



## **Mejora del rendimiento de la papa y otros tubérculos andinos – Root to Food**

**Producto 13: Producción de semilla de papas nativas en los laboratorios de bajo costo**

**María del Pilar Márquez Cardona, Marcela Pinilla, Consuelo Rincón, Esther L. Rojas Vargas, Jorge A. Rojas Beltrán, Pablo E. Paco C.**

**2024**



Códigos JEL: Q16

ISBN

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 Cardona, Marcela Pinilla, Consuelo Rincón, Esther L. Rojas Vargas, Jorge A. Rojas Beltrán, Pablo E. Paco C.

Copyright © 2022 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](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

<b>Abstract</b> .....	5
<b>Resumen EJECUTIVO</b> .....	7
<b>Palabras Clave:</b> .....	7
<b>Objetivos</b> .....	7
<b>Introducción</b> .....	8
<b>El proceso de producción de material vegetal <i>in vitro</i></b> .....	8
Establecimiento del cultivo .....	9
Producción .....	10
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	14
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	15
<b>Instituciones participantes</b> .....	16



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plantas madre para la obtención de explantes (meristemos) de papa.....	9
Figura 2. Plantas madre para la obtención de explantes de papa en Bolivia.....	10
Figura 3. Producción de minitubérculos en el laboratorio de bajo costo en Colombia .....	11
Figura 4. Obtención de plántulas de papa a través del Sistema Autotrófico Hidropónico .....	12
Figura 5. Semilla prebásica obtenida en el laboratorio de bajo costo en Bolivia .....	13



## ABSTRACT

Tubérculos andinos como la papa (*Solanum tuberosum*) y el cubio (*Tropaeolum tuberosum*) son esenciales para la seguridad alimentaria del agricultor andino, quienes cultivan y mantienen la diversidad de estos tubérculos en sus parcelas, bajo esquemas de agricultura familiar. Sin embargo, los rendimientos, particularmente de las variedades tradicionales, son bajos. Una de las causas fundamentales de los bajos rendimientos y la mala calidad del producto obtenido, es la mala calidad de la semilla empleada. En efecto, los pequeños agricultores andinos tienen cada vez más dificultades para conseguir semillas de calidad, principalmente de variedades tradicionales.

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 y enfermedades por el desconocimiento de las mismas. Todo lo anterior viéndose agravado por los efectos del cambio climático global.

El proyecto “Mejora en el rendimiento de la papa y otros tubérculos andinos - Root to Food” tiene como finalidad 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.

El proyecto cuenta con tres componentes: 1) fortalecimiento del tejido social, organizacional y empresarial de familias productoras de papa nativa y tubérculos andinos; 2) conservación y obtención sostenible de semilla de buena calidad de papa y tubérculos andinos para la agricultura familiar; 3) innovación agroecológica para el manejo integrado de plagas de papa y tubérculos andinos en unidades de producción agrícolas familiares. Dentro de cada uno de estos componentes se realizan acciones conjuntas entre los participantes, bajo el esquema de Innovación Rural Participativa (IRP), con el fin de contribuir a mejorar la calidad de la semilla, los rendimientos en la producción, la sostenibilidad ambiental y social, de manera que redunden en la seguridad alimentaria de las comunidades.

En este proyecto participan la Pontificia Universidad Javeriana – sede Bogotá de Colombia (organismo ejecutor), la Corporación PBA de Colombia y la Universidad Mayor de San Simón de Bolivia (organismos co-ejecutores). Asociaciones de pequeños productores de papa en Colombia y el municipio de Sacaba en Bolivia en donde se encuentran los agricultores quienes son beneficiarios directos del proyecto.



Andean tubers such as potato (*Solanum tuberosum*) and mashua (*Tropaeolum tuberosum*) are essential for the food security of the Andean farmers, who cultivate and maintain the diversity of these tubers in their plots, under family farming schemes. However, yields, particularly of traditional varieties, are low. One of the root causes of the low yields and inadequate quality of the product obtained is the poor quality of the seed used. Indeed, small Andean farmers are finding it increasingly difficult to obtain quality seeds, from traditional varieties.

In addition, these poor-quality planting materials must face other environmental pressures and are a consequence of monoculture management practices, with excessive use of agrochemicals, exhaustion and loss of soil fertility, loss of diversity in the varieties sown, low pest and disease controls due to lack of knowledge of them. All of this is compounded by the effects of global climate change.

The project "Improvement in the yield of potato and other Andean tubers - Root to Food" aims to strengthen the economy of family agricultural production units of Bolivia and Colombia producing native potatoes and Andean tubers, through the participatory development of technological packages and productive linkages that impact the conservation, valorization, improvement of yield and environmental sustainability of crops.

The project has three components: 1) strengthening the social, organizational, and business fabric of families producing native potatoes and Andean tubers; 2) conservation and sustainable production of good quality potato seed and Andean tubers for family farming; 3) agroecological innovation for the integrated management of potato pests and Andean tubers in family agricultural production units. Within each of these components joint actions are carried out among the participants, under the Participatory Rural Innovation (IRP) scheme, in order to contribute to improve seed quality, yields in production, environmental and social sustainability, so as to ensure food security for communities.

The Pontificia Universidad Javeriana - Bogota Colombia (executing agency), the PBA Corporation of Colombia and the Universidad Mayor de San Simón of Bolivia (co-executing organizations) participate in this project. Associations of small potato producers in Colombia and producers of the municipality of Sacaba, are the direct beneficiaries of the project.



## RESUMEN EJECUTIVO

Este documento proporciona una visión integral del proceso de cultivo *in vitro* de papa, subrayando su importancia para la producción de tubérculos semilla de alta calidad. La selección de tubérculos libres de patógenos y con buena calidad genética, son utilizados para la obtención de plantas madre. Estas plantas son propagadas *in vitro*, garantizando su sanidad y uniformidad genética. El proceso incluye la aclimatación de plántulas en invernaderos y la producción de minitubérculos, los cuales sirven como base para la producción de semillas en campo.

Se detallan además las implementaciones de laboratorios de bajo costo en Bolivia y Colombia, que han permitido la multiplicación masiva de plántulas mediante sistemas como el Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH), el cual reduce costos y mejora la eficiencia. Estos esfuerzos han resultado en la producción y distribución de minitubérculos y semillas prebásicas a pequeños productores, impulsando así la sostenibilidad y productividad de los cultivos de papa en la región.

### **PALABRAS CLAVE:**

Cultivo *in vitro*, semilla de buena calidad, Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH)

## OBJETIVOS

### *General*

El objetivo general del proyecto es 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

### *Específico*

Producir semilla de papa a través de técnicas de cultivo de tejidos en laboratorios de bajo costo



## INTRODUCCIÓN

En especies vegetales como la papa (*Solanum tuberosum*) es posible obtener tubérculos a partir de diferentes estructuras como hojas, esquejes o brotes de tubérculos. A través de estos métodos se puede multiplicar rápidamente e incrementar la cantidad de plantas, con el fin de producir de forma acelerada tubérculos semilla. Sin embargo, a través de estos métodos generalmente no se logran unas buenas tasas de multiplicación, lo cual dificulta la obtención a gran escala de tubérculos semilla. Además, a través de estos métodos de propagación vegetativa no es posible garantizar la sanidad del material propagado (INIA).

El cultivo *in vitro* es un método mediante el cual, se puede lograr una multiplicación rápida del material vegetal, garantizando la calidad genética, fisiológica y fitosanitaria. La multiplicación se realiza a partir de meristemos de plantas madre, de los cuales se obtiene una planta libre de enfermedades, la cual es propagada *in vitro* durante varios ciclos para obtener una gran cantidad de plantas.

Una vez las plántulas alcanzan su desarrollo óptimo, son llevadas a invernaderos para su aclimatación y producción de minitubérculos, que son el punto de partida para la producción de tubérculos semilla en campo.

Para la producción de tubérculos semilla de papa se requiere de un laboratorio de cultivo de tejidos y un invernadero y se deben considerar aspectos como el espacio disponible, el medio ambiente, los recursos financieros y la capacidad de producción requerida (Toledo *et al.* 1998).

En la nota técnica 11 se mencionan los requerimientos para la puesta en marcha de un laboratorio de bajo costo, en el cual se cuenta con áreas específicas de trabajo y equipos especializados para la producción de plántulas a mediana escala. En este tipo de infraestructura se puede incrementar la eficiencia y uniformidad en la producción del material vegetal.

## EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL VEGETAL *IN VITRO*

Este proceso comprende dos etapas:

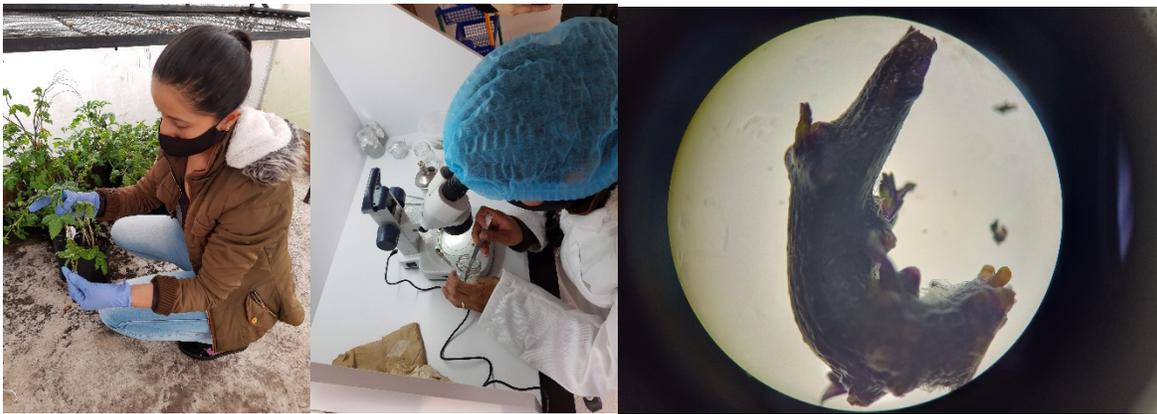
- Establecimiento del cultivo *in vitro*
- Producción



## Establecimiento del cultivo

Inicialmente se deben seleccionar tubérculos de lotes que estén libres de patógenos y de buena calidad genética. Estos tubérculos deben ser sembrados en invernadero para obtener las plantas madre, de las cuales se extraen los explantes (meristemos) para la introducción *in vitro* (Toledo *et al.* 1998).

Para la introducción de material vegetal de papas nativas al laboratorio piloto, se seleccionaron tubérculos de cinco variedades (andina, chaucha, uva mora, manzana, jardinera) que fueron sembrados en el invernadero para la obtención de las plantas madre, a partir de las cuales se obtuvieron los meristemos (figura 1).



**Figura 1. Plantas madre para la obtención de explantes (meristemos) de papa en Colombia.**

En Bolivia, fueron las variedades de papa colectadas durante las jornadas de colecta y selección fueron introducidas *in vitro* y sometidas a termoterapia para la limpieza de virus (Nota técnica No. 8) (figura 2).



**Figura 2. Plantas madre para la obtención de explantes de papa en Bolivia.**

## Producción

Durante esta etapa se lleva a cabo la propagación masiva de los explantes o plántulas, en diferentes ciclos hasta obtener el número y la calidad de plántulas deseada.

El tiempo de cada ciclo de propagación depende del comportamiento de cada especie o genotipo en el medio de cultivo y las condiciones ambientales en las que se encuentra (temperatura, fotoperíodo) (Toledo *et al.* 1998). Para las variedades de papa multiplicadas en los laboratorios de bajo costo este rango se encuentra entre 3 y 4 semanas.

Teniendo en cuenta estos rangos, se establece el plan de producción de semilla optimizando la estructura de cada uno de los espacios de los laboratorios y especialmente la de los invernaderos. Así mismo, se deben tener en cuenta las épocas de siembra en los territorios, con el fin de que la semilla esté disponible en el momento adecuado.

La infraestructura de los laboratorios de cultivo de tejidos permite la propagación de grandes cantidades de plántulas, pero esta multiplicación se debe realizar en función de la capacidad que tengan los invernaderos para la siembra.

En el laboratorio de bajo costo en Colombia se evaluaron protocolos de introducción de meristemos y multiplicación *in vitro* y se obtuvieron tasas de multiplicación entre 2,4 y 4,7 y se obtuvieron alrededor de 6000 plántulas bajo el sistema convencional de propagación *in vitro* en medio de cultivo semisólido.

Las plántulas fueron llevadas al invernadero antiáfidos para su endurecimiento y obtención de minitubérculos. Hasta el momento se han obtenido aproximadamente 7000 minitubérculos de diferentes variedades, que han sido entregados a los agricultores de las organizaciones beneficiarias del proyecto (Figura 3).



**Figura 3. Producción de minitubérculos en el laboratorio de bajo costo en Colombia**

En 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 4).



#### **Figura 4. Obtención de plántulas de papa a través del Sistema Autotrófico Hidropónico**

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. Actualmente en el CByN se tiene almacenadas en cuarto frío aproximadamente 50kg de semilla prebásica de variedades comerciales, que serán distribuidas a agricultores de la zona (Figura 5).



**Figura 5. Semilla prebásica obtenida en el laboratorio de bajo costo en Bolivia**



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró la 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 multiplicaron 5 variedades que fueron priorizadas por los agricultores para obtener semilla para la comercialización.

En Bolivia se introdujeron *in vitro* 55 variedades, las cuales fueron sometidas a termoterapia para la limpieza de virus, estas variedades fueron entregadas al banco de germoplasma del INIAF.

En Bolivia, se logró estandarizar el Sistema Autotrófico Hidropónico para la multiplicación de plántulas. Este es un método que reduce los costos de producción de semilla pre básica de papa, comparando con el sistema *in vitro*.

Tanto en Bolivia como en Colombia, las plántulas fueron aclimatadas en invernadero y se logró la producción de minitubérculos de diferentes variedades.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INIA. Técnicas de multiplicación rápida en papas. Recuperado de : <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/34584b81-2f6b-4462-8fdf-fdfb6a05b14b/content#:~:text=Multiplicaci%C3%B3n%20in%20vitro.&text=Esta%20t%C3%A9cnica%20consiste%20en%20plantar,proceso%20fisiol%C3%B3gico%20denominado%20dominancia%20apical.&text=Se%20utilizan%20platabandas%2C%20camellones%20o,invernadero%20con%20sustrato%20desinfectado%20previamente.>

Toledo, J., Espinoza, N. y Golmirzaie, A. 1998. Cultivo de tejidos. Manejo de plántulas in vitro en la producción de semilla de papa. Centro Internacional de la Papa.



# INSTITUCIONES PARTICIPANTES



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)