



ORIGINAL

Bibliometric analysis of theses on plant tissue culture in the universities of Peru

Análisis bibliométrico de las tesis de cultivo de tejidos vegetales en las universidades del Perú

Mao Yupanqui-Celestino¹  , Brayan Lugo¹  , Giselle Jazmín Aguilar-Balabarca¹  , Allison Esmeralda Lozano-Galindo¹  , Carlos Roberto Pesantes-Rojas²  , Hermila Belba Díaz-Pillasca¹  

¹Escuela Profesional de Biología con mención en Biotecnología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.

²Escuela Profesional de Matemática Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú.

Citar como: Yupanqui-Celestino M, Lugo B, Jazmín Aguilar-Balabarca G, Lozano-Galindo AE, Pesantes-Rojas CR, Díaz-Pillasca HB. Bibliometric analysis of theses on plant tissue culture in the universities of Peru. Salud, Ciencia y Tecnología. 2024; 4:892. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2024892>

Enviado: 30-11-2023

Revisado: 20-02-2024

Aceptado: 19-05-2024

Publicado: 20-05-2024

Editor: Dr. William Castillo-González 

ABSTRACT

Introduction: plant tissue culture is a set of biotechnological methods involving propagation and regeneration of plant cells, tissues, organs by specific control of nutritional factors. The bibliometric study turns out to be a great source of information on the development of a certain area, since it employs methods of measurement and comparison of data on the different sources obtained.

Objective: scientific production was characterized through bibliometric analysis of theses on plant tissue culture in Peruvian universities. We analyzed undergraduate and graduate theses on in vitro plant tissue culture in the period 1997 - 2023 from 143 public and private universities.

Methods: the sample was delimited in 24 universities (22 public and 2 private) with specialties such as Biology, Biotechnology, Agronomic Engineering, Biotechnological Engineering and others.

Results: there are 126 published theses on the subject of plant tissue culture in 24 Peruvian universities. Of the total number of published theses, a higher percentage of undergraduate theses was obtained with 84,13 %, while master's theses represented 11,90 % and doctoral theses 3,97 %. The Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) has 28 theses (22,22 %), followed by the Universidad Nacional de Trujillo (UNT) with 19 (15,1 %), etc.

Conclusions: this bibliometric study of theses in plant tissue culture has identified that there is a greater concentration of research in this area in public universities, in addition to being linked to Schools of Agricultural Engineering and Biology.

Keywords: Plant Biotechnology; Organogenesis; Somatic Embryogenesis; Peruvian Universities.

RESUMEN

Introducción: el cultivo de tejidos vegetales es un conjunto de métodos biotecnológicos que implica la propagación y regeneración de células, tejidos, órganos vegetales mediante el control específico de los factores nutricionales. El estudio bibliométrico resulta ser una gran fuente de información sobre el desarrollo de una determinada área, ya que emplea métodos de medición y comparación de datos sobre las distintas fuentes que se obtengan.

Objetivo: se caracterizó la producción científica mediante el análisis bibliométrico de las tesis en cultivos de tejidos vegetales en las universidades del Perú. Se analizaron tesis de pre y posgrado sobre el cultivo de tejidos vegetales in vitro en el período 1997 - 2023 de 143 universidades públicas y privadas.

Métodos: la muestra se delimitó en 24 universidades (22 públicas y 2 privadas) que presentan especialidades como Biología, Biotecnología, Ingeniería Agronómica, Ingeniería Biotecnológica y entre otras.

Resultados: existen 126 tesis publicadas en la temática de cultivo de tejidos vegetales en 24 universidades peruanas. Del total de tesis publicadas se obtuvo un mayor porcentaje de tesis de pregrado con 84,13 %, mientras que las tesis de maestría representaban el 11,90 % y las tesis doctorales 3,97 %. La Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) cuenta con 28 tesis (22,22 %), seguida de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) con 19 (15,1 %), etc.

Conclusiones: este estudio bibliométrico de tesis en cultivo de tejidos vegetales ha permitido identificar que existe una mayor concentración de investigaciones en esta área de las universidades públicas, además de estar vinculados a las Escuelas de Ingeniería Agrónoma y Biología.

Palabras clave: Biotecnología Vegetal; Organogénesis; Embriogénesis Somática; Universidades Peruanas.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tejidos vegetales es un conjunto de métodos biotecnológicos que implican la propagación y regeneración de células, tejidos, órganos mediante el control específico de los factores nutricionales y ambientales *in vitro*. Los métodos de cultivo de tejidos vegetales *in vitro* se están empleando ampliamente para la multiplicación de plantas con calidad uniforme y a gran escala, a partir de un pequeño trozo de tejido vegetal (denominados explantes) para producir cientos y miles de plántulas en un proceso continuo.^(1,2,3) Los explantes son partes segmentadas de una planta que incluyen yemas axilares, puntas de brotes, puntas de raíces, segmentos de hojas y tallos, anteras, ovarios y endospermo; siendo estos los materiales vegetales iniciales que se inoculan en el medio nutritivo o medio de cultivo en condiciones asépticas para el cultivo de tejidos *in vitro*.^(4,5,6)

El cultivo de tejidos vegetales, con frecuencia, experimenta dos vías fundamentales de propagación y regeneración, siendo el primero la embriogénesis somática y el segundo la organogénesis en el cultivo de tejidos vegetales.^(7,8) La embriogénesis es un proceso en el que un embrión se deriva a partir de una sola célula somática que luego se regenera como una planta completa. Además, la vía presenta procesos bien identificados como la desdiferenciación del tejido, activación de la división celular, reprogramación de la fisiología y metabolismo.⁽⁹⁾ Por otro lado, la organogénesis se define como el desarrollo de órganos como brotes, raíces, flores y tubérculos a partir de un material explante. Asimismo, depende del equilibrio de auxinas y citoquininas y de la capacidad del tejido para responder a las fitohormonas durante el cultivo.^(10,11)

Los estudios bibliométricos resultan ser una gran fuente de información sobre el desarrollo de una determinada área, ya que emplean métodos de medición y comparación de datos sobre las distintas fuentes que se obtengan.⁽¹²⁾ Este tipo de investigación es fundamental para identificar los temas o vacíos científicos, qué tanto se ha logrado avanzar en las áreas de interés para futuras investigaciones y publicaciones. En los últimos tiempos se han concretado diversos estudios sobre el cultivo de tejidos vegetales; como la embriogénesis somática, micropropagación *in vitro*, callogénesis, organogénesis, propagación clonal, entre otros. Además, se ha evaluado la importancia y el impacto del estudio de los tipos de cultivos de tejido vegetal para la investigación y el desarrollo de bancos de germoplasma.⁽¹³⁾

Los estudios bibliométricos de plantas en el Perú son muy diversos.^(14,15) Recientemente, se realizó el primer recuento de estudios en plantas medicinales que se hallan en peligro de extinción, por lo que cabe redundar en la importancia y trascendencia de la producción científica en los tipos de cultivos de tejidos vegetales para la conservación de la diversidad genética en plantas *in vitro* y así generar una gran red de antecedentes para los próximos interesados en el área.⁽¹⁵⁾

Sin embargo, no existen revisiones bibliográficas actualizadas sobre los estudios relacionados a los tipos de cultivo de tejidos vegetales desarrollados, mucho menos en lo que refiere a las áreas de interés en la producción científica universitaria. Aun cuando los temas en plantas son multidisciplinarios y poseen una gran diversidad de tópicos que facilita el empleo de muchos especímenes para investigaciones de diversa índole. En tal sentido, se estableció como objetivo caracterizar la producción científica de tesis mediante el análisis bibliométrico en cultivos de tejidos vegetales en las diversas universidades del Perú.

MÉTODOS

Esta investigación se centra en lo analítico, estadístico, descriptivo y observacional. El método que se utilizó fue una base de datos de indicadores bibliométricos, que se compone de números específicos a partir de las cantidades bibliográficas en la literatura científica. Se analizaron tesis de pre y posgrado sobre el cultivo de tejidos vegetales *in vitro* en el período 1997 - 2023 (junio) de 143 universidades públicas y privadas del Perú. La muestra se delimitó a 24 universidades (22 públicas y 2 privadas) que presentan especialidades como Biología, Biotecnología, Ingeniería Agronómica, Ingeniería Biotecnológica, Ingeniería de Recursos Naturales Renovables e Ingeniería Forestal, entre otras. Se exceptuaron del estudio a las especialidades universitarias que no hayan

sido mencionadas anteriormente.

La indagación de información acerca de la cantidad de trabajos de tesis se realizó en repositorios virtuales universitarios y en Alicia - CONCYTEC - Perú (<https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/>) que es la principal plataforma informática especializada en publicación científica, tecnológica e innovación del Perú. En razón de ello, se usaron las siguientes palabras claves en el motor de búsqueda: cultivo de tejidos vegetales, regeneración *in vitro*, micropropagación, organogénesis, embriogénesis somática, anteras *in vitro*, protoplastos, etc.

Después, se desarrolló una base de datos en Microsoft Excel considerando las siguientes variables independientes: tipo de universidad (pública y privada), nombre de la universidad, año de la publicación de la tesis, nivel de estudio (pregrado o posgrado), el método de cultivo de tejido vegetal empleado, la escuela y la procedencia de la universidad tanto si está ubicada en Lima Metropolitana o Provincias.⁽¹⁶⁾

Se analizaron los indicadores como: número de tesis, grado académico y Universidad de procedencia. El indicador año hace referencia al año de publicación de la tesis en los repositorios descritos. Por último, los datos fueron procesados por medio del software estadístico R (versión 4.3.1) y caracterizado en base al promedio de datos y porcentajes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de tesis en cultivo de tejido vegetal en Perú

Se encontraron 126 tesis publicadas en la temática de cultivo de tejidos vegetales en 24 universidades peruanas (22 públicas y 2 privadas). Del total de tesis publicadas se obtuvo un mayor porcentaje en las tesis de pregrado (84,13 %). En los datos obtenidos también se consideró la procedencia de las tesis realizadas, las cuales se dividieron en universidades ubicadas en Lima metropolitana y universidades presentes en provincias, obteniéndose que las tesis realizadas en universidades ubicadas en provincias representan el 71,43 %, mientras que las universidades ubicadas en Lima metropolitana representan el 28,57 % (Tabla 1).

Variable	Clasificación	Tesis publicada n (%)	Total n (%)
Grado	Pregrado	106 (84,13 %)	126 (100 %)
	Maestría	15 (11,90 %)	
	Doctorado	5 (3,97 %)	
Procedencia	Lima	36 (28,57 %)	126 (100 %)
	Provincia	90 (71,43 %)	
Tipo de universidad	Pública	117 (92,86 %)	126 (100 %)
	Privada	9 (7,14 %)	

El estudio demuestra que las tesis de pregrado mantienen un dominio del 84,13 % frente a las de maestría (11,90 %) y doctorales (3,97 %), esto se debería a la factibilidad de los temas para desarrollar la investigación, dado que se encuentra dentro su posibilidad económica, infraestructura y tiempo.^(17,18) No obstante, las investigaciones de posgrado abordan temas con mayor dificultad, demandando una mayor inversión económica y tiempo. Las tesis de maestría y doctorado suelen verse más afectadas porque las personas con capacidad para dirigir las se encuentran limitadas en el Perú. Asimismo, se refleja que la tesis en provincias sobresalen en cultivo de tejidos vegetales sobre Lima, particularmente para la obtención de título (pregrado), puesto que existe inversión económica de las empresas agroexportadoras en temas afines a micropropagación de planta.⁽¹⁹⁻²¹⁾

Las tesis publicadas de las 25 universidades peruanas fueron analizadas para su distribución por número de tesis publicadas, mayor número de tesis publicadas en un año y escuela con mayor número de tesis publicadas. En la figura 1 se observa la distribución de universidades por número de tesis publicadas, presentándose a la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) como la de mayor número tesis publicadas con 28 tesis (22,22 %), seguida de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) con 19 tesis (15,1 %), Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) con 13 tesis (10,3 %).

Para el caso de la UNALM, que ocupa el primer puesto en producción de tesis en cultivo de tejidos vegetales, el año con mayor número de producción científica fue el 2018 y siendo escuelas profesionales de Ingeniería Agrónoma e Ingeniería Forestal las que más contribuyen en el desarrollo de tesis en estos temas. Para las tesis publicadas en programas de posgrado de la UNALM, se encontró que, a nivel de maestría, el programa de Mejoramiento Genético de Plantas es el que otorga mayoría de tesis 63,64 % en cultivo de tejidos vegetales.

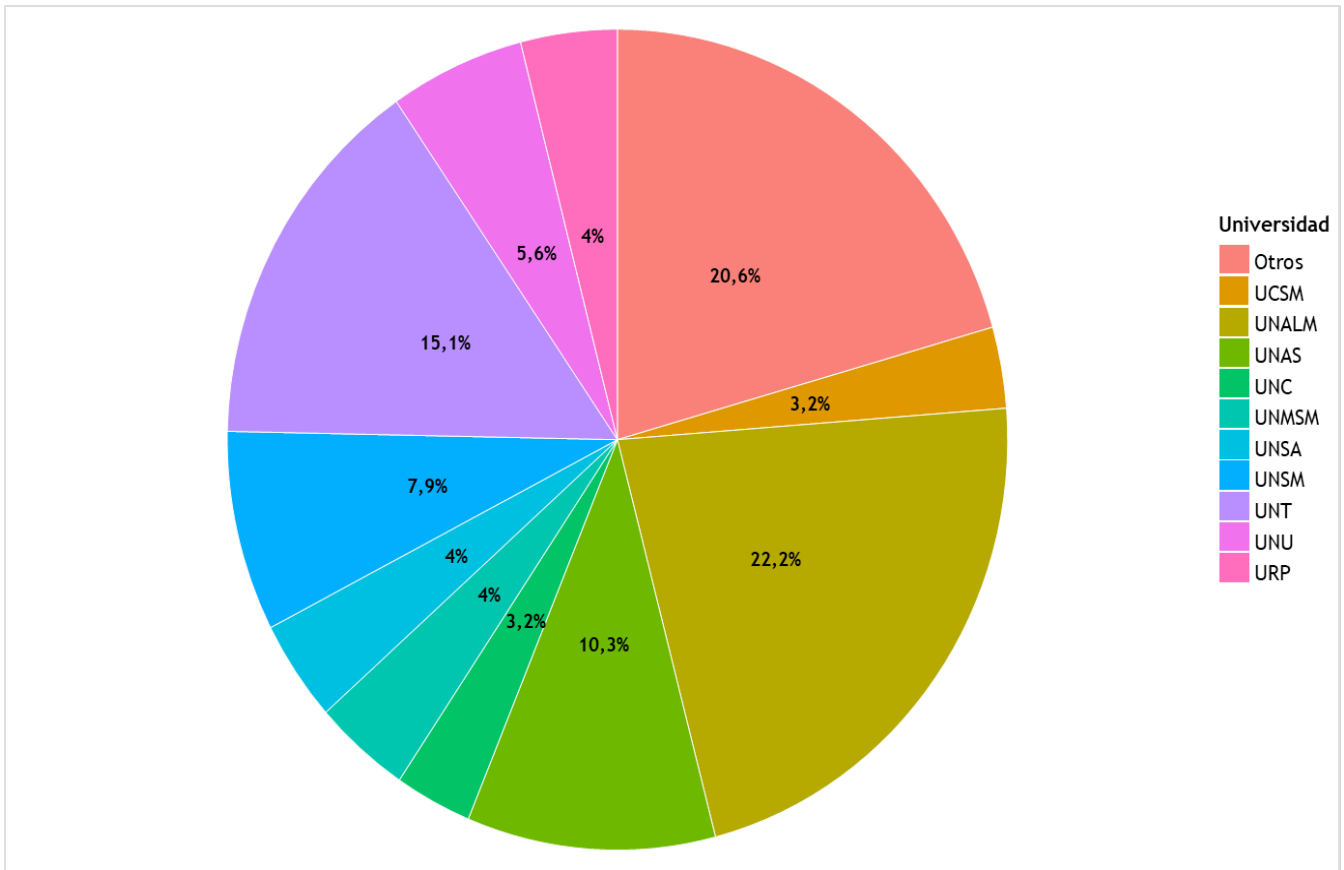


Figura 1. Distribución de tesis en cultivo de tejidos vegetales en las Universidades del Perú

Existe una mayor producción de tesis por las universidades en provincias en conjunto, realizando en cultivo de tejidos vegetales, esto es posible porque no requiere de equipos complejos para el desarrollo de investigación y los laboratorios de provincia cumplen con los requerimientos necesarios. No obstante, las universidades de Lima metropolitana son las que cuentan con mayor producción de tesis en cultivo de tejido por universidad, siendo estos la UNALM y UNMSM, lo cual se debe porque cuentan con diversos laboratorios y gran cantidad de alumnos egresados en pregrado y posgrado.⁽²²⁾ Además, la UNALM y UNMSM cuentan con diversos institutos y estaciones experimentales como Instituto de Biotecnología - UNALM, Instituto Nacional de Biología Andina - UNMSM, Instituto de Bioquímica y Biología Molecular IBBM - UNALM y Estación Experimental del Centro de Investigación IVITA-UNMSM. Asimismo, estas dos universidades son las más emblemáticas y cuentan con diversos programas de especialización.^(23,24,25,26) Por otra parte, Lavalle y Nicolas⁽²⁷⁾ mencionan la existencia de la descentralización en la investigación de Lima, por diversos factores, como la oportunidad laboral, la disponibilidad de las muestras, las estaciones de investigación y tiempo pueden haber favorecido a la ejecución de una mayor cantidad de tesis fuera de la capital.

En el análisis de tesis publicadas por año, se observa que la tesis más antigua encontrada en ALICIA corresponde al año 1997, esta es una tesis de posgrado perteneciente a la UNALM en el marco del programa de Mejoramiento Genético de Plantas. En la Figura 2, también se puede observar que el año de mayor número de tesis publicadas en cultivo de tejidos vegetales corresponde al año 2019, con un total de 18 tesis, representando el 14,29 % del total de tesis publicadas, prosiguiendo con el año 2021 con 12 tesis (9,54 %).

Las tesis en cultivo de tejido a lo largo del tiempo han ido en aumento, debido al interés de investigaciones en cultivos locales.^(28,29,30,31) Lo que es proporcional a la producción científica de tesis, siendo el 2019 el punto más álgido con un 14,29 %. Posteriormente, se presentó un declive en los siguientes años debido a que la pandemia mitigó la culminación de todo tipo de proyectos, creando un declive en la producción científica a nivel mundial y nacional. Fue en el 2021 que se registró un alza de hasta el 9,54 % mayor en relación a años anteriores, no obstante, no superó el apogeo del 2019 en publicación de tesis. Esto compromete la política de desarrollo de diversas universidades para brindar un sistema educativo e investigación de calidad.⁽³²⁾

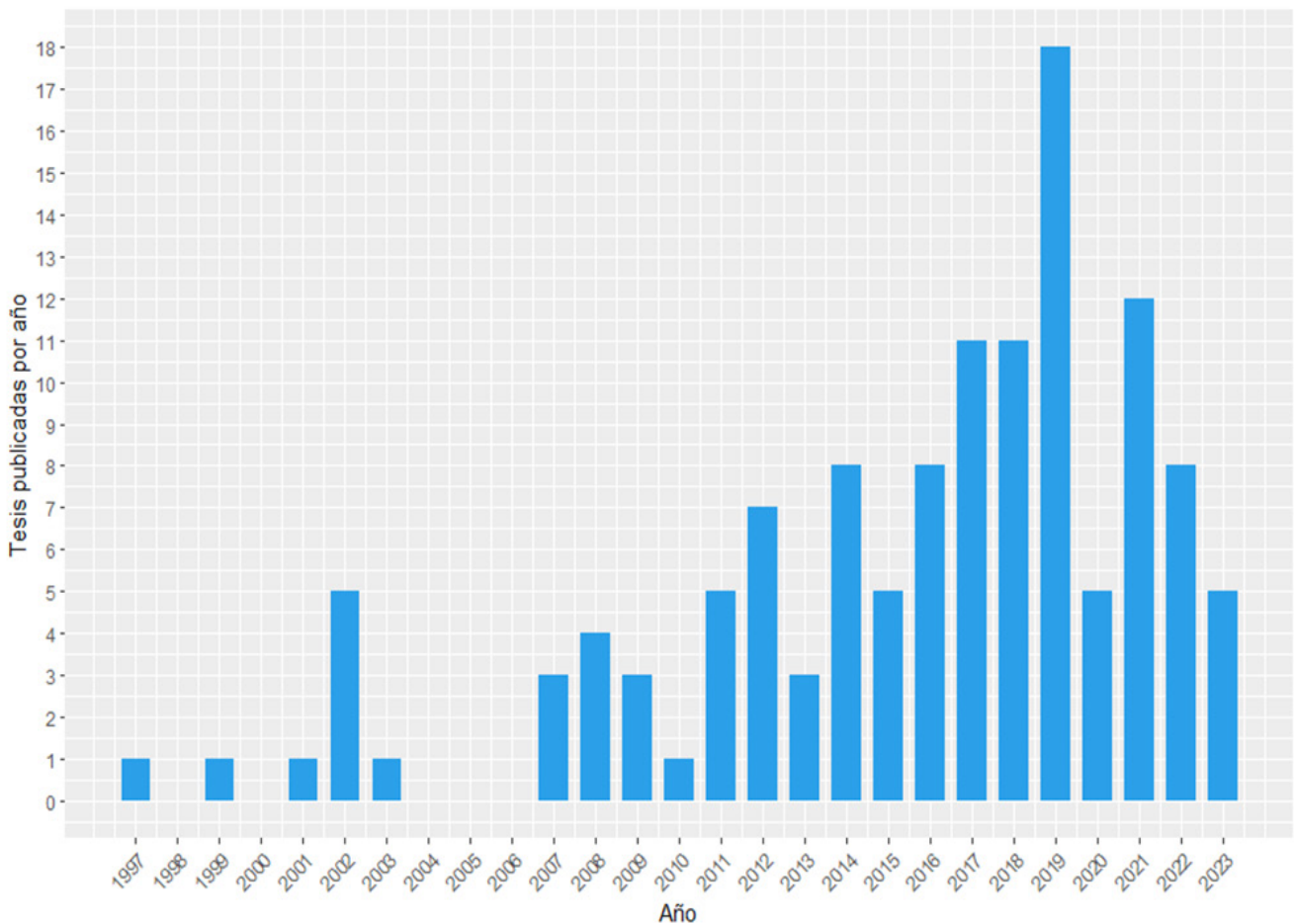


Figura 2. Publicaciones de tesis pregrado y posgrado en cultivo de tejidos vegetales por universidades peruanas durante el período 1997 - 2023

La Universidad Nacional Agraria La Molina tiene el mayor número de publicaciones de tesis a lo largo tiempo en cultivo de tejidos, liderando el primer lugar en producción científica con 22,2 %, seguido por la UNT (15,1 %) y UNAS (10,3 %), en comparación con otras universidades públicas y privadas. La política universitaria que actualmente se aplica es la creación de grupos de estudiantes dedicados a la investigación denominados Semilleros, así como proponer concursos de tesis de pregrado y posgrado financiados por sus universidades o por financiamiento propio, en especial las universidades públicas. No obstante, de todas las universidades, pocas logran cumplir dicho objetivo, entre ellos la UNALM demuestra un dominio marcado en su producción de tesis de pregrado enfocados al cultivo de tejidos vegetales, predominando las Escuelas de Ingeniería agrónoma e Ingeniería forestal con un 40 % en el año 2018.⁽³³⁾ Mientras que el programa de mejoramiento genético de plantas muestra una prevalencia de 63,64 % para la producción de tesis de maestría. Estas cifras demuestran que el marco político de generación de conocimiento que se está aplicando cumple de forma eficiente sus objetivos. La contribución del producto bruto interno en investigación y desarrollo del Perú en 2018 fue de 0,13 % a diferencia de países como Brasil (1,16 %), Argentina (0,49 %), Ecuador (0,44 %), Chile (0,36 %) y Colombia (0,23 %).⁽³⁴⁾ La mayor parte de la inversión en cultivo de tejidos vegetales para tesis son insignificantes con respecto a otros países e independientemente de la política universitaria y gestión pública, generando desinterés para la incentivación en proyectos de investigación. Esto probablemente explica las bajas cifras en producción científica que tienen universidades como UNC (3,2 %), UNMSM (4 %), UNSA (4 %), UNSM (7,9 %), UNU (5,6 %) y otros (4 %).

Programas de especialización en investigación de cultivo de tejidos vegetales

La situación de las escuelas profesionales en pregrado, muestran un mayor número de tesis publicadas que corresponden a la Escuela de Ingeniería Agrónoma con 42 tesis publicadas (39 %), y en segundo lugar a la Escuela de Biología con 40 tesis publicadas (37 %). Para el caso de las tesis publicadas en maestrías, se obtuvo que el 53 % correspondiente al programa de Mejoramiento Genético de Plantas y para doctorado el programa de Ciencias Biológicas presentó el mayor porcentaje con 40 % (figura 3).

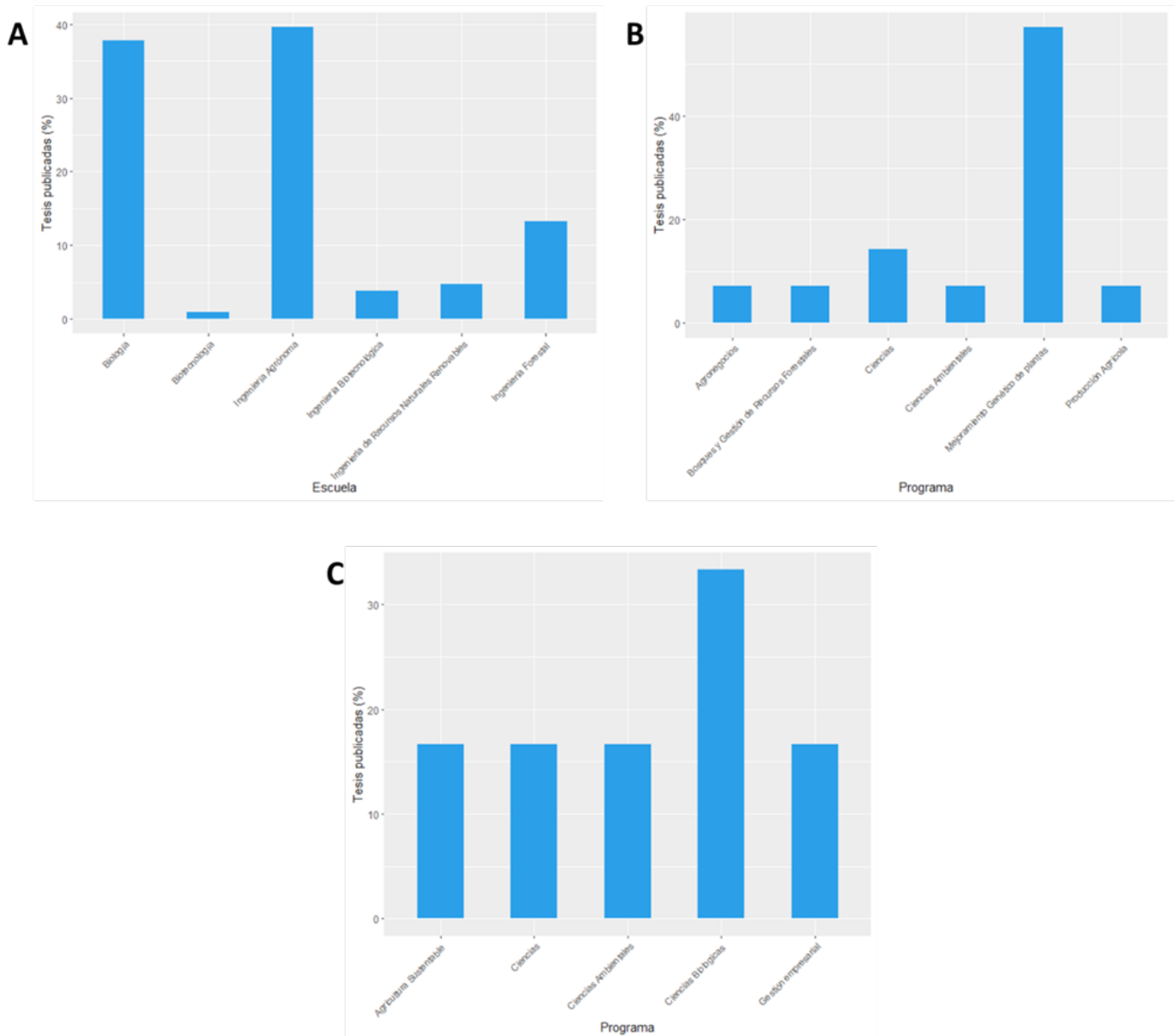


Figura 3. Producción de tesis por escuela profesional y programas de especialización: (A) escuelas profesionales de pregrado, (B) Programas de maestría y (C) Programas de doctorado

En Perú, las personas no siempre estudian un posgrado relacionado a sus líneas de investigación, de ahí que esto pueda influir en una menor producción científica en algunas temáticas, como es el caso del cultivo de tejidos vegetales.⁽³⁵⁾ En adición, las becas y estudios de posgrado financiados son escasos, por ende, los estudiantes de posgrado que no tienen la solvencia económica para ejecutar sus tesis, logran realizar pero en temas de micropropagación debido a la baja complejidad o se ven tentados por entidades independientes que ofrecen financiamiento de tesis en estos temas. Esto limita el avance científico de profundizar en áreas más complejas como embriogénesis somática, cultivo de anteras e incluso investigaciones en protoplastos. Actualmente las investigaciones en micropropagación se tornaron injustificables para tesis de maestría o doctorales. De hecho, esta política de investigación por empresas ha tergiversado el concepto de cultivo de tejidos vegetales por micropropagación, ilustrando un panorama unidireccional para esta área de investigación.⁽³⁶⁻³⁹⁾

Métodos de cultivo de tejidos vegetales

Los temas de las tesis publicadas en cultivo de tejidos vegetales, se determinaron por el método que más se estudiaba o experimentaba en dichas tesis, obteniéndose que el método de Organogénesis (directa e indirecta) presentaba el mayor porcentaje de tesis publicadas con 61,9 %, seguido de Embriogénesis Somática (directa e indirecta) con 21,4 % (figura 4). El método de Organogénesis presenta mayor enfoque de las tesis, por el hecho que le favorece mucho el método de micropropagación que realizan las empresas nacionales que se dedican a este rubro.

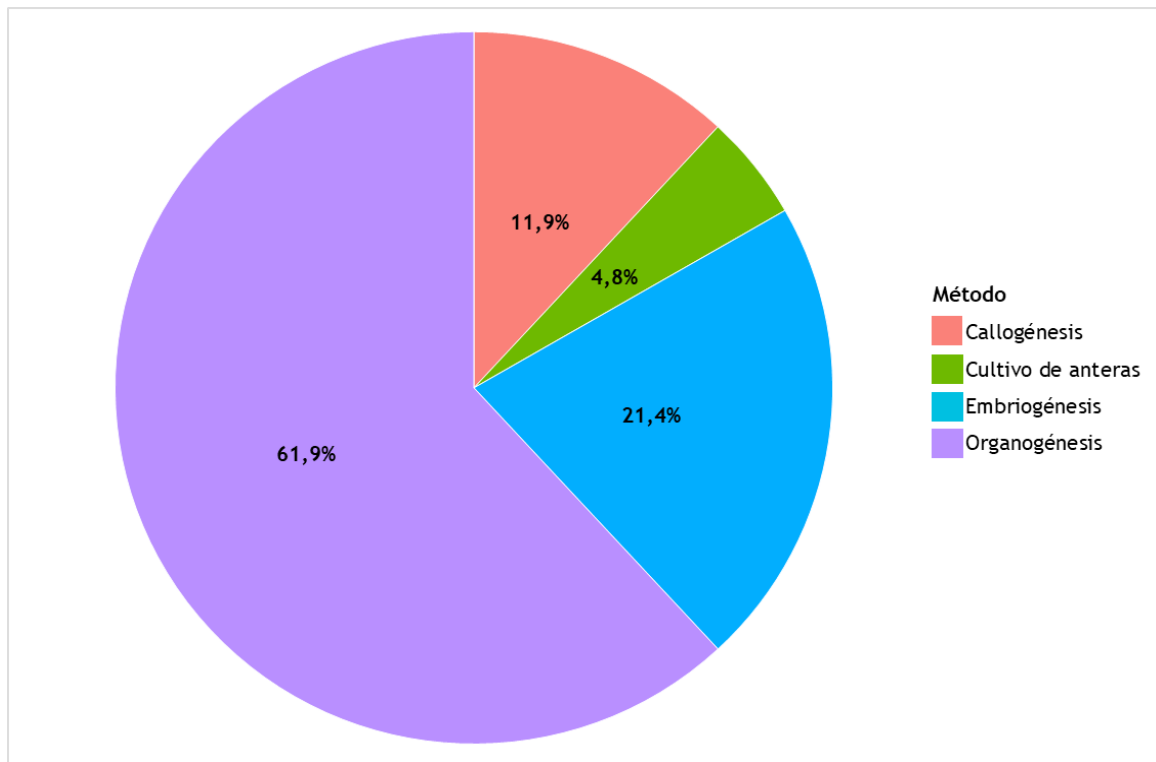


Figura 4. Métodos de cultivo de tejidos vegetales empleadas en las tesis de las universidades del Perú

La mayoría de las tesis emplean el método de regeneración por organogénesis, esto es debido al éxito casi inmediato o a corto plazo de los ensayos, el cual consiste en el desarrollo de una porción de planta madre para obtener plantas completas idénticas. Las investigaciones de tesis realizadas empleando esta metodología se justifican en la producción de un gran número de plantas clonales, obtención de plantas de forma rápida con valor agronómico, obtención de plantas libre de virus o patógenos y conservación de estas. ^(40,41,42)

Las tesis restantes que emplean las metodologías de embriogénesis, callogénesis y cultivo de antera son de menor cantidad, mas han permitido el progreso científico, estos resultados han posibilitado las investigaciones en mejoramientos genéticos convencionales e ingeniería genética en cultivos agronómicos. ⁽⁴³⁻⁴⁵⁾ Después de todo, los esfuerzos casi nulos de las universidades en la implementación de estas nuevas metodologías se evidencian en que el Perú genera muy pocas variedades agronómicas.

CONCLUSIONES

La concentración de la investigación en las universidades públicas, en especial en la UNALM, es un indicador para medir la importancia que se le otorga a esta técnica en el ámbito académico. El mayor número de tesis publicadas en el nivel pregrado sugiere que la investigación en cultivo de tejidos vegetales se está fortaleciendo en las universidades peruanas. El análisis de los resultados demuestra una tendencia alta de producción científica en Escuelas de Ingeniería agrónoma y Biología de forma que las revistas analizadas están vinculadas a estas áreas. El enfoque en el método de organogénesis es una señal de que la investigación en cultivo de tejidos vegetales se orienta a la producción de plantas genéticamente idénticas. El desarrollo de la investigación en cultivo de tejidos vegetales en el Perú tiene el potencial de contribuir al desarrollo agrícola del país. Esta técnica puede utilizarse para producir plantas con mayor rendimiento, resistencia a enfermedades y tolerancia a condiciones adversas. El fortalecimiento de la investigación en cultivo de tejidos vegetales en el Perú es una tarea imprescindible para garantizar el desarrollo sostenible de la agricultura peruana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brown DC, Thorpe TA. Crop improvement through tissue culture. World J Microbiol Biotechnol [Internet]. julio de 1995 [citado 1 de diciembre de 2023]; 11(4):409-15. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24414749/>
2. Hernández-Amasifuen AD, Pineda-Lázaro AJ, Díaz-Pillasca HB, Hernández-Amasifuen AD, Pineda-Lázaro AJ, Díaz-Pillasca HB. Cultivo in vitro de anteras de rocoto (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). Idesia Arica [Internet]. marzo de 2022 [citado 1 de diciembre de 2023]; 40(1):115-21. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-34292022000100115&lng=es&nrm=iso&tlng=en

3. Pineda-Lázaro A, Hernández-Amasifuen A, Díaz-Pillasca H. The efficient procedure of embryogenic callus formation from anther in *Capsicum pubescens* Ruiz & Pav. *Rev Bionatura* [Internet]. 15 de marzo [citado 1 de diciembre de 2023]; 2023;8:29. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/370804493_The_efficient_procedure_of_embryogenic_callus_formation_from_anther_in_Capsicum_pubescens_Ruiz_Pav
4. Chun SC, Gopal J, Iyyakannu S, Muthu M. An analytical retrospection of mass spectrometric tools established for plant tissue culture: Current endeavours and future perspectives. *TrAC Trends Anal Chem* [Internet]. 1 de mayo de 2020 [citado 1 de diciembre de 2023]; 126:115843. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993619306661>
5. Hernández-Amasifuen A, Argüelles Curaca A, Lázaro A, Díaz-Pillasca H. In vitro induction of callus from foliar explants in rocoto (*Capsicum pubescens* Ruiz & Pav.). *La Granja* [Internet]. 27 de agosto de 2021 [citado 1 de diciembre de 2023]; 34:127-35. Disponible en: https://ingenius.ups.edu.ec/pdf/granja/1INGLESautor_in_press-1.pdf
6. Hernández-Amasifuen A, Cortez-Lázaro A, Argüelles Curaca A, Díaz-Pillasca H. In vitro callogenesis of peach (*Prunus persica* L.) var. Huayco rojo from leaf explants. *Cienc Tecnol Agropecu* [Internet]. 28 de octubre de 2021 [citado 1 de diciembre de 2023]; 23:e2032. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-87062022000100006&script=sci_abstract&tlng=en
7. Idowu PE, Ibitoye D, Ademoyegun O. Tissue culture as a plant production technique for horticultural crops. *Afr J Biotechnol* [Internet]. 18 de agosto de 2009 [citado 1 de diciembre de 2023]; 8. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/62060>
8. Hernández-Amasifuen A, Pineda-Lázaro A, Díaz-Pillasca H. In vitro micropropagation of sour orange (*Citrus aurantium* L.) from nodal segments. *Rev Bionatura* [Internet]. 15 de noviembre de 2021 [citado 1 de diciembre de 2023]; 6:2216-21. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/356216776_In_vitro_micropropagation_of_sour_orange_Citrus_aurantium_L_from_nodal_segments
9. Desai P, Desai S, Rafaliya R, Patil G. Chapter 5 - Plant tissue culture: Somatic embryogenesis and organogenesis. En: Chandra Rai A, Kumar A, Modi A, Singh M, editores. *Advances in Plant Tissue Culture* [Internet]. Academic Press; 2022 [citado 1 de diciembre de 2023]. p. 109-30. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323907958000060>
10. Yang X, Zhang X. Regulation of Somatic Embryogenesis in Higher Plants. *Crit Rev Plant Sci* [Internet]. 25 de enero de 2010 [citado 1 de diciembre de 2023];29(1):36-57. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07352680903436291>
11. Bhatia S, Bera T. Chapter 6 - Somatic Embryogenesis and Organogenesis. En: Bhatia S, Sharma K, Dahiya R, Bera T, editores. *Modern Applications of Plant Biotechnology in Pharmaceutical Sciences* [Internet]. Boston: Academic Press; 2015 [citado 1 de diciembre de 2023]. p. 209-30. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128022214000066>
12. Corrales-Reyes IE, Fornaris-Cedeño Y, Reyes-Pérez JJ. Análisis bibliométrico de la revista investigación en educación médica. Período 2012-2026. *Investig En Educ Médica* [Internet]. 15 de junio de 2021 [citado 1 de diciembre de 2023]; 7(25):18-26. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=100012>
13. Alcántara Cortés J, Mg C, Rm S. Importancia de los cultivos vegetales Invitro para establecer bancos de germoplasma y su uso en investigación. *Biociencias* [Internet] 15 de marzo de 2017 [citado 1 de diciembre de 2023]; 1:71-83. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/article/view/2222>
14. Bendezú Quispe G, Torres-Romucho C, Acevedo Villar T, Alarco JJ, Arroyo-Hernández H. Investigación sobre plantas medicinales realizada por estudiantes de medicina en Perú. *Rev Fitoter* [Internet]. 2015 [citado 1 de diciembre de 2023]; 15(2):165-71. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5439402>
15. Angulo-Bazán Y. Indicadores bibliométricos de la producción científica peruana en plantas medicinales. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. julio de 2020 [citado 1 de diciembre de 2023]; 37(3):495-503. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-46342020000300495&lng=

es&nrm=iso&tlng=es

16. García-Alcalde M, Minaya D, Ortega J, Alvarino L, Iannacone J, García-Alcalde M, *et al*. Análisis bibliométrico de las tesis de parásitos en fauna terrestre en las universidades del Perú. *Rev Investig Vet Perú* [Internet]. marzo de 2022 [citado 1 de diciembre de 2023]; 33(2). Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1609-91172022000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es

17. Prakash J. MICROPROPAGATION INDUSTRY IN INDIA: BIOLOGY AND BUSINESS. *Acta Horti* [Internet]. noviembre de 2006 [citado 1 de diciembre de 2023]; (725):293-300. Disponible en: https://www.actahort.org/books/725/725_36.htm

18. Hussain A, Qarshi IA, Nazir H, Ullah I, Hussain A, Qarshi IA, *et al*. Plant Tissue Culture: Current Status and Opportunities. En: *Recent Advances in Plant in vitro Culture* [Internet]. IntechOpen; 2012 [citado 1 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/40180>

19. Bhojwani SS, Dantu PK. *Plant Tissue Culture: An Introductory Text* [Internet]. India: Springer; 2013 [citado 1 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/10.1007/978-81-322-1026-9>

20. Acheampong DO. Perception of the difficulties of international postgraduate students writing research proposal. *Int J Humanit Innov IJHI* [Internet]. 29 de marzo de 2021 [citado 1 de diciembre de 2023];4(1):17-24. Disponible en: <https://humanistudies.com/ijhi/article/view/103>

21. Nhut DT. General Information: Some Aspects of Plant Tissue Culture. En: Nhut DT, Tung HT, YEUNG ECT, editores. *Plant Tissue Culture: New Techniques and Application in Horticultural Species of Tropical Region* [Internet]. Singapore: Springer; 2022 [citado 1 de diciembre de 2023]. p. 1-23. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-16-6498-4_1

22. Mejia CR. Relación entre cantidad de alumnos de pregrado e investigadores registrados de universidades peruanas. *USMP* [Internet]. 2019; Disponible en: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/6247?show=full>

23. Miñano A, Chico J, López E, Sisniegas M, Bobadilla M. Efecto de la concentración de sacarosa en la producción de antocianinas a partir de cultivos celulares de *Vitis vinifera* L. var. red globe. *Rev Peru Biol* [Internet]. diciembre de 2004 [citado 1 de diciembre de 2023];11(2):187-92. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1727-99332004000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

24. Gallegos L, González A, López-Urbina T, Gonzales- Gustavson E, Gómez-Puerta L, Arroyo G. Comparación de la eficacia de tres medios de cultivo in vitro para el desarrollo de *Blastocystis* spp. *Rev Investig Vet Perú* [Internet]. diciembre de 2013 [citado 1 de diciembre de 2023]; 24(4):480-8. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1609-91172013000400010&lng=es&nrm=iso&tlng=es

25. Alfaro AVA, Torrejón GD. Propagación vegetativa de tres especies de bambú en la selva nororiental. *An Científicos* [Internet]. 30 de diciembre de 2019 [citado 1 de diciembre de 2023]; 80(1):92-110. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1362>

26. Alvino FEC, Torrejón GD, Figueroa M de LT y. Determinación de medios de cultivo para el establecimiento in vitro de bambú (*Guadua weberbaueri*). *An Científicos* [Internet]. 30 de junio de 2019 [citado 1 de diciembre de 2023]; 80(1):150-9. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1380>

27. Lavalle C, Nicolas VL de. Peru and its new challenge in higher education: Towards a research university. *PLOS ONE* [Internet]. 7 de agosto de 2017 [citado 1 de diciembre de 2023];12(8):e0182631. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0182631>

28. Olivera-Gonzales P, Río RE del, Tamariz-Angeles C. Multiplicación in vitro y embriogénesis somática de *Perezia pinnatifida* (Asteraceae) planta medicinal andina. *Rev Peru Biol* [Internet]. 28 de octubre de 2017 [citado 1 de diciembre de 2023];24(3):323-8. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/13911>

29. Gutiérrez Rosati A, Gonzales P. Growth regulators for in vitro culture of three grapevine rootstocks

(*Vitis vinifera* L.) used in the pisco industry. *Sci Agropecu.* 31 de diciembre de 2019 [citado 1 de diciembre de 2023];10:461-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338279509_Growth_regulators_for_in_vitro_culture_of_three_grapevine_rootstocks_Vitis_vinifera_L_used_in_the_pisco_industry

30. Culqui YKL, Alvarado JJT, Mori JBM, Valqui NCV, Huaman EH, Cruz SMO. Establecimiento y multiplicación in vitro de papayas de montaña: *Vasconcellea chachapoyensis* Y *Vasconcellea x Heilbornii*. *Bioagro* [Internet]. 29 de abril de 2021 [citado 1 de diciembre de 2023];33(2):135-42. Disponible en: <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/3198>

31. Mállap-Detquizán G, Vilca-Valqui NC, Meléndez-Mori JB, Huaman-Huaman E, Oliva M. In vitro multiplication of yellow dragon fruit (*Hylocereus megalanthus*) from seedlings obtained in vitro. *Agron Mesoam* [Internet]. abril de 2022 [citado 1 de diciembre de 2023];33(1). Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1659-13212022000100021&lng=en&nrm=iso&tlng=es

32. Riccaboni M, Verginer L. The impact of the COVID-19 pandemic on scientific research in the life sciences. *PLOS ONE* [Internet]. 9 de febrero de 2022 [citado 1 de diciembre de 2023];17(2):e0263001. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0263001>

33. Coronado DM. El rol de las universidades peruanas frente a la investigación y el desarrollo tecnológico. *Propósitos Represent* [Internet]. 26 de septiembre de 2018 [citado 1 de diciembre de 2023];6(2):703-37. Disponible en: <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/pyr/article/view/244>

34. Instituto de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura U. World Bank Open Data. 2022 [citado 1 de diciembre de 2023]. Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB). Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>

35. Ciencia CN de, Concytec T e IT. Programa Nacional Transversal de Biotecnología 2016-2021. junio de 2016 [citado 2 de noviembre de 2023]; Disponible en: https://portal.concytec.gob.pe/images/noticias/PRONBIOTEC_FINAL.pdf

36. Jones JB, Sluis CJ. Marketing of micropropagated plants. En: Debergh PC, Zimmerman RH, editores. *Micropropagation: Technology and Application* [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 1991 [citado 1 de diciembre de 2023]. p. 141-54. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-94-009-2075-0_8

37. Escorcía Otálora TA. Análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. 2008 [citado 1 de diciembre de 2023]; Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8212>

38. Matthews SJ, Rosa MN. Trials, Tribulations, and Triumphs: Research and Publishing From the Undergraduate Perspective. *Front Psychol* [Internet]. 3 de diciembre de 2018 [citado 1 de diciembre de 2023]; 9:2411. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6286968/>

39. Janet M. León-Morales, Soledad García-Morales, Antonia Gutiérrez-Mora, José Juvencio-Castañeda Nava, Prasad Rout-Nutan, José M. Rodríguez-Domínguez, Julio A. Massange-Sánchez, Rodrigo Barba-González, Jhony N. Enriquez-Vara, Gabriel Rincón-Enríquez. Tópicos de Herramientas Biotecnológicas para el Desarrollo Agrícola. Repositorio CIATEJ [Internet]. 2021 [citado 2 de diciembre de 2023]. Disponible en: <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/776>

40. Gárate Navarro MA, Delgado Haya H, Altamirano Salazar A, Amasifuén Alvarado KP. MANUAL PRÁCTICO DE PROPAGACIÓN IN VITRO DE SANCHÁ INCHI (*Plukenetia volubilis* L.), UTILIZANDO BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL. *Inst Nac Innov Agrar* [Internet]. octubre de 2017 [citado 1 de diciembre de 2023]; Disponible en: <https://pgc-snia.inia.gob.pe:8443/jspui//handle/inia/1152>

41. Cabrera Pintado RM, Aliaga Cóndor JD. Manual de micropropagación del yacón (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson) [Internet]. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Instituto Nacional de Innovación Agraria; 2019 [citado 1 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1054>

42. Gárate Navarro MA, Paz Urrelo JL, Delgado Haya H. TÉCNICA DE PROPAGACIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). Inst Nac Innov Agrar [Internet]. septiembre de 2020 [citado 1 de diciembre de 2023]; Disponible en: <https://pgc-snia.inia.gob.pe:8443/jspui//handle/20.500.12955/1337>

43. Alburqueque-Vasquez NJ, Hernández-Amasifuen AD, Pineda-Lázaro AJ, Ponce JNF, Guerrero-Abad JC, García L, et al. Response of the transcription factor BABY BOOM of *Arabidopsis thaliana* L. in the formation of embryogenic calluses of cocoa leaves (*Theobroma cacao* L.). *Sci Agropecu.* 18 de septiembre de 2023 [citado 1 de diciembre de 2023];14(3):359-66. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/5492>

44. Hernández-Amasifuen AD, Yupanqui-Celestino M, Pineda-Lázaro AJ, Delgado-Mera E, Ramírez-Viena L, Pesantes-Rojas CR, et al. In silico design of sgRNA for CRISPR/Cas9-mediated FaRALF33 gene mutagenesis to decrease the infection process to *Colletotrichum acutatum* in strawberry. *J Appl Biol Biotechnol.* 20 de abril de 2024 [citado 28 de abril de 2024]; 12(3):190-197. Disponible en: https://jabonline.in/abstract.php?article_id=1148&sts=2

45. Yupanqui Celestino M, Lugo B, Aguilar-Balabarca G, Lozano-Galindo A, Cotos-Durán D, Pesantes-Rojas C, et al. Diseño in silico de ARN guía CRISPR/Cas9 para la inactivación del gen fitoeno desaturasa en camote (*Ipomoea batatas* L.). *Rev Bionatura.* 15 de marzo de 2024;9:74.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Mao Yupanqui-Celestino y Hermila Belba Díaz-Pillasca.

Curación de datos: Mao Yupanqui-Celestino, Brayan Lugo y Giselle Jazmín Aguilar-Balabarca.

Análisis formal: Mao Yupanqui-Celestino, Brayan Lugo y Allison Esmeralda Lozano-Galindo.

Adquisición de fondos: Carlos Roberto Pesantes-Rojas y Hermila Belba Díaz-Pillasca.

Investigación: Mao Yupanqui-Celestino, Brayan Lugo, Giselle Jazmín Aguilar-Balabarca.

Metodología: Mao Yupanqui-Celestino y Brayan Lugo.

Administración del proyecto: Hermila Belba Díaz-Pillasca.

Software: Carlos Roberto Pesantes-Rojas.

Supervisión: Carlos Roberto Pesantes-Rojas y Hermila Belba Díaz-Pillasca.

Validación: Carlos Roberto Pesantes-Rojas y Hermila Belba Díaz-Pillasca.

Redacción - borrador original: Mao Yupanqui-Celestino, Brayan Lugo, Giselle Jazmín Aguilar-Balabarca y Allison Esmeralda Lozano-Galindo.

Redacción - revisión y edición: Mao Yupanqui-Celestino y Hermila Belba Díaz-Pillasca.