



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

**Producto 12: Memorias de taller en buenas prácticas de laboratorio para el aseguramiento del funcionamiento de los laboratorios de producción de semilla de buena calidad de papas nativas.**

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

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](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>Introducción</b> .....	8
<b>OBJETIVOS</b> .....	9
<b>Buenas prácticas de laboratorio (bpl) para la producción de vitroplantas</b> .....	10
Áreas del laboratorio .....	10
Medios de cultivo.....	10
Explantes.....	10
Incubación y crecimiento.....	11
Prevención de contaminación .....	11
Evaluación y selección de las plantas regeneradas <i>in vitro</i> .....	11
<b>Las BPL en el proyecto Root to Food</b> .....	12
<b>Discusión</b> .....	16
<b>Conclusiones</b> .....	17
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	18
<b>Instituciones participantes</b> .....	19



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Laboratorios de bajo costo en Bolivia y Colombia .....	12
Figura 2. Taller sobre producción de semilla de buena calidad. A. Agenda del taller. B. Productores durante la visita al laboratorio de bajo costo .....	13
Figura 3. Total de participantes a los talleres sobre Buenas Prácticas de Laboratorio para la producción de semilla de papa .....	14
Figura 4. Esquema con el proceso de producción de plántulas para la obtención de semilla de buena calidad de papa. ....	15
Figura 5. Invernaderos para la aclimatación de plántulas y obtención de minitubérculos de papa en Colombia y Bolivia.....	16



## 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 estas. 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 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 improving 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

Las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) son de gran importancia en el cultivo *in vitro* de papa, crucial en la producción de semilla de alta calidad, libres de patógenos. Estas prácticas son esenciales para garantizar la eficiencia, reproducibilidad y seguridad en todo el proceso, desde la preparación de medios de cultivo hasta la aclimatación de las plantas regeneradas.

En la implementación de los laboratorios de bajo costo para la producción de semilla de buena calidad de papa en Bolivia y Colombia, las BPL han sido fundamentales para garantizar la calidad del material vegetal.

A través de estas estrategias usadas en el marco del proyecto Root to Food, los productores han podido acceder a plántulas y minitubérculos de papa de calidad, que permiten mejorar el rendimiento y sostenibilidad del cultivo.

Los productores de Bolivia y Colombia participaron en talleres sobre producción de semilla de calidad. En Colombia asistieron 39 personas, de las cuales 18 fueron mujeres. En Bolivia se convocaron 24 participantes, con 13 mujeres presentes.

### **PALABRAS CLAVE:**

Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL), cultivo *in vitro*, semilla de buena calidad.



## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, siendo un alimento básico para millones de personas. Su producción se ve afectada por diversas enfermedades, plagas y condiciones ambientales adversas. El uso de semilla de mala calidad es uno de los factores más limitantes para el buen desarrollo de los cultivos. En el caso de la papa, se pueden diseminar muy fácilmente las plagas y enfermedades, al tratarse de un tubérculo semilla (Montesdeoca, 2005).

Una de las causas fundamentales del bajo rendimiento (cantidad y calidad) del producto obtenido que presenta la papa en países como Bolivia y Colombia, 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 el 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 (DANE, 2016). 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 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.

Cuando una variedad de papa ha sido sembrada por muchas generaciones, utilizando el mismo material de propagación, es necesario realizar una limpieza de esta semilla, ya que los patógenos que existan en estas variedades continúan su desarrollo a lo largo de estas generaciones, disminuyendo la producción (Gutiérrez, 1983)

La producción *in vitro* de semilla de papa es una técnica que permite la generación de plantas libres de patógenos, de alta calidad genética y con características deseables, lo que contribuye a aumentar la productividad y el rendimiento del cultivo. Para garantizar el éxito y la eficiencia de este proceso, es fundamental implementar buenas prácticas de laboratorio (BPL). Aunque en los laboratorios de producción de vitroplantas, no es una exigencia tener implementadas las BPL, estas prácticas aseguran la calidad, reproducibilidad y seguridad del trabajo realizado en el laboratorio.



## 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*

Dar a conocer a los diferentes actores involucrados en el proyecto Root to Food las actividades que se llevan a cabo en el laboratorio de bajo costo para la producción de semilla de buena calidad de papa y la importancia de las buenas prácticas de laboratorio para la obtención de la semilla.



## BUENAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO (BPL) PARA LA PRODUCCIÓN DE VITROPLANTAS

Las BPL son un conjunto de directrices y procedimientos diseñados para garantizar la calidad y la integridad de los datos obtenidos en el laboratorio. Estas prácticas se aplican a todas las etapas del proceso de producción *in vitro*, desde la preparación de medios de cultivo hasta el manejo de las plantas regeneradas (Rodríguez Domínguez et al. 2021).

### Áreas del laboratorio

Todo laboratorio de producción *in vitro* debe contar con unas áreas que permitan separar los diferentes procesos que se llevan a cabo y garantizar la calidad del material vegetal. Estas áreas son:

Área de Preparación de Medios: debe estar separada del área de cultivo para evitar contaminaciones cruzadas. En esta área se ubican equipos como balanzas, potenciómetro, estufas.

Área de Cultivo *in vitro*: área limpia y estéril, equipada con cámaras de flujo laminar

Área de Limpieza y Esterilización: en esta área se ubican equipos como autoclaves, lavaplatos.

### Medios de cultivo

Otro aspecto importante para garantizar la producción y calidad del material vegetal que se produce en un laboratorio es la preparación de los medios de cultivo.

Los medios de cultivo se deben ajustar a los requerimientos de cada especie a propagar y a las condiciones que están en el entorno.

El medio más usado en la propagación *in vitro* es el medio MS (Murashige y Skoog), el cual puede ser suplementado con reguladores de crecimiento según las necesidades específicas del cultivo (Murashige y Skoog 1962).

Los medios de cultivo se deben esterilizar en autoclave a 121°C y 15 psi durante 20 minutos. Dejar enfriar a temperatura ambiente antes de su uso. Cada lote de medio que se prepare se debe registrar con el fin de poder tener una trazabilidad durante todo el proceso.

### Explantos

Las plantas madre de las cuales se extraerán los explantes, deben ser cuidadosamente seleccionadas con el fin de poder garantizar la calidad genética del material vegetal. Las plantas madre se mantienen en invernadero con malla anti-áfidos, con riego y fertilización adecuada.

A partir de las plantas madre, se seleccionan explantes sanos y vigorosos, preferiblemente



meristemas apicales o yemas axilares.

Los explantes se lavan con detergente suave y agua destilada para eliminar residuos superficiales.

Posteriormente los explantes se sumergen en una solución de hipoclorito de sodio para su esterilización, seguido de varios enjuagues con agua destilada estéril.

Una vez realizada la desinfección y esterilización de los explantes, estos se inoculan en el medio de cultivo, en condiciones estériles dentro de la cámara de flujo laminar. Todo esto se lleva a cabo utilizando herramientas estériles.

### Incubación y crecimiento

Una vez inoculados los explantes en el medio de cultivo, los frascos se deben llevar al área de crecimiento con temperatura controlada y fotoperíodo. En esta área se debe monitorear el crecimiento, la proliferación de brotes y la contaminación.

Los subcultivos se realizarán de acuerdo con las necesidades del cultivo y la programación que se tenga en el laboratorio para la salida del material vegetal a invernadero.

Todos los frascos de cultivo se deben etiquetar claramente con información detallada de los experimentos. Se deben mantener registros precisos de cada etapa del proceso, incluyendo fechas, tipos de medios utilizados, y observaciones de crecimiento.

### Prevención de contaminación

Uno de los aspectos más importantes en un laboratorio de cultivo *in vitro* es la prevención de la contaminación (Cassells 2012). Para esto se deben tener en cuenta aspectos como:

- Mantener una estricta higiene personal y del laboratorio.
- Usar guantes, batas y mascarillas desechables.
- Desinfectar regularmente las superficies de trabajo y herramientas.

En caso de que las vitroplantas se contaminen en los frascos, estas deben ser eliminadas en autoclave, realizando el respectivo registro.

### Evaluación y selección de las plantas regeneradas *in vitro*

Las plantas que se producen en el laboratorio deben ser evaluadas para asegurar que estén libres de contaminante y enfermedades.

Se pueden realizar pruebas de PCR o Elisa antes de transferir las plantas al invernadero.



La aclimatación de las plantas puede ser uno de los puntos más críticos en el proceso. Esta aclimatación debe llevarse a cabo de manera gradual y debe haber un monitoreo constante para minimizar el estrés de las vitroplantas y asegurar el éxito del trasplante.

## LAS BPL EN EL PROYECTO ROOT TO FOOD

En el marco del proyecto Root to Food, se pusieron en marcha los laboratorios de bajo costo para la producción de semilla de papa de buena calidad. Estos laboratorios actualmente cuentan con protocolos que permiten obtener plántulas de papa de variedades tanto comerciales, como nativas, para ser entregadas directamente a los productores involucrados en el proyecto (Figura 1).



**Figura 1. Laboratorios de bajo costo en Bolivia y Colombia**

Los productores de Bolivia y Colombia han tenido la oportunidad de conocer de cerca el proceso de la producción de la semilla en el laboratorio. En Colombia se llevó a cabo un taller (Figura 2) en el cual participaron productores de todas las organizaciones directamente vinculadas al proyecto (Asoagroalzal, El Olivo, Coinpacol) y productores de otras organizaciones interesados en el proceso de obtención de semilla de buena calidad.

**Taller en buenas prácticas de laboratorio para el aseguramiento del funcionamiento de los laboratorios de producción de semilla de buena calidad de papas nativas**

**ASOAGROALIZAL**  
 Fecha: 17 de marzo  
 Hora: 9:00am  
 Lugar: Salón comunal vda. El Alisal

AGENDA DEL ENCUENTRO			
HORA	DURACIÓN	TEMA	RESPONSABLE
9:00 am	10 min	Bienvenida por parte de <u>Asoagroalizal</u>	Luis Moncada - <u>Asoagroalizal</u>
9:10 am	30 min	Presentación de los participantes al taller	Todos
9:40 am	20 min	Refrigerio	PBA
10:00 am	60 min	Presentación de la experiencia del laboratorio de bajo costo	Marcela – Consuelo ( <u>Asoagroalizal</u> ) Ma. Del Pilar Márquez (PUJ)
11:00 am	60 min	Grupo 1: Visita al laboratorio	Marcela – Consuelo ( <u>Asoagroalizal</u> ) Ma. del Pilar Márquez (PUJ)
	60 min	Grupo 2: Visita al invernadero	Luis Moncada ( <u>Asoagroalizal</u> ) – Adriana Sáenz – Ismael Villanueva (PUJ) Luis Antonio Camargo (PBA)
1:00 pm	15 min	Evaluación del taller	Esmeralda Villalobos (PBA)

A



**Figura 2. Taller sobre producción de semilla de buena calidad. A. Agenda del taller. B. Productores durante la visita al laboratorio de bajo costo en Colombia**

En el taller, participaron un total de 39 personas (Figura 3), de las cuales 18 fueron mujeres y 21 fueron hombres. En Bolivia, el taller se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Mayor de San Simón, a este taller asistieron un total de 24 personas (13 mujeres, 11 hombres).



**Figura 3. Total de participantes a los talleres sobre Buenas Prácticas de Laboratorio para la producción de semilla de papa**

Durante este taller los asistentes pudieron conocer de primera mano el proceso que se lleva a cabo en el laboratorio y las buenas prácticas de laboratorio que han sido implementadas para la obtención de material vegetal de buena calidad (Figura 4). En Colombia, las líderes del laboratorio, Marcela Pinilla y Consuelo Rincón, fueron las encargadas de explicar en detalle todas las actividades que se realizan tanto en el laboratorio como en el invernadero, para la producción de minitubérculos.

La Producción de Semilla de Papa de Buena Calidad:  
INICIA EN EL LABORATORIO CON PROCESOS LIMPIOS

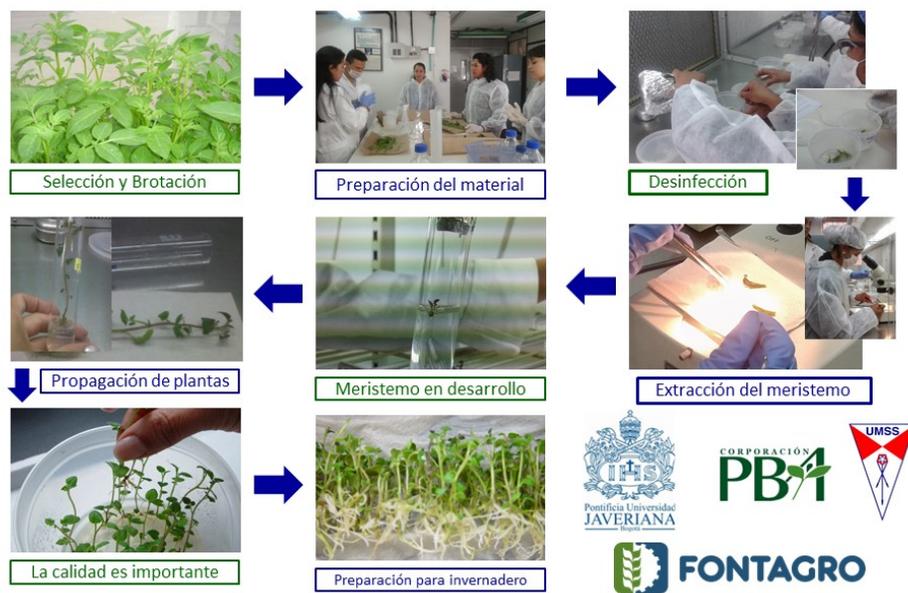


Figura 4. Esquema con el proceso de producción de plántulas para la obtención de semilla de buena calidad de papa.



Las plántulas obtenidas en los laboratorios fueron sacadas a invernadero para su aclimatación y posterior obtención de minitubérculos (Figura 5).



**Figura 5. Invernaderos para la aclimatación de plántulas y obtención de minitubérculos de papa en Colombia y Bolivia.**

## DISCUSIÓN

Las buenas prácticas de laboratorio en el cultivo *in vitro* de papa son fundamentales para garantizar la calidad y sanidad de las plantas producidas. En este contexto, es crucial mantener un ambiente estéril para prevenir la contaminación por microorganismos que podrían comprometer el crecimiento y desarrollo de los explantes. Además, la precisión en la preparación de medios de cultivo, la correcta manipulación de materiales, y el seguimiento riguroso de protocolos establecidos son esenciales para obtener resultados consistentes y reproducibles. Estas prácticas no solo aumentan la eficiencia del proceso, sino que también aseguran la producción de plantas libres de patógenos, lo cual es vital para la obtención de semillas de alta calidad y, en última instancia, para mejorar los rendimientos y la sostenibilidad de los cultivos de papa a gran escala.

El acercamiento de los productores a estas técnicas ha permitido que se reconozca su importancia en la obtención de una semilla de mejor calidad, la cual es el punto de partida para el establecimiento de los cultivos. El uso de semilla de buena calidad, sumado a otras estrategias de manejo integrado, permite mejorar los rendimientos y alcanzar la sostenibilidad económica y ambiental de los cultivos.



## CONCLUSIONES

La implementación de buenas prácticas de laboratorio en la producción de plántulas de papa es un elemento esencial para asegurar la obtención de semillas libres de patógenos.

Las buenas prácticas de laboratorio permiten tener procesos con trazabilidad, de manera que se pueda garantizar la obtención de semilla de buena calidad.

Es importante que los productores conozcan todos los procesos que se llevan a cabo en el laboratorio para la obtención de semilla de buena calidad, esto permite que haya una mayor apropiación y uso de estos materiales por parte de ellos.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cassells, A. C. 2012. Pathogen and biological contamination management in plant tissue culture: phytopathogens, vitro pathogens, and vitro pests. *Methods in Molecular Biology* (Clifton, N.J.), 877, 57-80

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2016. Tercer Censo Nacional Agropecuario. Memorias. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

Montesdeoca M., Fabián. 2005. Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. PNTR-INIAP-Proyecto Fortipapa, pp. 40.

Murashige, T., & Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497.

Rodríguez Domínguez, J.M., Castañeda Nava, J. J., Del Toro de la Cruz, F. O., Gutiérrez Mora, A., Plaza Ávila, A. 2021. Manual de prácticas de laboratorio para la micropropagación de plantas. CIATEJ. México.

## 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)