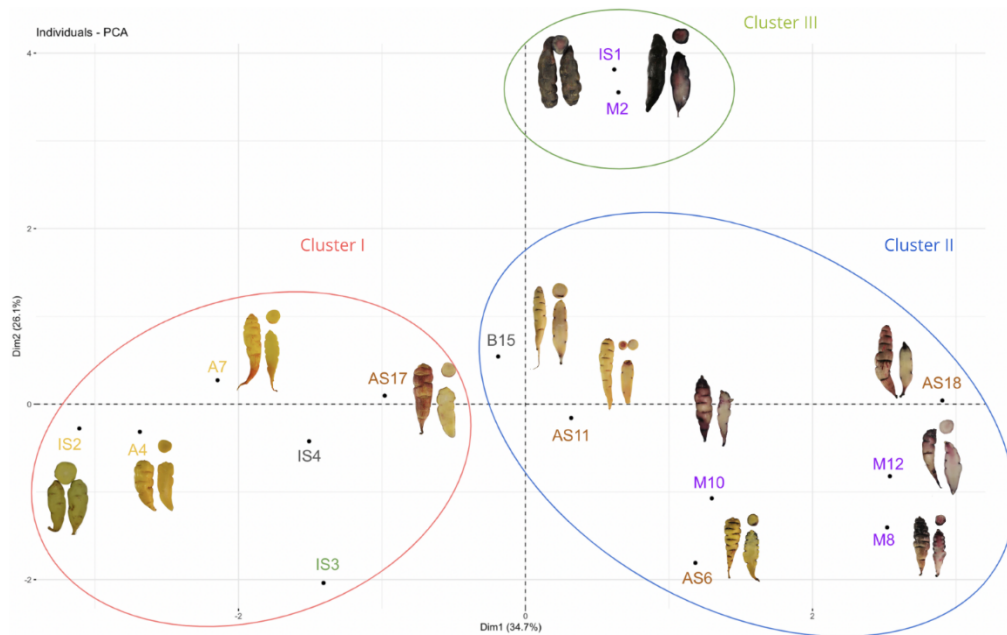


Figura 5. Análisis de Componentes Principales (PCA) basado en la caracterización morfológica de los tubérculos de las 15 accesiones de cubio en estudio, provenientes de Colombia y Bolivia.

Caracterización molecular

Cubio:

Como se mencionó anteriormente en la metodología, para poder llevar a cabo la caracterización molecular de los morfotipos de cubio por secuenciación genómica, fue necesario generar un primer genoma de referencia para esta especie tuberosa, no disponible hasta la fecha. En este sentido, el ensamble *de novo* del genoma de *T. tuberosum* constituye per se un resultado de nuevo conocimiento muy relevante de este proyecto. El genoma resultante exhibió una contigüidad aceptable, con un tamaño aproximado de 700 Mpb y un total de 6200 *contigs* (ver Tabla 5). Respecto al soporte de lectura, el 70.43% de las lecturas de Illumina mostraron un mapeo concordante, mientras que el 87.6% de los transcritos ensamblados del tubérculo del cubio se alinearon con el genoma. Por último, se lograron métricas superiores de completitud, con el 98.37% de los genes ortólogos completos de Eudicotiledóneas y el 60% del perfil de k-meros de las lecturas filtradas.



Tabla 5. Métricas de contigüidad, soporte de lectura y completitud del ensamble del genoma del cubio.

Contigs	Tamaño (Gpb)	N50 (pb)	L50 (Contigs)	Lecturas mapeadas concordantes (WGS)	Transcritos mapeados (K31-Trinity)	Genes ortólogos eudicotiledóneas completos	Completitud k-mérica (%)
6200	0.7	3181 18	554	237022994 (70.43%)	260890 (87.6%)	2288 (98.37%)	60.3

En cuanto a los análisis de estructura genética de los morfotipos de cubio, estos permitieron discriminar a los individuos según su procedencia geográfica con una diferenciación moderada entre las accesiones de Colombia y Bolivia ($F_{st} = 0.11$) (ver figura 6). La diversidad genética encontrada fue moderada ($H_e = 0.25-0.41$), acorde con estudios previos (Fonseca y Márquez-Cardona, 2024).

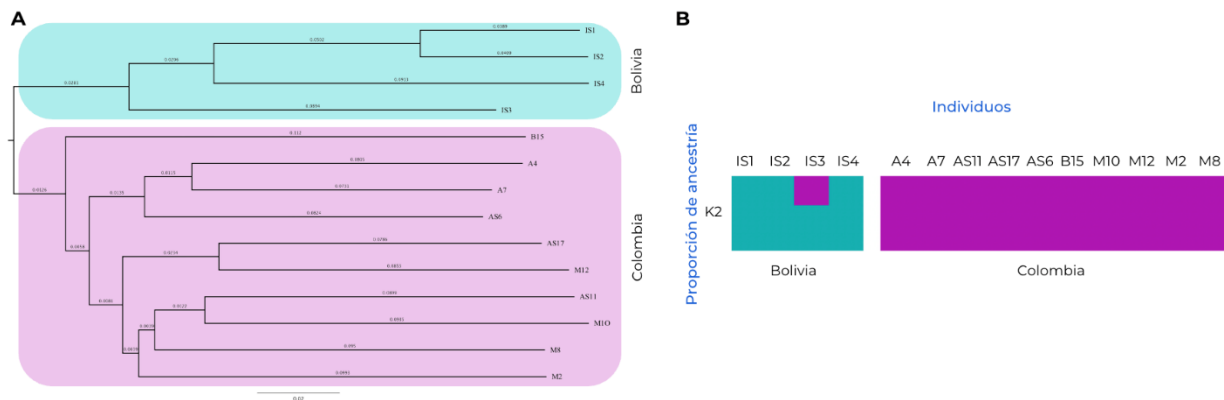


Figura 6. Análisis de estructura genética de los morfotipos de cubio. A: Agrupamiento jerárquico por Neighbor Joining basado en distancias genéticas de Hamming. B: Estructura poblacional inferido por Admixture (K=2).

Papa nativa:

Los análisis moleculares basados en polimorfismos de tipo SNPs llevados a cabo sobre las variedades de papa no exhibieron estructura poblacional ($F_{st}=0.001$), sin observarse diferenciación por origen geográfico (ver figura 7). Adicionalmente, la diversidad genética fue baja con un índice de endogamia negativa, indicando alta heterocigocidad. No obstante, estos resultados son preliminares y requieren análisis complementarios que se encuentran en fase de validación previo a su publicación.

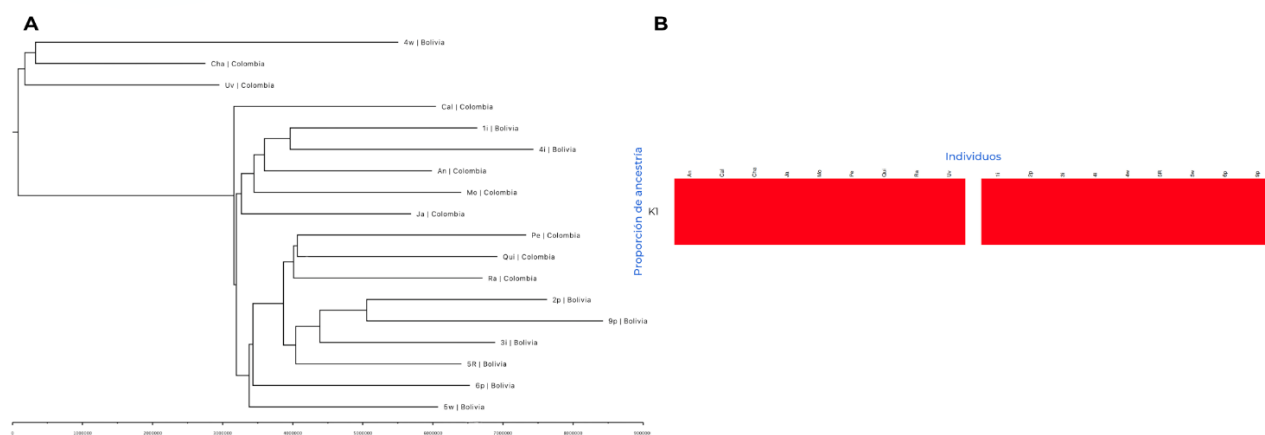


Figura 7. Análisis de estructura genética de las variedades de papas nativas. A: Agrupamiento jerárquico por Neighbor Joining basado en distancias genéticas de Hamming. B. Estructura poblacional inferida por Admixture (K=1).

Establecimiento participativo de núcleos de conservación *in situ* y *ex situ*

A raíz de los talleres iniciales realizados participativamente con las comunidades en Bolivia para el levantamiento de línea base, se definió que no se establecerían núcleos de conservación de papas nativas y tubérculos andinos *in situ*. Si bien la estrategia de conservación *in situ* es la ideal ya que permite la apropiación y generación permanente de procesos de innovación por parte de las comunidades de productores, incentiva la soberanía que les otorga sobre la conservación de sus recursos biológicos y semillas, y porque las especies siguen evolucionando en condiciones naturales idénticas o similares al sitio de producción, en Bolivia y la región de acción del presente proyecto, los diferentes intentos de utilizar esta estrategia de conservación han fracasado.

Diversos testimonios coinciden en el hecho de que mientras el proyecto de conservación estaba en curso, y los técnicos del proyecto se ocupaban de mantener las parcelas, los núcleos de conservación *in situ* funcionaban. Sin embargo, una vez que el proyecto terminaba, gradualmente las parcelas de conservación se iban perdiendo, o dejando en abandono, a pesar de que podía existir un interés de los agricultores o un compromiso en mantenerlos. Una de las posibles causas de este fenómeno es que, en Bolivia, las áreas rurales no cuentan con agricultores. Hasta la década del 50, más del 70% de la población boliviana vivía en áreas rurales, siendo esta relación invertida en la actualidad, y la migración campo ciudad continua. La mano de obra en el campo se ha vuelto muy escasa, principalmente joven, y a los agricultores les falta tiempo para atender sus parcelas, y no por falta de interés, no priorizan, por ejemplo, atender las parcelas de conservación *in situ*, que requieren dedicación, además de insumos agrícolas, pero estas no generan ingresos directos como las parcelas productivas.

En Colombia se escogieron 3 zonas para trabajar los Núcleos de Investigación Participativa (NIP). Estas fueron: Finca San Javier (Cogua- Cundinamarca), este es un predio de la Universidad



Javeriana en el que se decidió establecer el primer NIP, con el fin de recuperar y multiplicar el poco material con que se contaba al inicio. Las otras dos zonas para el establecimiento de los NIP fueron Soracá (predio de uno de los agricultores pertenecientes a Coinpacol, ubicado en la vereda Chaîne) y Carmen de Carupa (predio de la asociación Asoagroalízal).

Posterior a la selección de los terrenos, se llevó a cabo la toma de muestras de suelo para los análisis físicoquímicos. A partir de los resultados de los análisis de suelos se formularon diferentes planes de fertilización edáficos y foliares, teniendo en cuenta la experiencia de los productores y técnicos en la utilización de fuentes de fertilización sólidas, líquidas y las marcas más usadas por ellos.

Para las propuestas de planes de fertilización, se tuvieron también en cuenta los requerimientos nutricionales de los materiales y estados fenológicos de las plantas (Herrera et al., 2000; Muñoz y Lucero, 2008; Vera, 2020). Una vez armadas las propuestas para los planes de fertilización, se realizó un webinar con la participación de los productores de las organizaciones, en el cual se hizo un ejercicio de interpretación de los resultados de los análisis de los suelos y se enfatizó en la importancia y función de la nutrición de las plantas en cada uno de los estados fenológicos (<https://youtu.be/66w7xS4PLII>).

A partir de este ejercicio, se realizó un sondeo con los productores participantes para la elección de la propuesta de fertilización que más se ajustara a cada terreno. Los productores de las dos zonas escogieron la opción que combina productos orgánicos y de síntesis química, con el fin de mejorar la calidad de los suelos y brindar a las plantas los nutrientes requeridos.

En cada uno de los NIP se realizó el seguimiento del cultivo cada 15 días para determinar emergencia, estado de las plantas y monitoreo y manejo de posibles patógenos e insectos que pudieran afectar las plantas de papas nativas y tubérculos andinos.

Para complementar las estrategias de monitoreo de los NIP, se realizó un webinar para dar a conocer herramientas para el manejo de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) a través de las experiencias del proyecto “Implementación de un sistema de alerta temprana para un manejo preventivo sustentable del Tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*), como medida de adaptación frente a la variabilidad del cambio climático en Latinoamérica”, financiado por Fontagro (https://youtu.be/Y7KwA_NM85U9).

Para más información sobre el establecimiento de los NIP se puede consultar la Nota técnica 10 ([https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_10_\(Apr\).pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_10_(Apr).pdf))

Puesta en marcha de los laboratorios piloto de bajo costo para la producción de semilla de papa nativa.

Para la producción de semilla de buena calidad y/o certificada de papa, el cultivo *in vitro* juega un



papel esencial, pues a través del cultivo de meristemos se puede garantizar plantas libres de virus y enfermedades.

A través del proyecto, en Bolivia se pudo fortalecer el laboratorio de cultivo de tejidos del Centro de Biotecnología y Nanotecnología de la UMSS (CByN). En el CByN se logró multiplicar de forma masiva plántulas de papa (*Solanum Tuberosum*) provenientes del cultivo *in vitro* a través del sistema autotrófico hidropónico (SAH). Para esto se evaluaron variables como la zona de corte (apical, intermedia y basal) de micro esquejes provenientes de *in vitro*, el sustrato más adecuado para la multiplicación masiva de plántulas de papa en el sistema SAH y el tamaño y el tiempo que se necesita para el primer corte de las plántulas. Este sistema reduce los costos de producción de semilla prebásica y se puede obtener una alta tasa de multiplicación.

Con el SAH se pueden realizar hasta 10 cortes antes del trasplante al invernadero, sin embargo, se recomiendan 6 ya que se va perdiendo el vigor de las plantas obtenidas. El tamaño adecuado del corte es cuando la planta tiene una altura entre 8 a 10 cm.

El mejor sustrato es la mezcla de arena, cascarilla de arroz y tierra vegetal, todas en igual proporción. El fotoperíodo para estas plantas es de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad y la temperatura debe estar entre 18 a 20°C. El porcentaje de prendimiento en el invernadero es del 100% (Figura 6).



Figura 6. Ensayos de validación del SAH en el laboratorio del CByN de la UMSS en Bolivia



En este sistema no se utilizan reguladores de crecimiento y existe menor contaminación porque no se utiliza sacarosa, estas dos condiciones disminuyen los costos de producción. Esta es una técnica que los agricultores pueden replicar en sus comunidades.

Producto de este desarrollo se han entregado 1100 plantines a pequeños productores para la multiplicación en sus parcelas y obtención de minitubérculos. En el CByN se produjeron 50kg de semilla prebásica de variedades comerciales, que fueron distribuidas a agricultores de la zona (Figura 7).



Figura 7. Semilla de papa prebásica obtenida a través del SAH en el CByN de la UMSS en Bolivia

En el laboratorio del CByN se puso en marcha de un laboratorio de detección de virus por métodos moleculares y serológicos, lo cual permitirá la prestación servicios a bajo costo, accesible a los agricultores (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120-Producto_11-2.pdf)

En Colombia la producción de semilla élite se lleva a cabo en el laboratorio piloto de bajo costo, ubicado en la vereda el Alizal del municipio de Carmen de Carupa. Para la producción *in vitro* de plántulas de papa, se capacitaron dos mujeres campesinas de la zona en un proceso de apropiación social del conocimiento (<https://elpais.com/america-colombia/2022-11-03/el-regreso-de-las-papas-nativas-a-cundinamarca.html>). El laboratorio hoy en día es manejado en su totalidad por la comunidad, a través de la asociación Asoagroalzal quien cuenta con registro ICA para la producción de semilla certificada de papa Fase I y Fase II.

Al laboratorio fueron introducidas 5 variedades nativas (andina, chaucha, uva mora, manzana, jardinera) que fueron previamente seleccionadas por los productores con el fin de obtener semilla de buena calidad (las variedades nativas no son sujetas del sistema de certificación de semillas). En este proceso se evaluaron protocolos de introducción de meristemos y multiplicación *in vitro* y se obtuvieron tasas de multiplicación entre 2,4 y 4,7.



Las plántulas fueron llevadas al invernadero antiáfidos para su endurecimiento y obtención de minitubérculos. Se obtuvieron 6800 minitubérculos de diferentes variedades, que fuerpm entregados a los agricultores de las organizaciones beneficiarias del proyecto, para su multiplicación en campo (Figura 8) (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_Producto_11-1.pdf).



Figura 8. Cosecha y selección de minitubérculos de papa en la vereda el Alizal (Carmen de Carupa)

COMPONENTE 3. INNOVACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DE PAPA Y TUBÉRCULOS ANDINOS EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS FAMILIARES.

Diagnóstico participativo de arreglos agroecológicos de las unidades agrícolas familiares (UAF) en cada región

El diagnóstico a través de las herramientas de censo de cultivos y calendario de cultivos, evidencia que no se desarrollan arreglos agroecológicos por los productores en Colombia. Se evidenció que los productores reconocen algunos morfotipos de papas nativas, ruba, ibia y cubios que se encuentran en las fincas de los productores participantes y que pueden ser usados como barreras naturales frente a plagas, sin embargo, no las siembran sistemáticamente en los mismos lotes y tampoco incorporan otras especies vegetales. Especialmente para los tubérculos andinos, los



productores atribuyen esta problemática al bajo consumo en las ciudades y en núcleos familiares, lo cual lleva a su poca comercialización e interés de producir.

Otro factor adicional en la disminución de áreas de producción destinadas a papa, tubérculos y otras especies vegetales, es el efecto del cambio climático a nivel de la pequeña producción, lo cual se traduce en la mayoría de las fincas en la reducción de la producción por área establecida y dedicada a la agricultura en beneficio de la ganadería lechera, además de baja disponibilidad hídrica a nivel del suelo y fuentes aprovechables para riego en épocas críticas.

Con respecto a los productores de Bolivia (municipio de Sacaba), se identificaron problemáticas similares con respecto al poco uso de arreglos agroecológicos, si bien se identificó la existencia de prácticas ancestrales de rotación y descanso de los terrenos destinados al cultivo de papa, así como cierta claridad en la elección de variedades a sembrar según la estación de lluvia, al mismo tiempo que se identificó una mayor diversidad de tubérculos andinos sembrados y volumen de producción, dando cuenta de la importancia cultural de estos en la alimentación y consumo tradicional por parte de estas comunidades.

Los arreglos de varios cultivos permiten incrementar la diversidad y benefician las interacciones bióticas del sistema productivo, al incluir especies que sirven como estructura para las posibles plantas trepadoras o crecer en distintos niveles del suelo, permitiendo generar sombra o actuando como cortinas rompe vientos o escudo protector, especies como las leguminosas que establecen interacción bióticas para la fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo y actuando como fertilizantes naturales para las otras, o especies que atraen polinizadores y depredadores, u otras como los tubérculos andinos o crucíferas que producen metabolitos con efecto repelente de insectos plaga o ciertos grupos de herbívoros.

De acuerdo con lo anterior, es necesario recuperar los pequeños arreglos que se tenían en las diferentes zonas como base de su alimentación, combinados con papas nativas, tubérculos andinos y otros cultivos, así como su rotación sistemática, haciendo énfasis en su importancia para la seguridad alimentaria en Colombia y Bolivia, así como para la sostenibilidad ambiental y resiliencia de los suelos destinados a estos u otros cultivos.

Una información más detallada sobre este diagnóstico se puede encontrar en la Nota Técnica No. 14 (https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120 - Producto_14.pdf).

Establecimiento participativo de parcelas de investigación con policultivos de variedades de papas y tubérculos andinos

En Colombia las parcelas con policultivos fueron establecidas en los municipios de Carmen de Carupa y Soracá. En estas dos localidades se emplearon criterios de participación, liderazgo, responsabilidad para el cuidado y mantenimiento de parcelas (Figura 9). Se definieron, el número de productores/parcelas y se explicaron los detalles para la implementación, manejo y evaluación

participativa de las parcelas de investigación participativa.



Figura 9. Selección de productores para las diferentes actividades a desarrollar para el manejo agronómico de las parcelas con policultivos.

La selección de las plantas en cada uno de los tratamientos de los bloques se realizó de acuerdo a criterios como seguridad alimentaria, repelencia de plagas y productividad, con el fin de contribuir al incremento de ingresos económicos, mejora del suelo de acuerdo con el programa de fertilización, además de la generación de ingresos adicionales por la venta de su producción (Figura 10).



Figura 10. Ejemplos de especies vegetales que componen los policultivos en las parcelas de investigación participativa.

En general, se observaron mejores resultados en el tratamiento en el que se sembraron las variedades nativas de papa junto con las variedades de cubio en ambas localidades. Se observó



que el cubio tiene mayor rendimiento que la papa, alcanzando hasta 30t/ha, mientras que con las papas nativas se obtuvieron rendimientos en promedio de 12t/ha. Los resultados más detallados se tendrán en un artículo que se encuentra en elaboración. El cubio además de presentar buenos rendimientos es una especie rústica, que no requiere fertilización y a la que se le atribuyen propiedades insecticidas y medicinales. Además, de todos los tubérculos andino (incluyendo la papa) tiene las mejores características nutricionales (altos niveles de proteína, balance ideal de aminoácidos esenciales, vitamina C y provitamina A, entre otros) (Apaza Ticona et al 2020).

En Bolivia no fueron establecidos los NIP, sin embargo, se llevó a cabo un diagnóstico para el establecimiento participativo de parcelas de investigación adaptativa de papa en asocio con otros cultivos. En este documento de diagnóstico se encuentra una propuesta detallada para llevar a cabo el establecimiento de las parcelas que permita un trabajo fluido y asertivo con organizaciones de productores en el municipio de Sacaba (documento en revisión).

Capacitaciones sobre identificación y monitoreo de plagas.

Una de las principales actividades del Manejo Integrado de Plagas es su monitoreo. Esta práctica es de suma importancia para la toma de decisiones informadas para el manejo de las plagas y enfermedades limitantes para el cultivo. Para esto es muy importante: conocer las plagas; revisar de forma periódica el cultivo, con el fin de detectar a tiempo los posibles riesgos; clasificar la gravedad del problema; planificar e implementar el programa de tratamiento y finalmente evaluar la eficacia del tratamiento.

Con recorridos en los lotes de papa, los productores identificaron los insectos y enfermedades que ocasionan daño a las plantas, para afianzar y comprender el concepto de monitoreo (Figura 11), en busca de reducir pérdidas por el daño de insectos o por enfermedades, disminuir el uso de agroquímicos y costos de producción (CORPOICA, 2008).

Se hizo énfasis en realizar el monitoreo semanalmente de daños por insectos y/o síntomas de enfermedades, evaluando un número de plantas por área sembrada. El seguimiento se inició desde semilla, se continuó durante el crecimiento y desarrollo del cultivo y finalizó en postcosecha (Moreno *et al.*, 2003; DANE y MADR, 2013; CCB, 2015; Vera, 2020).

En el monitoreo se identificaron las enfermedades con mayor incidencia en el cultivo de papa nativa. En Bolivia predominaron las enfermedades tizón temprano (*Alternaria solani*), costra negra o rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*), camanduleo o sarna de la papa (*Spongospora subterranea*), verruga negra de la papa (*Synchytrium endobioticum*), mancha foliar (*Cercospora* spp.), y virus Y de la papa (*Potato Virus Y* (PVY)) (Figura 8). Para Bolivia y Colombia, se identificó la enfermedad de gota o tizón tardío (*Phytophthora infestans*).



Figura 11. Productores realizando monitoreo de las papas nativas y cubios. A. Comunidad de Kaluyo chico (distrito de Palca, Sacaba, Bolivia), B. Carmen de Carupa (Cundinamarca, Colombia), C. Soracá (Boyacá, Colombia).

En Bolivia, se estableció un porcentaje de severidad en la planta para mancha foliar (16 %), tizón temprano (0,4 %), costa negra (0,24 %), sarna de la papa (0,56 %) y verruga negra de la papa (3,5 %). Con estos resultados, se determinó que la mancha foliar ocasionada por *Cercospora* spp. es la enfermedad que más afecta al cultivo de papa nativa en Bolivia. Para Bolivia y Colombia, los productores reconocieron como problema fitosanitario principal la enfermedad de gota o tizón tardío (*Phytophthora infestans*), estableciendo un porcentaje de severidad en la planta del 1 y 10 %, respectivamente.

En cuanto a insectos, Bolivia reporta larvas, pupas y adultos de *Phthorimaea operculella*, ninfas y adultos de *Myzus persicae*, y *Rhopalosiphoninus latysiphon* y gorgojos (Curculionidae). En Colombia, los daños principalmente son por pulguilla (*Epitrix* spp.) entre el 5 – 20%, minador o tostón (*Liriomyza* spp.) entre el 10-20% y polilla guatemalteca (*Tecia solanívora*) entre el 15 -25%.

El desarrollo de estos talleres en campo permitió que los productores identificaran a través del monitoreo, los problemas fitosanitarios de forma temprana e inmediata, para no realizar aplicaciones de agroquímicos, sin conocer el daño/severidad de las plagas, lo cual reduce el impacto ambiental, costos y menos exposición por parte del productor y el consumidor a



contaminantes.

En la Nota Técnica No. 17 se encuentra información más detallada sobre los talleres de monitoreo de plagas que fueron realizados durante la ejecución del proyecto ([https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120 - Producto 17.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_17.pdf)).

Indicadores Técnicos

En la tabla 6 se muestran los indicadores técnicos del proyecto.

Tabla 6. Indicadores técnicos del proyecto

No	Indicador detalle	Unidad del Indicador	Valor	Notas
1	Accesiones de papa y cubios	# Accesiones, especies caracterizadas morfológica y molecularmente	35	
2	Taller internacional para el arranque del proyecto	# Talleres, cursos, días de campo, giras.	1	
3	Diagnóstico de línea base y definición de las variables a medir	# Estudios, encuestas, diagnósticos de línea base	1	
4	Plan de trabajo del acompañamiento socio-organizacional.	Artículos, presentaciones, publicaciones técnicas y otros productos de diseminación	1	
5	Talleres sobre caracterización agro-morfológica, molecular	# Talleres, cursos, días de campo, giras.	6	talleres con productores en las áreas de influencia del proyecto



No	Indicador detalle	Unidad del Indicador	Valor	Notas
	y selección de variedades			
6	Personas capacitadas en caracterización agro-morfológica de variedades de papas y TA	# Personas capacitadas	1092	
7	Artículos de investigación sometidos a revistas indexadas	# Artículos, presentaciones, publicaciones técnicas y otros productos de diseminación	3	1 artículo ya fue sometido y se encuentra en revisión por parte del editor. 2 borradores de artículo
8	Mujeres, jóvenes, pueblos originarios que participan iniciativas	# Beneficiarios	808	
9	Tesis / Trabajos de grado (estudiantes que se benefician)	# Personal capacitado	19	
10	Soluciones tecnológicas e innovaciones	Adopción	1	
11	Prácticas sostenibles	Adopción	1	
12	Fortalecer capacidades institucionales	# Instituciones Fortalecidas	1	
13	Website, plataformas y sistemas de gestión de información	# de seguidores y visitas a las redes sociales del proyecto	100	
14	Mujeres capacitadas	# Personas capacitadas	808	
15	Total capacitados	# Personas capacitadas	1790	
16	Mujeres que conforman el grupo de trabajo del proyecto	# Personas	5	



No	Indicador detalle	Unidad del Indicador	Valor	Notas
17	Total de personas que conforman el grupo de trabajo del proyecto	# Personas	12	
18	Voz y rendición de cuentas (# Auditorias sin salvedades)	#	4	

Para más información sobre las capacitaciones que se llevaron a cabo a lo largo del proyecto se pueden consultar las Notas Técnicas 20, 21 y 22:

Nota Técnica 20. Talleres de capacitación sobre prácticas de manejo sostenible del cultivo en Colombia: [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_20_Colombia_\(Apr\)\(1\).pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_20_Colombia_(Apr)(1).pdf)

Nota Técnica 20 y 22. Talleres de capacitación sobre prácticas de manejo sostenible del cultivo en Bolivia:

https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_Productos_20_y_22_Bolivia.pdf

Nota Técnica 21: Individuos capacitados en Colombia con productos de difusión y gestión del conocimiento: https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_21_Colombia.pdf

Nota Técnica 21: Individuos capacitados en Bolivia con productos de difusión y gestión del conocimiento: https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/18120_-_Producto_21_Bolivia.pdf

Hallazgos Destacados

Uno de los grandes logros del proyecto ha sido la consolidación del Sistema Territorial de Innovación, el cual ha permitido que las organizaciones de productores tengan un crecimiento importante, articulen acciones entre ellas y con otros actores de la región y hayan podido comenzar su proceso de incidencia en el territorio. El STI ha permitido el fortalecimiento de las acciones productivas, que fueron evaluadas en el marco del proyecto y se han priorizado acciones y actividades relacionadas con la búsqueda de proyectos de innovación, la gestión y articulación con aliados colectivos. Además, se ha logrado la comercialización de mayores volúmenes de papa y leche en nuevos nichos de mercado que han acercado al productor con el consumidor final.

En Bolivia se evaluó la posibilidad de que una organización de productores (APROSER) conforme un sistema territorial de innovación o clúster en torno al rubro de semilla de papa con la participación del Municipio de Tiquipaya, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal (INIAF) y Universidad Mayor de San Simón (UMSS) y eventualmente otras entidades.



La producción de semilla de buena calidad y/o certificada en los territorios, es una alternativa viable que permite que los pequeños productores tengan acceso a semilla de calidad para el establecimiento de sus cultivos. Los agricultores han podido comprobar los beneficios del uso de semilla de buena calidad y de la implementación de prácticas más sostenibles que permiten obtener mayores ganancias frente a los cultivos convencionales.

Historias en el campo

En Colombia, los beneficiarios del proyecto cuentan con estrategias de manejo integrado del cultivo que fueron validadas en los Núcleos de Investigación Participativa. Estas estrategias permiten un uso más racional de los insumos, mejorando los costos de producción y la salud ambiental del agroecosistema. Se espera que los beneficiarios sigan adoptando estas estrategias en sus parcelas. Así mismo, a través del proyecto se consolidó la puesta en marcha de un laboratorio de bajo costo para la producción de semilla de buena calidad, el cual es de los agricultores y para los agricultores. En este laboratorio se producen plantas *in vitro* de variedades nativas y comerciales, que fueron llevadas a casa de malla para la producción de minitubérculos. Se han entregado minitubérculos a productores de las asociaciones vinculadas al proyecto. Con la implementación del Sistema Territorial de Innovación, al que se han sumado las organizaciones beneficiarias del proyecto, se han logrado definir protocolos para la producción de papas nativas con buenas prácticas agrícolas, se registraron y ajustaron costos de producción y se han definido estrategias para la comercialización.

En Bolivia se ha logrado la producción de semilla de papa de alta calidad sanitaria, utilizando la limpieza viral como una estrategia para garantizar la buena producción. Se ha colectado y se ha caracterizado las accesiones de papa del Distrito Rural de Palca-Sacaba y se tiene un catálogo de papas nativas publicado. Se ha trabajado con una estrategia de producción y comercialización de semilla prebásica de papa en el Municipio de Tiquipaya comunidad Rummy Corral. Se ha implementado el Sistema SAH para la producción de plantines de papa con alta calidad sanitaria, a partir de plantas *in vitro*, provenientes del laboratorio del Centro de Biotecnología y Nanotecnología de la UMSS. El laboratorio de cultivo de tejidos (*in vitro*) del CByN-UMSS, se encuentra en proceso de ser acreditado como mantenedores de las variedades de papa de Waicha y Desiree, trámite que se realiza ante el INIAF, con la finalidad de ofertar plantines *in vitro*. El laboratorio de detección de virus utilizando el método molecular PCR, LAMP y el de detección por método de elisa, del CByN UMSS también será acreditado para la prestación de servicios, este trámite se encuentra ante el SENASAG.



Conclusiones

Puesta en marcha de un laboratorio de bajo costo para la producción de semilla de papa de buena calidad, manejado por dos campesinas que han sido capacitadas para realizar todos los procesos en laboratorio e invernadero

Establecimiento de Núcleos de Investigación Participativos, en los cuales se han realizado ensayos de conservación, manejo integrado del cultivo y arreglos agroecológicos. En estos NIP han participado activamente pequeños productores y sus familias en Colombia

Introducción *in vitro* de variedades de papas nativas para obtención de semilla de buena calidad. En Colombia fueron introducidas 11 variedades, de las cuales se están multiplicando 5 variedades que fueron priorizadas por los agricultores para obtener semilla para la comercialización. Actualmente algunas de estas variedades se encuentran en fase de invernadero para la obtención de minitubérculos. En Bolivia se introdujeron *in vitro* 55 variedades, las cuales serán entregadas al banco de germoplasma del INIAF.

Se logró el establecimiento del primer lote comercial de papas nativas de los productores de Colombia vinculados al proyecto, bajo el sistema de manejo del cultivo que se propuso en el marco del proyecto. Los resultados de este primer lote comercial fueron exitosos en cuanto a rendimientos y productividad.

Conformación del Sistema Territorial de Innovación en el que participan organizaciones de productores de Colombia. A través de este STI se definieron protocolos para la producción de papas nativas con buenas prácticas agrícolas. Se registraron y ajustaron los costos de producción y se han definido estrategias para la comercialización.

Referencias Bibliográficas

Alexander, D. H., & Lange, K. 2011. Enhancements to the ADMIXTURE algorithm for individual ancestry estimation. BMC bioinformatics, 12, 246. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-12-246>

Apaza Ticona, L.N., Tena Pérez, V., Bermejo Benito, P. 2020. Local/ Traditional uses, secondary metabolites and biological activities of mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz &



Pavón). Journal of Ethnopharmacology 247 (112152) <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112152>

Cahuana, R. (2014). Colección y caracterización morfológica de entradas de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* L.) del Valle Del Mantaro. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú.

CCB - Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual papa*. Cámara de Comercio de Bogotá-CCB.

Campos D, Noratto G, Chirinos R, Arbizu C, Roca W, Cisneros-Zevallos L. 2006. Antioxidant capacity and secondary metabolites in four species of Andean tuber crops: native potato (*Solanum* sp.), mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón), oca (*Ullucus tuberosus* Caldas). Sci Food Agric 86: 1481-1488.

CIP - Centro Internacional de la Papa. 2015. <https://cipotato.org/es/raices-y-tuberculos/oca-ulluco-y-mashua/>

Chirinos R, Campos D, Costa N, Arbizu C, Pedreschi R, Larondelle Y. 2008. Phenolic profiles of andean mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers: Identification by HPLC-DAD and evaluation of their antioxidant activity. Food Chemistry. 106: 1285–1298.

Clavijo, N. 2018. Cultura y conservación in situ de tubérculos andinos en agroecosistemas de Boyacá: un análisis de su persistencia desde la época prehispánica hasta el año 2016. Cuadernos de Desarrollo Rural, 14 (80), 1-19.

Corpoica - Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2008. Incorporación de prácticas agroecológicas en los principales sistemas de producción de la localidad de Santa Fe, Distrito Capital. Centro de Investigación Tibaitatá, CORPOICA, Mosquera, Cundinamarca.

Corporación PBA. 2013. Innovación Rural Participativa. Manual para facilitadores. Recuperado de: http://www.corporacionpba.org/publicaciones/Manual_IRP/mobile/index.html#p=1

DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2015. “Condiciones de vida de la población residente en el área rural dispersa censada”, Censo Nacional Agropecuario, Boletín núm. 4, Bogotá.

DANE - Departamento Administrativo Nacional de estadística y MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2013. EL cultivo de la papa, *Solanum tuberosum*. Alimento de gran valor nutritivo, clave en la seguridad alimentaria mundial. Boletín mensual, Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Núm. 15 Departamento Administrativo Nacional de estadística (DANE) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Excoffier, L., & Lischer, H. E. L. 2010. Arlequin suite ver 3.5: a new series of programs to



perform population genetics analyses under Linux and Windows. *Molecular Ecology Resources*, 10(3), 564–567. <https://doi.org/10.1111/J.1755-0998.2010.02847.X>

FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2022. Las cooperativas en América Latina y el Caribe. Motor para la transformación de los sistemas agroalimentarios. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/cc0934es/cc0934es.pdf>

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2008. Las papas, la nutrición y la alimentación. <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. Agricultura familiar y sistemas alimentarios inclusivos para el desarrollo rural sostenible. Iniciativa regional 2. 6p

Fonseca LR, Marquez-Cardona MP. 2024. Morphological and molecular characterization of cubios (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) collected in two municipalities in Boyacá-Colombia, Universitas Scientiarum,29(1): 82-95 doi: 10.11144/Javeriana.SC291.mamc

Graeub B; Chappell M; Witman H; Ledermann S; Bezner R; Gennill-Herren B. 2015. The State of Family Farms in the World. *World Development* 87:01-15.

Gutiérrez, O. 2010. Desarrollo de la metodología Innovación Rural Participativa en la zona andina central de Colombia. *Agronomía Colombiana*. 28 (3): 525-533.

Huamán, Z. (2008). Descriptores morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife.

Huarte, M.A. 2005. Seed potato systems in Latin America. In book: *Potato in Progress. Science meets practice*. Publisher: Wageningen Academic Publishers. Editors: A.J. Haverkoort, P.C. Struik

Jombart T. and Ahmed I. (2011) *adegenet 1.3-1*: new tools for the analysis of genome-wide SNP data. *Bioinformatics*. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr521>

Kesavan P; Swaminathan M. 2014. International Year of Family farming: a boots to evergreen revolution. *Current Science*, 107 (12): 1970-1974

Lou, R. N., Jacobs, A., Wilder, A. P., & Therkildsen, N. O. 2021. A beginner's guide to low-coverage whole genome sequencing for population genomics. *Molecular Ecology*, 30(23), 5966–5993. <https://doi.org/10.1111/MEC.16077>

Manrique, I., Arbizu, C., Vivanco, F., Ramirez, C., Chavez, O., Tay, D., & Ellis, D. 2013. *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. Catálogo de la colección de germoplasma de mashua



(*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.) conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP). *Tropaeolum Tuberosum* Ruiz & Pav. Catálogo de La Colección de Germoplasma de Mashua (*Tropaeolum Tuberosum* Ruiz & Pav.) Conservada En El Centro Internacional de La Papa (CIP). <https://doi.org/10.4160/9789290604310>

McKenna, A., Hanna, M., Banks, E., Sivachenko, A., Cibulskis, K., Kernytsky, A., Garimella, K., Altshuler, D., Gabriel, S., Daly, M., & DePristo, M. A. 2010. The Genome Analysis Toolkit: A MapReduce framework for analyzing next-generation DNA sequencing data. *Genome Research*, 20(9), 1297–1303. <https://doi.org/10.1101/GR.107524.110>

Moreno, J., Franco, B., Fierro, L. y Corzo, P. 2003. Manual de papa para productores. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA)-AGROSAVIA.

Porras-Hurtado, L., Ruiz, Y., Santos, C., Phillips, C., Carracedo, Á., & Lareu, M. V. 2013. An overview of STRUCTURE: Applications, parameter settings, and supporting software. *Frontiers in Genetics*, 4(MAY), 48396. <https://doi.org/10.3389/FGENE.2013.00098/ABSTRACT>

Quispe, C., Mansilla, R., Chacón, A., & Blas, R. 2015. Análisis de la variabilidad morfológica del “Añu” *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón procedente de nueve distritos de la región Cusco. *Ecología Aplicada*, 14(2), 211–222. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es

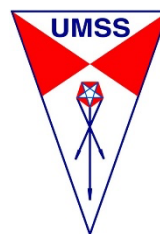
Ranallo-Benavidez, T. R., Jaron, K. S., & Schatz, M. C. 2020. GenomeScope 2.0 and Smudgeplot for reference-free profiling of polyploid genomes. *Nature Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/S41467-020-14998-3>

Sourisseau J-M. 2015. Family farming and worlds to come. Springer, 361 p
Valle-Parra, M., Lalaleo, L., Pomboza-Tamaquiza, P., Ramírez-Estrada, K., Becerra-Martínez, E., & Hidalgo, D. (2020). From morphological traits to the food fingerprint of *Tropaeolum tuberosum* through metabolomics by NMR. *LWT*, 119, 108869. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108869>

Van der Ploeg J D. 2013. Diez cualidades de la agricultura familiar. Farming matters.

Vera, D. 2020. Análisis sobre el proceso de conservación in situ de papas nativas en agroecosistemas familiares del municipio de Ventaquemada, departamento de Boyacá. *Tesis de maestría*, Pontificia Universidad Javeriana. Repositorio institucional-Pontificia Universidad Javeriana.

Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org