

# El cultivo *in vitro* de plantas y su aporte en la agricultura local

*In vitro* plant cultivation and its contribution to local agriculture

Miguel Orellana | Diana Calderón | María de Lourdes Torres

**Recibido:** 01 de noviembre de 2023

**Aceptado:** 11 de enero de 2024

**DOI:** <https://doi.org/10.18272/esferas.v5i.3137>

**Cómo citar:** Orellana, M., Calderón, D. y Torres, M. de L. (2024). El cultivo *in vitro* de plantas y su aporte en la agricultura local. *Esferas*, 5, pp. 151-163. <https://doi.org/10.18272/esferas.v5i.3137>



Miguel Alejandro Orellana Carrión  
Universidad San Francisco de Quito USFQ  
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales  
Laboratorio de Biotecnología Vegetal  
Quito 170901, Ecuador [morellana@usfq.edu.ec](mailto:morellana@usfq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0009-3616-1563>

Diana Calderón Carvajal  
Universidad San Francisco de Quito USFQ  
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales  
Laboratorio de Biotecnología Vegetal  
Quito 170901, Ecuador  
[dcalderonc@usfq.edu.ec](mailto:dcalderonc@usfq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-6739-8522>

María de Lourdes Torres  
Universidad San Francisco de Quito USFQ  
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales  
Laboratorio de Biotecnología Vegetal  
Quito 170901, Ecuador  
[ltorres@usfq.edu.ec](mailto:ltorres@usfq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-7207-4568>

## Resumen

Ecuador, un país megadiverso, alberga valiosas plantas nativas, como la naranjilla (*Solanum quitoense*) y el tomate de árbol (*Solanum betaceum*), que tienen un alto valor alimenticio y medicinal. Sin embargo, la accesibilidad a semillas y plantas de calidad que favorezcan una producción eficiente y que sean accesibles para productores locales es una limitante. No obstante, el uso de técnicas biotecnológicas, como el cultivo *in vitro* de plantas puede ser una alternativa para la propagación de variedades agrícolas de interés. En este ensayo se detallan las actividades realizadas durante el proyecto de vinculación Soberanía Alimentaria Checa – Cultivo *in vitro* y su aporte hacia una agricultura sostenible. A través del cultivo *in vitro* y con el apoyo de estudiantes y profesores de las carreras de Ingeniería en Biotecnología y Agronomía de la USFQ, se ha logrado propagar y entregar con éxito a la comunidad de Checa, Pichincha plantas robustas de tomate de árbol y naranjilla. Este es un claro ejemplo de cómo la biotecnología, la educación y el compromiso pueden contribuir significativamente a proyectos sociales y ecológicamente responsables a lo largo del tiempo, beneficiando tanto a pequeños agricultores como al medioambiente.

**Palabras clave:** agricultores locales, cultivo *in vitro*, especies nativas, agricultura sostenible

## Abstract

Ecuador, a megadiverse country, hosts valuable native plants such as naranjilla (*Solanum quitoense*) and tree tomato (*Solanum betaceum*), both with food and medicinal applications. Nevertheless, the accessibility to high-quality seeds and plants that promote efficient production and their affordable prices for local farmers remains a challenge. In this context, the use of biotechnological techniques, like *in vitro* plant tissue culture, emerges as an alternative for propagating these significant varieties. This essay details the activities performed in the outreach project Soberanía Alimentaria Checa – Cultivo *in vitro* and its contribution towards a sustainable agriculture. Through *in vitro* culture techniques, robust naranjilla and tree tomato plants have been successfully propagated and distributed to the Checa, Pichincha community with the support of students and faculty members from the Biotechnology and Agronomy programs at USFQ. This achievement underscores how biotechnology, education, and commitment can significantly contribute to socially and ecologically responsible projects over time, benefiting both small-scale farmers and the environment.

**Keywords:** local farmers, *in vitro* culture, native species, sustainable agriculture.

## Introducción

El Ecuador es considerado como un país megadiverso que alberga alrededor de 25 000 especies de plantas (Rieckmann et al., 2011), de las cuales aproximadamente 17 300 representan a plantas vasculares (Cuesta et al., 2017), convirtiéndole en un país con grandes oportunidades de aprovechamiento de su flora. De igual forma, Ecuador es el hogar de una amplia gama de plantas útiles, las cuales pueden ser empleadas con fines alimenticios, medicinales y ornamentales (de la Torre et al., 2008). Por ende, una de las principales actividades económicas del país es precisamente la agricultura, cuyos cultivos cubren un área superficie estimada de 48 000 km<sup>2</sup> distribuida entre todas las regiones (Ochoa-Brito et al., 2023). Esto hace de la agricultura una actividad fundamental para el desarrollo económico per cápita de personas dedicadas a esta actividad (Pacheco et al., 2018). Entre las diversas plantas nativas que se aprovechan, la naranjilla (*Solanum quitoense*) y el tomate de árbol (*Solanum betaceum*) presentan un gran interés comercial dentro del país.

La naranjilla es un arbusto herbáceo, cuyo fruto se produce en racimos que contienen entre tres y seis unidades y están cubiertos de una fina capa de vellosidades que los protege hasta que estén maduros (Rojas-Sandoval, 2017). Por otra parte, el tomate de árbol es un frutal semiperenne cuyo fruto se produce en racimos que contienen entre tres y cinco unidades, los cuales se caracterizan por su color rojo (Feicán-Mejía et al., 2016). En ambos casos, estos cultivos son importantes para los agricultores del país ya que los frutos se utilizan para elaborar bebidas, mermeladas y otras preparaciones dulces (de la Torre et al., 2008). Para el 2021, el Ecuador produjo 9291 toneladas de naranjilla y 6742 de tomate de árbol, lo que representa el 0,003 % y el 0,03 % en las exportaciones agropecuarias ecuatorianas respectivamente (Boletín situacional Cultivo naranjilla, 2021; Boletín situacional Cultivo tomate de árbol, 2021). No obstante, la poca accesibilidad a semillas y a plantas de calidad que satisfagan una producción sostenible representa una limitante en la economía de los agricultores locales (INIAP, 2015). Frente a esta situación, técnicas biotecnológicas como el cultivo *in vitro* de plantas representan una oportunidad para el mejoramiento de cultivos, manejo de enfermedades y propagación rápida de plantas, lo que puede resultar

beneficioso para la agricultura (Bhojwani y Dantu, 2012). Por ejemplo, en la actualidad escasos agronegocios aprovechan al cultivo *in vitro* como alternativa de propagación a gran escala de cultivos, entre los cuales solo se la utiliza en el café, banano, cacao, etcétera (Torres y Santos-Ordoñez, 2020). Sin embargo, existen pocos ejemplos de protocolos de cultivo *in vitro* de cultivos andinos como el mortiño, moringa, mashua, entre otras (Peña-Rojas et al., 2022; Cobo et al., 2018; Stephenson y Fahey, 2004). Esto hace que el cultivo de tejidos vegetales sea una tecnología poco explorada en el país y en sistemas agrícolas.

El cultivo *in vitro* es una herramienta de la biotecnología que se define como el proceso de cultivo de células, tejidos u órganos vegetales en medios de cultivo nutritivos, bajo

condiciones estériles y controladas (Pierick, 1988). La micropropagación, en líneas generales, se compone de cuatro etapas importantes: la primera implica la desinfección y el cultivo de explantes, material vegetal inicial para el cultivo, en un medio de cultivo. La segunda etapa consiste en la multiplicación rápida y masiva de los brotes obtenidos. La tercera etapa, conocida como acondicionamiento, consiste en la preparación de los brotes para el enraizamiento y crecimiento de plántulas. La última etapa consiste en la aclimatación de las plántulas robustas, las cuales paulatinamente pasarán a condiciones *ex vitro*, en donde serán totalmente autotróficas y autosuficientes, y podrán sobrevivir en el medio ambiente (Torres, 1988). El determinar las condiciones de cultivo: temperatura, humedad, fotoperiodo y composición de medios de cultivo; garantiza el crecimiento óptimo y desarrollo del material vegetal, lo que hace del cultivo *in vitro* una técnica versátil (Merino, 2022).

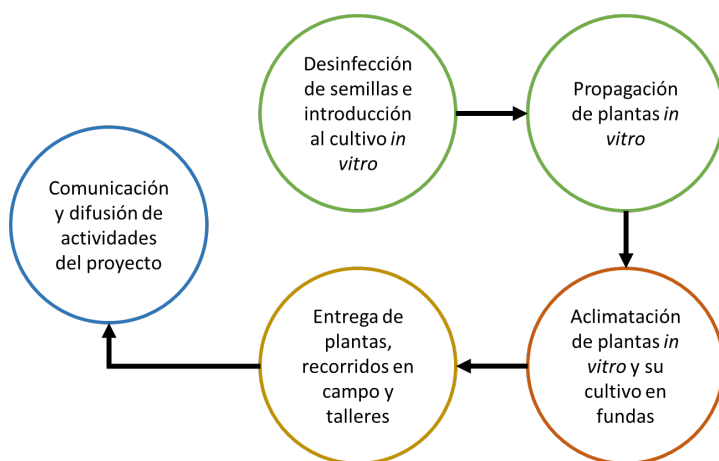
El propósito de este ensayo es describir a detalle las principales actividades que se han realizado a lo largo del año 2023 en el proyecto de vinculación para cumplir principalmente con las metas 2.3 y 2.4, del objetivo 2: Hambre Cero, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS) (Objetivo 2: Poner fin al hambre, S.f). De manera específica, se busca narrar los procedimientos que los estudiantes de la carrera han realizado en cada una de las actividades que conlleva este proyecto socio-agrícola innovador. Adicionalmente, el ensayo se enfoca en relatar cómo la implementación de técnicas biotecnológicas, en este caso el cultivo *in vitro* de especies de interés agrícola, como la naranjilla y el tomate de árbol, podría favorecer a la economía de pequeños agricultores locales.

## El proyecto Soberanía alimentaria Checa: cultivo *in vitro*

El agronegocio Productora Agroecológica Alpachaca Muyuverde Cia. Ltda. (PAAM), asociada al programa Nuestra Huerta de Quiport, administradora del Aeropuerto Mariscal Sucre, establecieron un proyecto de vinculación con la carrera de Agronomía de la USFQ en donde la aplicación de técnicas de agroecología y de agricultura orgánica constituían los principales ejes de producción de cultivos de interés. Dentro de este contexto nace el proyecto de vinculación Soberanía Alimentaria Oyambarillo cuya iniciativa busca proveer a pequeños agricultores herramientas técnicas y científicas para la promoción de la agroecología sostenible (Seguridad Alimentaria Oyambarillo, S.f.). Las granjas que están asociadas al PAAM se ubican principalmente en Oyambarillo y Checa, dos parroquias de Quito, Ecuador. Actualmente, la productora posee alrededor de 30 miembros que se beneficiarían directamente del aporte de este novedoso proyecto de vinculación. Sin embargo, los agricultores locales urgen de fuentes confiables de insumos y productos agrícolas que garanticen una producción exitosa, haciendo al cultivo *in vitro* de plantas como una alternativa viable. Es por esto, que el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la USFQ se une a esta iniciativa, ya que cuenta con gran experiencia y larga trayectoria en el cultivo *in vitro* de plantas, dando al nacimiento del proyecto de vinculación: Soberanía alimentaria

Checa – cultivo *in vitro*. Dentro de este proyecto, se decidió propagar plantas de naranjilla y tomate de árbol, ya que se contaban con protocolos de cultivo *in vitro* estandarizados en el laboratorio. Se conoce que estos dos cultivos crecen y producen frutos de manera exitosa en el clima de Checa, Ecuador. Por ende, la distribución de plantas robustas y saludables de estos podría generar una producción importante de frutos que a su vez favorecería la economía de los agricultores asociados al proyecto. Adicionalmente, las metodologías implementadas a lo largo del proyecto, pueden ser una referencia para que los agricultores locales asociados al proyecto se motiven a implementar esta tecnología en futuros sistemas de propagación de plantas agrícolas y así cumplir con la demanda que exige el mercado.

En la **Figura 1** se puede observar las actividades que abarcó este proyecto: desinfección e introducción de semillas al cultivo *in vitro*, propagación por la técnica de nudo simple, aclimatación de plántulas que se desarrollaron en condiciones *in vitro*, entrega de plantas a los agricultores locales, comunicación y difusión de las actividades realizadas (Figura 1).



**FIGURA 1.** Flujograma de las actividades que forman parte del proceso del proyecto Soberanía Alimentaria Checa – cultivo *in vitro*

## El proceso de introducción de material vegetal a condiciones *in vitro*

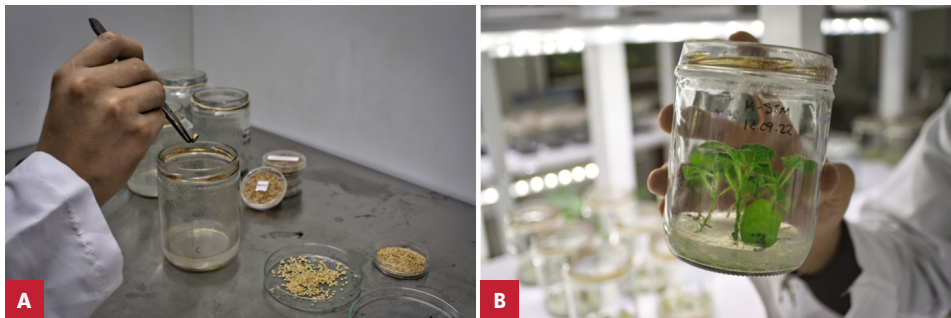
Para establecer de manera exitosa la propagación *in vitro* de plantas de calidad, es fundamental partir de material vegetal de calidad. En este caso particular, se escogieron variedades no comerciales de tomate de árbol y naranjilla que se caracterizan por poseer buena producción de frutos y de buena adaptabilidad en ambientes similares a Checa, Ecuador. Inicialmente, se extrajeron semillas de los frutos que fueron lavadas con agua potable y se las dejaron secar por 2-3 días. Posteriormente, para introducir las semillas a condiciones *in vitro*, se trabajó en un entorno estéril, por lo que se utilizó una cámara de flujo laminar (**Figura 2**). Para la esterilización

de las semillas se siguió el protocolo estandarizado del Laboratorio de Biotecnología Vegetal, el cual consiste en sumergir las semillas en soluciones de etanol (70 %) por 5 minutos, de hipoclorito de sodio (2,5 %) + Tween 20® por 15 minutos y varios lavados con agua destilada estéril.



**Figura 2.** Área de trabajo (cámara de flujo laminar) para el cultivo *in vitro* de plantas

Una vez que las semillas terminan el proceso de esterilización, se colocaron de manera uniforme dentro de frascos de vidrio estériles que contienen el medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) que se autoclavaron a 121 °C y 15 psi por 15 minutos (Figura 3A). El medio de cultivo MS está enriquecido con un balance de macro y micronutrientes, compuestos orgánicos y azúcar; los cuales se solidifican con agar, un polisacárido derivado de las algas que otorga al medio una consistencia similar a la gelatina (Kumar y Reddy, 2011; Sahu y Sahu, 2013).



**FIGURA 3.** Cultivo *in vitro* de semillas estériles de naranjilla. A: Siembra de semillas en medio MS; B: Brotes de naranjilla

Los frascos con las semillas se sellaron con plastic-wrap y se rotularon apropiadamente para su identificación. Finalmente, se colocaron en estanterías dentro del cuarto de cultivo del Laboratorio de Biotecnología Vegetal cuyas condiciones de fotoperiodo (16 horas de luz y 8 horas de oscuridad) y temperatura ( $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ) ya estaban establecidas. Durante las primeras semanas, se monitoreó la germinación y el desarrollo de los brotes.

## La micropropagación como alternativa de multiplicación de plantas

A cada planta proveniente de la germinación de una semilla *in vitro* fue multiplicada por un proceso llamado “micropropagación”. Esto quiere decir que simplemente al utilizar pequeñas estructuras o células de la planta, se puede inducir el crecimiento y desarrollo de nuevas plantas genéticamente iguales a la planta madre (Kumar y Reddy, 2011; Sahu y Sahu, 2013). Así, cuando se obtiene una planta a partir de una semilla, esta se convierte en la fuente de múltiples brotes que serán cultivados en condiciones *in vitro* y luego estos se desarrollarán en plantas hijas, con lo que se deja de depender de la regla: “una semilla – una planta” y se puede multiplicar los brotes por varios meses hasta tener el número de plantas deseadas y con características idénticas a la planta madre.

Para la propagación de plantas en este proyecto, se utilizó la técnica conocida como “nudo simple” donde se aislaron las yemas axilares de cada nudo de la planta (Sahu y Sahu, 2013) y se colocaron en nuevo medio MS. Este proceso de subcultivo se realizó cada cuatro semanas, para que los brotes crezcan y se desarrollen apropiadamente (Figura 4). Los brotes obtenidos se mantuvieron en el cuarto de cultivo, bajo condiciones de fotoperiodo (16 horas de luz y 8 horas de oscuridad) y temperatura ( $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ).



**FIGURA 4.** Proceso de micropropagación por nudo simple de plantas de naranjilla *in vitro*. A: Corte de plantas madre para obtención de nudos. B: subcultivo de nudos. C: Brotes que se desarrollaron en medio MS

## La aclimatación: un proceso fundamental para la transferencia de plantas desarrolladas *in vitro* al campo

Para que el proceso de micropropagación tenga éxito, es necesario que las plantas *in vitro* abandonen las condiciones controladas y se adapten paulatinamente a condiciones ambientales similares al campo donde terminarán su proceso de desarrollo. A este proceso se lo denomina *aclimatación* (Sutter et al. 1992).

Una ventaja importante de las plantas cultivadas *in vitro* es su salud y robustez, ya que crecieron en ausencia de insectos, nemátodos, microorganismos o partículas virales infecciosas, como también bajo condiciones ambientales y nutricionales favorables. Esto



influirá directamente en su productividad agrícola, en su crecimiento y en su supervivencia en el campo (Kumar y Reddy, 2011; Sahu y Sahu, 2013; Sutter et al. 1992).

Para esta fase se utilizaron frascos de vidrio de 1 L donde se colocó una maceta de cerámica con tierra negra previamente autoclavada (Figura 5A). La planta se transfirió del frasco de cultivo *in vitro* a la maceta para lo cual se aseguró que la planta tenga raíces bien desarrolladas y se eliminó todo resto de medio de cultivo adherido a la superficie de sus raíces utilizando agua destilada. El frasco que contiene la maceta se selló con plastic-wrap (Figuras 5B y 5C). Posteriormente se perforaron huecos en el plástico gradualmente durante un mes para que la planta se adapte a las condiciones naturales, sobre todo a las condiciones de humedad relativa del ambiente. Finalizado el proceso de aclimatación, se transfirieron las plantas a fundas con tierra y se añadió fertilizante orgánico cada 15 días. Al terminar este proceso las plantas están listas para su introducción al campo.



**FIGURA 5.** Proceso de aclimatación de plántulas de tomate de árbol A: Transferencia de planta *in vitro* a una maceta con tierra negra autoclavada. B: Sistema de aclimatación. C: Plantas aclimatándose en el cuarto de cultivo

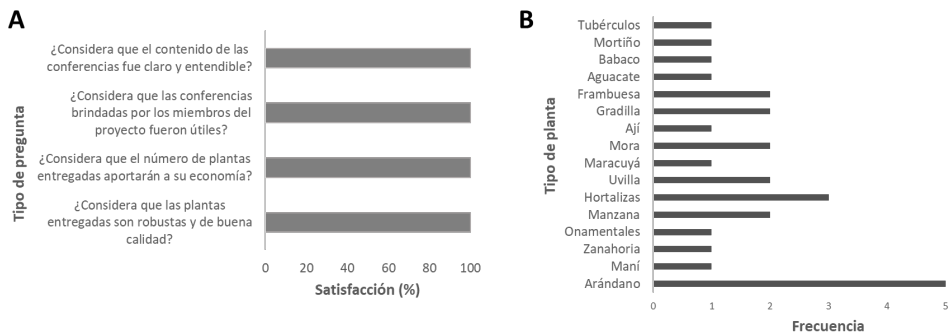
## Entrega de plantas y estrategias de difusión de las actividades del proyecto

Una vez las plantas de naranjilla y tomate de árbol se robustecen y se encuentran en buen estado, los miembros del proyecto entregan personalmente las plantas a agricultores de la localidad de Checa. Durante marzo de 2023, se realizó el primer taller de difusión del proyecto donde participaron miembros de la PAAM, estudiantes y profesores de la USFQ que participan en los proyectos de vinculación de Soberanía Alimentaria. El propósito de este taller fue enseñar a los miembros de la PAAM de dónde proceden las plantas entregadas, generalidades de la tecnología utilizada y las ventajas que esta puede tener en el rendimiento agrícola de estos frutales. De igual forma, se hizo un recorrido por la quinta agroecológica donde las plantas serán cultivadas. Al final del evento, se realizó encuestas a los distintos beneficiarios, estudiantes y agricultores locales, para evaluar la calidad del conocimiento compartido, estado de las plantas entregadas y posibles mejoras del proyecto.

Adicionalmente, a finales de noviembre de 2023, además de la entrega de plantas en Checa, se realizó un segundo taller teórico-práctico de cierre del proyecto para dicho año. Este taller fue organizado por profesores asociados al Laboratorio de Biotecnología de Plantas de la

USFQ y estudiantes de Biotecnología, donde participaron estudiantes de Agronomía de la USFQ y miembros asociados al proyecto como representantes de Nuestra Huerta de Quiport y agricultores asociados al PAAM. A diferencia del anterior taller, este evento se enfocó en mostrar la infraestructura, equipos y reactivos utilizados para la propagación de las plantas *in vitro*, como también actividades prácticas que se enfocaron en la desinfección de semillas de tomate árbol para su uso en medios de cultivo y la aclimatación de plantas de naranjilla *in vitro*. Con esto, se pretendía que los participantes puedan conocer de cerca esta útil tecnología y su aplicación en la propagación vegetativa de plantas.

Hasta diciembre de 2023 se han realizado tres entregas de plantas en los meses de marzo, junio y noviembre superando las 100 plantas de cada especie y, con base en las respuestas obtenidas de las encuestas, se tiene claro que las plantas producidas son consideradas de alta calidad y cumplen con las expectativas de los agricultores locales (Figura 6A). Los agricultores expresaron su interés de recibir plantas de otras especies y les gustaría tener más talleres para obtener nuevos conocimientos e interactuar con los integrantes del proyecto (Figura 6B). Esto muestra la perspectiva de los agricultores locales en diversificar sus cultivos y su necesidad de obtener plantas de calidad que podrían ser limitadas en el mercado ecuatoriano. El cultivo *in vitro* de plantas es una gran alternativa para solventar esta necesidad, sin embargo, este es un mensaje de apertura e interés que deberá considerarse en siguientes etapas de esta iniciativa.



**FIGURA 6.** Resultados de las encuestas realizadas en talleres del proyecto. A. Gráfico que detalla la satisfacción de los beneficiarios hacia el contenido compartido en los talleres y las plantas entregadas. B. Frecuencia de las plantas sugeridas por parte de los participantes para ser implementados en el proyecto. Las respuestas se basaron en la respuesta de 9 participantes

El proyecto también busca la difusión y comunicación de las actividades realizadas en esta iniciativa a otras audiencias que no estén familiarizadas con técnicas biotecnológicas como el cultivo *in vitro*. El propósito es divulgar de manera didáctica las actividades y avances realizados durante el año 2023 y cómo el proyecto puede contribuir a una agroecología sostenible. Para esto, se utilizaron redes sociales como YouTube, Instagram y X como también los canales de difusión internos de la USFQ. Se realizó un video promocional (Figura 7A), mini-clips (videos cortos), video del evento teórico-práctico (Figura 7B) y publicaciones de fotos.



<https://youtu.be/xTgZ9L2E14Q?feature=shared>



<https://www.instagram.com/reel/CONi-lBrVYq/?igsh=MXNqZWk3amNvZXI4aQ==>

**FIGURA 7.** Códigos QR y *links* de los videos relacionados a actividades del proyecto. A. Video promocional del proyecto en YouTube. B. Video del evento teórico-práctico realizado en noviembre 2023

## Conclusiones

La convergencia entre tecnología, educación y acción social hace de este proyecto una propuesta novedosa en el país; de igual forma destaca cómo la biotecnología, en especial el cultivo *in vitro* de plantas no solo puede ser utilizado para un beneficio comercial, sino que también puede convertirse en una alternativa por parte de la academia para lograr un impacto positivo en comunidades agrícolas locales. Con el aporte y colaboración de cuatro estudiantes de Ingeniería en Biotecnología y cuatro profesores investigadores de Biotecnología e Ingeniería en Agronomía la USFQ se logró producir y entregar más de 100 plantas de naranjilla y tomate de árbol de buena calidad a agricultores asociados a la PAAM, los cuales podrán aprovechar sus frutos y obtener un beneficio económico. Este es un proyecto a largo plazo, en donde se aspira ampliar su alcance al integrar nuevas especies, beneficiarios directos y profesionales de distintas disciplinas para aumentar su impacto en la sociedad. En un contexto marcado por el cambio climático y las prácticas agrícolas inadecuadas, iniciativas como esta respaldan la implementación de tecnologías sostenibles y generan un impacto positivo en agricultores locales.

## Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de igual forma para la elaboración de este artículo.

## Conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses dentro del proyecto y elaboración del artículo.

## Referencias

- Bhojwani, S. y Dantu, P. (2012). Micropropagation. In Bhojwani, S. y Dantu, P (Eds.), *Plant tissue culture: an introductory text* (1st ed., pp.: 245-274). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1026-9>
- Boletín situacional Cultivo de naranjilla. (2021). MAGAP. <https://fliphtml5.com/ijia/bntq/basic>
- Boletín situacional Cultivo de tomate de árbol (2021). MAGAP. [https://fliphtml5.com/ijia/plzo/Bolet%C3%ADn\\_Situacional\\_Tomate\\_de\\_%C3%81rbol\\_2021/](https://fliphtml5.com/ijia/plzo/Bolet%C3%ADn_Situacional_Tomate_de_%C3%81rbol_2021/)
- Cobo, M.M., Gutiérrez, B. y de Lourdes Torres, M. (2018). Regeneration of mortoiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) plants through axillary bud culture. *In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant*, 54, 112–116. <https://doi.org/10.1007/s11627-018-9884-3>
- Cuesta, C., Peralvo, M., Merino-Viteri, A., Bustamante, M., Baquero, F., Freile, J.F., Muriel, P. y Torres-Carvajal, O. (2017). Priority areas for biodiversity conservation in mainland Ecuador. *Neotropical Biodivers.* 3(1), 93–106. <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1295705>
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. y Balslev, H. (2008). *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador*. (1st ed., pp.: 62-71) EdiPUCE.
- Feicán-Mejía, C., Encalada-Alvarado, C. y Becerril-Román, A. (2016). Descripción agronómica del cultivo de tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). *Agro Productividad*, 9(8), 78-86. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/806>
- INIAP. (2015). Producción de semillas categoría certificada para el Proyecto Nacional de Semillas de Agrocadenas Estratégicas del MAGAP. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (pp.: 1-93). <https://www.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Proyecto%20Produccion%20de%20Semillas.pdf>
- Kumar N. y Reddy, M P. (2011). In vitro plant propagation: a review. *Journal of Forest Science*, 27(2), 61-72. <https://doi.org/10.7747/JFS.2011.27.2.1>
- Merino, J. (2022). Fortalecimiento de la investigación para mejorar la productividad y calidad de la naranjilla y tomate de árbol en el Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (pp. 1-33). [https://www.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2022/01/proyecto\\_solan%C3%A1ceas\\_iniap\\_aecid\\_marzo2022.pdf](https://www.iniap.gob.ec/wp-content/uploads/2022/01/proyecto_solan%C3%A1ceas_iniap_aecid_marzo2022.pdf)
- Murashige T., Skoog F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol Plant*, 15(3), 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Objetivo 2: Poner fin al hambre. (S.f). UN Org. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- Ochoa-Brito, J.I., Ghosh, A., Hijmans, R.J. (2023). Cropland expansion in Ecuador between 2000 and 2016. *PLoS One*, 18(9), 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291753>

- Pacheco, J., Ochoa-Moreno, W.-S., Ordoñez, J. y Izquierdo-Montoya, L. (2018). Agricultural Diversification and Economic Growth in Ecuador. *Sustainability*, 10(7), 1-17. <https://doi.org/10.3390/su10072257>
- Peña-Rojas, G., Carhuaz-Condori, R., Andía-Ayme, V., Leon, V.A. y Herrera-Calderon, O. (2022). Improved Production of Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) Microtubers MAC-3 Morphotype in Liquid Medium Using Temporary Immersion System (TIS-RITA®). *Agriculture*, 12(7), 1-7. <https://doi.org/10.3390/agriculture12070943>
- Pierick, R. (1988). In vitro culture of higher plants as a tool in the propagation of horticultural crops. *ISHS Acta Horticulturae*, (226), 25-40. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1988.226.1>
- Rieckmann, M., AdomBent M., Werner, H. y Aguirre, P. (2011). Sustainable Development and Conservation of Biodiversity Hotspots in Latin America: The Case of Ecuador. En F. E. Zachos y J. C. Habel (Eds.). *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Conservation Priority Areas* (1st ed., pp.: 435-452). Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5>
- Rojas-Sandoval, J. (2017). *Solanum quitoense* (naranja) [Data Sheet]. CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.505>
- Sahu J. y Sahu, R K. (2013). A review on low cost methods for in vitro micropropagation of plant through tissue culture technique. *Pharmaceutical and Bioscience Journal*, 1(1), 38-41. <https://doi.org/10.20510/ukjpb/1/i1/91115>.
- Seguridad Alimentaria Oyambarillo. (S.f). USFQ. <https://www.usfq.edu.ec/es/proyectos/seguridad-alimentaria-oyambarillo>
- Stephenson, K.K., Fahey, J.W. (2004). Development of tissue culture methods for the rescue and propagation of endangered Moringa Spp. germplasm. *Econ Bot.*, 58(s1), 116–124. [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)58\[S116:DOTCMF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)58[S116:DOTCMF]2.0.CO;2)
- Sutter, E.G., Shackel, K. y Diaz, J.C. (1992). Acclimatization of tissue culture plants. *ISHS Acta Hort.*, 314, 115-120. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.314.13>
- Torres, K.C. (1989). Stages of Micropropagation. En *Tissue Culture Techniques for Horticultural Crops*, 52-65. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9756-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9756-8_3)
- Torres, M. y Santos-Ordóñez, E. (2020). Ecuador—Modern Biotechnology in Ecuador—Development and Legal Framework. En A. Chaurasia, D.L. Hawksworth, M. Pessoa de Miranda (Eds.). *GMOs. Implications for Biodiversity Conservation and Ecological Processes*, 533-540. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-53183-6\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-53183-6_29)