Cienc. Tecnol. Agropecuaria, *24*(1): e2882 ISSN: 0122-8706 ISSNe: 2500-5308
DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2882

Fisiología vegetal

Artículo corto

Tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. var. "Cochacina" de pulpa morada

Tuberization *in vitro* of *Solanum tuberosum* L. var. "Cochacina" with purple pulp

Segundo E. López Medina [1] José Mostacero León [1] Armando E. Gil Rivero [1] *
Angélica López Zavaleta [1] Anthony J. De La Cruz Castillo [1] Luigi Villena Zapata [2]
Juan Amaro Villacorta Vásquez [1] Wilson Arcenio Maco Vásquez [1]

[1] Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
[2] Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.

*Autor de correspondencia: Armando E. Gil Rivero. Universidad Nacional de Trujillo, avenida Juan Pablo II S/N, Ciudad Universitaria, Pabellón Antonio Samanamud Romero N° 206, Trujillo, Perú. arivero@unitru.edu.pe

Recibido: 10 de diciembre del 2021
Aprobado: 23 de enero del 2023
Publicado: 28 de abril del 2023

Editor temático: Amparo Rosero, (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), Córdoba, Colombia.

Para citar este artículo: López Medina, S. E., Mostacero León, J., Gil Rivero, A. E., López Zavaleta, A., De La Cruz Castillo, A. J., Villena Zapata, L., Villacorta Vásquez, J. A., & Maco Vásquez, W. A. (2023). Tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. var. "Cochacina" de pulpa morada. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *24*(1), e2882. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2882

Resumen: la papa (*Solanum tuberosum*) es uno de los cultivos más importantes del mundo, después del arroz y el trigo con base en su producción y productividad. Cabe mencionar que Perú es el centro de origen y diversidad de este cultivo, por tanto, existen variedades nativas con un alto valor nutricional y medicinal, sobre todo aquellas variedades de papa que manifiestan una pulpa de color morado, debido a su alto contenido de antocianinas, sin embargo, su cultivo requiere de tecnologías que permitan mejorar la conservación y la sanidad de la semilla botánica. Ante ello, se propuso como objetivo de investigación evaluar la tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. "Cochacina" de pulpa de color morado. En tal sentido, la etapa experimental se realizó en laboratorio, donde se sembraron esquejes de plántulas *in vitro* en medio Murashige y Skoog (MS) (Murashige & Skoog, 1962), suplementado con cloruro de mepiquat, sacarosa y 6-bencilaminopurina a diferentes concentraciones, distribuidos en cuatro tratamientos y bajo condiciones de oscuridad. A los 90 días se observó la generación de tubérculos *in vitro* y ante los resultados obtenidos, se concluye que el tratamiento 3, constituido por el medio de cultivo MS (1962), sacarosa (8×10^4 mg/L) y cloruro de mepiquat (1000 mg/L) y el tratamiento 4, constituido por el medio de cultivo MS (1962), sacarosa (8×10^4 mg/L) , 6-BAP (2,5 mg/L) y cloruro de mepiquat (1000 mg/L), bajo condiciones de oscuridad, favorecen la inducción y la formación de tubérculos *in vitro* de *S. tuberosum* var. "Cochacina" de pulpa color morado, sin embargo, desde el punto de vista económico, el tratamiento 3 resulta más prometedor.

Palabras clave: biotecnología, *in vitro*, nutraceútico, papa, pulpa de color, sacarosa, tubérculo.

Abstract: The potato (*Solanum tuberosum*) is one of the most important crops in the world, after "rice" and "wheat" based on its production and productivity. It is worth mentioning that Peru is the center of origin and diversity of this crop, Therefore, there are native varieties with a high nutritional and medicinal value, especially those varieties of potatoes that show purple colored pulp, due to its high content of anthocyanins. However, its cultivation requires technologies that allow improving its conservation and health of the botanical seed. Given this, the goal of this research was to determine the *in vitro* tuberization of *Solanum tuberosum* var. "Cochacina" with purple pulp. In this sense, the experimental stage was carried out in the laboratory, where seedling cuttings were planted *in vitro* in Murashige & Skoog medium (Murashige & Skoog, 1962), supplemented with mepiquat chloride, sucrose and 6-benzylaminopurine at different concentrations, distributed in 4 treatments and under dark conditions. At 90 days, the generation of *in vitro* tubers. Given the results obtained, it is concluded that both treatment T3, consisting of the Murashige and Skoog (Murashige & Skoog, 1962) culture medium, sucrose (8 x104 mg/L) and mepiquat chloride (1000 mg/L) and treatment T4 , consisting of the Murashige and Skoog culture medium (Murashige & Skoog, 1962), sucrose (8 x104 mg/L), 6-BAP (2.5 mg/L) and mepiquat chloride (1000 mg/L), under dark conditions favor the induction and formation of tubers in vitro of S. tuberosum var. "Cochacina", with purple pulp. However, from the economic point of view the T3 treatment is more promising.

Keywords: colored pulp, biotechnology, *in vitro*, nutraceutical, potatoes, sucrose, tuber.

CC BY NC SA

Introducción

Solanum tuberosum (Solanaceae) es una especie originaria del altiplano circundante al lago Titicaca, en la frontera entre Perú y Bolivia (Spooner & Hetterscheid, 2005; Inostroza et al., 2017; Ángeles et al., 2018). Cabe mencionar que en Perú existen más de 5000 variedades de papas, entre comerciales y nativas, donde destacan las de pulpa de color morado por ser consideradas como alimentos nutraceúticos o funcionales, capaces de nutrir y reforzar el sistema inmunológico debido a las altas concentraciones de flavonoides, antocianinas y carotenoides que contienen (Balbín, 2014; CIP & INIA, 2015; Tirado et al., 2018; Tirado & Tirado, 2018).

El empleo de tubérculos como semilla hace referencia a la parte vegetativa del tubérculo que el agricultor utiliza para su propagación y constituye la vía de reproducción vegetativa más empleada hoy en día para este cultivo, al permitir obtener considerables cosechas en cantidad y calidad, pero que aún cuenta con ingentes problemas fitosanitarios (Gil et al., 2019; González & Chavarría, 2016). La biotecnología vegetal, mediante la técnica de cultivos de tejidos vegetales *in vitro*, constituye una herramienta fundamental para la conservación, el saneamiento y la preservación del germoplasma de esta y otras especies vegetales de importancia económica (Seminario et al., 2017; Albarrán et al., 2019).

En este contexto, la tuberización *in vitro* aparece como una alternativa prometedora para la generación de "tubérculos-semilla" con mayor potencial productivo, debido a la notable reducción de la carga viral y bacteriana que se logra con estas técnicas, además de conservar el potencial genético de la variedad en investigación. Es así que, Araque et al. (2018) obtuvieron hasta 47 tubérculos *in vitro* con peso de 143,09 mg promedio en las variedades Diacol Capiro y Parda, empleando 6-bencilaminopurina (6-BAP) y 8 % de sacarosa.

Tacoronte et al. (2017) sostienen que el empleo de un medio de cultivo líquido a altas concentraciones de sacarosa y oscuridad constituyen las condiciones más favorables para la inducción de tubérculos *in vitro*, en variedades de papa comercial. Realidad confirmada por Tapia et al. (2017), quienes manifestaron que el uso de biorreactores empleando el sistema de inmersión temporal maximiza la obtención de un número mayor de minitubérculos a partir de plantas *in vitro* (Alamilla et al., 2019), verificándose la existencia de una relación directa entre el tamaño de la planta madre con el peso y el número de tubérculos *in vitro* obtenidos al término del experimento, sobre todo con las variedades comerciales Canchan y Yungay (Barcia, 2020; Carrión, 2017).

La tuberización *in vitro* es una técnica que ha sido muy trabajada en variedades mejoradas como alternativa para dotar a los agricultores con material de alta calidad y condiciones de manipulación más accesibles y fáciles para ellos, además de poder ser utilizados en la conservación del germoplasma, tanto de variedades mejoradas como nativas y en especial de las de pulpa de color, respecto a las cuales no existen muchas investigaciones (Araque et al., 2018). En tal sentido y conforme a lo estipulado en los párrafos anteriores, se propuso para este trabajo de investigación determinar las condiciones que permitan la tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. "Cochacina" de pulpa de color morado, como una técnica viable en el proceso de producción de semillas saneadas de alta calidad fitosanitaria y su aplicación en la conservación de germoplasma.

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2882

Materiales y métodos

Selección de tubérculos de *S. tuberosum* var. "Cochacina"

Los tubérculos de *S. tuberosum* var. "Cochacina" fueron transportados de la estación experimental del Instituto de Papa y Cultivos Andinos (Ipaca), de la Universidad Nacional de Trujillo, ubicada en Carabamba, provincia de Julcán, departamento de La Libertad, Perú, hacia el invernadero del Ipaca, ubicado en la Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú, donde se realizó la selección de tubérculos con base en su estado sanitario, seguido de su desinfección con fungicida, para luego ser sembrados en macetas que contenían un sustrato preparado con tierra agrícola cernida, humus de lombriz y arena de duna en proporción 1:1:1, previamente tratados para eliminar sales y posibles microorganismos del suelo (Moreno & Oropeza, 2017; López, Mostacero, Gil, López & De la Cruz, 2019).

Establecimiento *in vitro* de *S. tuberosum* var. "Cochacina", en un medio de cultivo sólido

En el laboratorio de biotecnología del Ipaca se preparó un medio de cultivo MS (Murashige & Skoog, 1962), suplementado con ácido indolacético (AIA) y ácido giberélico (AG_3), según el diseño propuesto por López, Mostacero, Gil, López & De la Cruz (2019) y López, Mostacero, Gil, López, De la Cruz & Villena (2019), donde se empleó: AIA (0,1 mg/L), AG3 (0,5 mg/L), agar (6×10^3 mg/L) y sacarosa (3×10^4 mg/L). Una vez preparado y autoclavado el medio de cultivo, se procedió a la siembra *in vitro* de entrenudos de *S. tuberosum* var. "Cochacina" en cámara de flujo laminar. Los explantes procedieron de las plantas madre cultivadas en invernadero de dos meses de edad. Concluida la siembra, los explantes fueron transportados al cuarto de incubación a una temperatura de 18 °C, con fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad y humedad relativa del 85 %.

Propagación *in vitro* de *S. tuberosum* var. "Cochacina", en un medio de cultivo líquido

Se procedió a preparar y autoclavar el medio de cultivo MS según el diseño propuesto por López et al. (2020), empleando 6- BAP (0 mg/L) y sacarosa (3×10^4 mg/L). Seguido a ello, se realizó la siembra *in vitro* de esquejes de *S. tuberosum* var. "Cochacina". En tal sentido, se seleccionaron plántulas *in vitro* de *S. tuberosum* var. "Cochacina", las cuales posteriormente fueron conducidas a la cámara de flujo laminar, donde se realizaron los cortes de los esquejes que contuvieran al menos tres nudos, a fin de ser sembrados en medio de cultivo líquido y, finalmente, transportados al cuarto de incubación con luz blanca (40 μmol m^{-2} s^{-1}), con fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad, temperatura de 17 °C ± 3 °C y humedad relativa del 85 %, durante 20 días. Cabe destacar que durante la fase de siembra no se empleó ningún desinfectante, toda vez que los explantes empleados procedieron de condiciones *in vitro* (Budisantoso et al., 2017; García et al., 2019; Borjas et al., 2020).

DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2882

Preparación del medio de cultivo para la tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. "Cochacina"

Para la preparación del medio de cultivo para la tuberización, se requirió MS, sacarosa (8×10^4 mg/L) y diferentes concentraciones de cloruro de mepiquat (CMe) y 6-BAP, siguiendo el diseño experimental: T1 (CMe (0 mg/L) + 8×10^4 mg/L de sacarosa + 6-BAP (0 mg/L)); T2 (CMe (0 mg/L) + 8×10^4 mg/L de sacarosa + 6-BAP (2,5 mg/L)); T3 (CMe (1000 mg/L) + 8×10^4 mg/L de sacarosa + 6-BAP (0 mg/L)) y T4 (CMe (1000 mg/L) + 8×10^4 mg/L de sacarosa + 6-BAP (2,5 mg/L)).

Una vez preparado el medio de cultivo, de acuerdo con el diseño indicado anteriormente, se autoclavó para luego proceder a refrescar el medio de cultivo en cámara de flujo laminar. Esta actividad consistió en eliminar el medio de cultivo líquido empleado durante la propagación de *S. tuberosum* var. "Cochacina", remplazándolo por el medio de cultivo líquido para tuberización. Concluida esta actividad, los tratamientos se transportaron al cuarto de incubación, el cual estuvo acondicionado en un ambiente oscuro, a una temperatura de 17 °C ± 3 °C y 85 % de humedad relativa, por el espacio de 90 días.

Evaluación estadística

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, se usó el diseño experimental con cuatro tratamientos (dos de ellos, T1 y T2, no reportaron respuesta) y 120 unidades experimentales. Se empleó el *software* R para estimar el coeficiente de variación, desviación estándar y la prueba t de Student no pareada, debido a que solo se encontró respuesta en los tratamientos 3 y 4. Las variables fueron longitud, peso y ancho de los microtubérculos obtenidos.

Resultados y discusión

Como se puede verificar en la tabla 1, que muestra la estadística descriptiva del estudio sobre tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum var.* "Cochacina" de pulpa de color morado para las variables de longitud, ancho y peso, en los tratamientos 1 y 2 se obtuvieron valores de 0, debido a que el balance hormonal no propició el desarrollo de tubérculos *in vitro*, caso contrario en los tratamientos 3 y 4, donde sí se obtuvieron resultados de tuberización a los 90 días de inducción (figura 1). A su vez, la figura 2 muestra los resultados sobre la prueba t de Student para la comparación de grupos independientes del estudio sobre tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. "Cochacina" de pulpa de color morado en los tratamientos 3 y 4 (Gil et al., 2016).

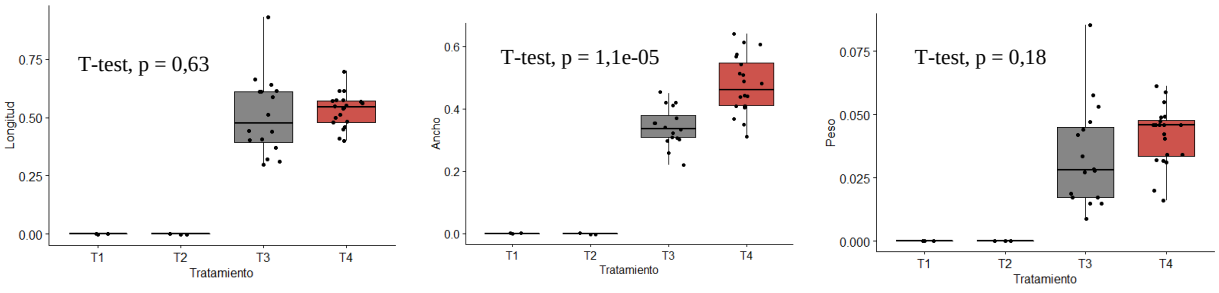
DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2882

Tabla 1. Estadística descriptiva del estudio sobre tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. var. "Cochacina", de pulpa de color morado; según longitud, ancho y peso por tratamiento

Tratamiento	Variable	Estimación de la media*	EEM**	CV(%)
T1	Longitud	N/A	N/A	N/A
	Ancho	N/A	N/A	N/A
	Peso	N/A	N/A	N/A
T2	Longitud	N/A	N/A	N/A
	Ancho	N/A	N/A	N/A
	Peso	N/A	N/A	N/A
T3	Longitud	0,5094 ± 0,0896	0,0420	33,0
	Ancho	0,3413 ± 0,0329	0,0154	18,1
	Peso	0,0336 ± 0,0108	0,0050	60,4
T4	Longitud	0,5315 ± 0,0337	0,0161	13,6
	Ancho	0,4755 ± 0,0436	0,0208	19,6
	Peso	0,0415 ± 0,0055	0,0026	28,2

Notas aclaratorias: DE: desviación estándar, N/A: sin respuesta, debido a que no generaron tubérculos *in vitro*, CV: coeficiente de variación, *estimación de la media al 95,0 % de confianza y **error estándar de la media.
Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Tubérculos *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. "Cochacina", de pulpa de color morado
Fuente: Elaboración propia



Figuras 2. *Box plot* y prueba t de Student para la comparación de grupos independientes del estudio sobre tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. "Cochacina" de pulpa de color morado según longitud (2a), ancho (2b) y peso (2c) por tratamiento
Nota aclaratoria: la prueba de comparación de grupos T-test se realizó con base en los tratamientos 3 y 4. En los tratamientos 1 y 2 no hubo respuesta, debido a que no generaron tubérculos *in vitro*.
Fuente: Elaboración propia

Para que el proceso de inducción de tubérculos *in vitro* de *S. tuberosum* sea favorecido convenientemente, se requiere del cese del crecimiento de las plántulas *in vitro*, la alta concentración de carbohidratos y las condiciones ambientales de oscuridad (Pineda et al., 2021), por lo que el cloruro de mepiquat (1000 mg/L) ejerció un efecto positivo en detener el crecimiento, toda vez que es conocido el efecto inhibidor de este fitorregulador en la primera fase de la ruta de biosíntesis de las giberelinas, tal como lo demuestran los estudios de Arias y Aristizábal (2021) y Nolasco (2020). Además de la facilidad de traslocación que presenta este fitorregulador a lo largo de la planta, tanto hacia arriba, con la corriente transpiratoria a través del xilema, como hacia abajo, mediante el fluido del floema, este alcanza su mayor concentración en los puntos de crecimiento como hojas jóvenes y entrenudos y causando una atrofia general en la planta (Cadena, 1999).

Asimismo, se resalta el rol de la sacarosa como el carbohidrato promotor de la inducción de tuberización *in vitro*, aportando energía a las células en división que ante la presencia de un fitorregulador que impide el alargamiento de yemas y raíces, generando tubérculos *in vitro* bajo condiciones de oscuridad y temperatura de 17 °C ± 3 °C, esto, por supuesto, dependiendo de la variedad o especie a emplear (Salazar & Soto, 2019). Por otro lado, Araque et al. (2018), Tacoronte et al. (2017) y Donnelly et al. (2003) sostienen que para la generación de tubérculos *in vitro* se deben tratar de igualar las condiciones *ex vitro* en las que, de manera natural, los tubérculos son tallos modificados subterráneos almacenadores de almidones para reserva de la planta.

La prueba t de Student mostrada en la figura 2, en cuanto a la variable longitud de tubérculos *in vitro*, muestra que no existe una diferencia significativa entre la media del tratamiento 3 y la del tratamiento 4. Así también, la prueba t de Student para el peso de los tubérculos *in vitro* muestra

que no hay diferencias significativas entre la media del tratamiento 3 con la del tratamiento 4 en lo que respecta a la variable de peso (Gutiérrez & De la Vara, 2012). Por otro lado, en lo que respecta al ancho del tubérculo, existe una diferencia significativa entre la media del tratamiento 3 y la del 4, donde el mayor promedio muestral se encontró en el tratamiento 4 (figuras 2 y tabla 1).

Del análisis estadístico se afirma que la presencia de un mayor promedio muestral a los 90 días de evaluación permite inferir que el tratamiento 4 solo es mejor en lo que respecta al ancho del tubérculo *in vitro*, sin embargo, ante la obtención de resultados semejantes con el tratamiento 3, en cuanto a longitud y peso, esto implicaría ausentar el empleo de 6-BAP, por tanto, este tratamiento constituye una alternativa favorable en el proceso de tuberización desde el punto de vista económico, tal como lo confirman las investigaciones de Nolasco (2020) y Tacoronte et al. (2017), quienes corroboran que basta el empleo de una alta concentración de sacarosa en conjunto con fitorreguladores o fitohormonas, que ejercen un efecto positivo sobre la desdiferenciación celular, favoreciendo la generación de tubérculos *in vitro* de mayor calidad.

Conclusión

Ante los resultados obtenidos, se concluye que tanto el tratamiento 3, constituido por el medio de cultivo MS (1962), sacarosa (8×10^4 mg/L) y cloruro de mepiquat (1000 mg/L) y el tratamiento 4, constituido por el medio de cultivo MS (1962), sacarosa (8×10^4 mg/L), 6-BAP (2,5 mg/L) y cloruro de mepiquat (1000 mg/L), bajo condiciones de oscuridad, favorecen la inducción y la formación de tubérculos *in vitro* de *S. tuberosum* var. "Cochacina" de pulpa de color morado, sin embargo, desde el punto de vista económico, el tratamiento 3 resulta más prometedor. Se recomienda que en futuras investigaciones se oriente a evaluar la empleabilidad de los tubérculos *in vitro* en campo.

Agradecimientos

Queremos agradecer especialmente al laboratorio de biotecnología del Ipaca de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú, por brindarnos las instalaciones para realizar esta investigación en su moderno establecimiento.

Contribución de los autores

Segundo E. López Medina: concepción de la idea del trabajo de investigación, interpretación de los datos y aprobación final del informe; José Mostacero León: concepción de la idea del trabajo de investigación, interpretación de los datos y aprobación final del informe; Armando E. Gil Rivero: ejecución del trabajo de invernadero; Angélica López Zavaleta: ejecución del trabajo de laboratorio; Anthony J. De La Cruz: recolección y procesamiento de los datos; Luigi Villena Zapata: análisis estadístico; Juan Amaro Villacorta: redacción del informe; Wilson Arcenio Maco Vásquez: diseño estadístico y traducción.

Implicaciones éticas

El presente artículo cuenta con el aval 09-2021 del comité de ética de investigación de la Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería, radicado el 23 de noviembre del 2021. También se obtuvo el consentimiento de los colaboradores para usar la información suministrada en la documentación del proceso presentado en el artículo.

Conflictos de interés

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Financiación

Investigación autofinanciada.

Referencias

Ángeles, A., Sánchez, L., Dimas, H., Ramírez, D., & Gómez, J. (2018). Evaluación de dos auxinas en la inducción de callo embriogénico en vitroplántulas de Agave tequilana Weber variedad azul. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *21*, 225-234. https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/2342/1142

Alamilla, J., Caamal, J., Criollo, M., Vera, J., & Reyes, J. (2019). Biofábricas y biorreactores de inmersión temporal: Propagación *in vitro* de *Anthurium andreanum* L., y su viabilidad económica. *Agro Productividad*, *12*(10), 23-29. https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1457

Albarrán, Y., Pacheco, J., & Rache, L. (2019). Organogénesis a partir de ápices meristemáticos y discos caulinares de Aloe vera L. *Ciencia en Desarrollo*, *10*(2), 9-21. https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.9809

Araque, E., Bohórquez, M., Pacheco, J., Correa, L., Urquijo, J., Castañeda, S., & Pacheco, J. (2018). Propagación y tuberización *in vitro* de dos variedades de papa. *Ciencia en Desarrollo*, *9*(1), 21-31. https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n1.2018.7132

Arias, J., & Aristizábal, M. (2021). Effects of paclobutrazol and mepiquat chloride on the growth and development of plantain Dominico Hartón (Musa AAB). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *15*(1), e11537. https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i1.11537

Balbín, B. (2014). Nutracéutico peruanos que previenen enfermedades. *Cultura, Ciencia y Tecnología*, *5*(1), 9-16. http://asdopen.unmsm.edu.pe/files/Revista5-2.pdf

Barcia, B. (2020). *Evaluación de diferentes dosis de la citocinina BAP en la propagación in vitro de Vainilla tahitensis* [Tesis pregrado. Universidad de Guayaquil, Ecuador]. http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50326

Borjas, R., Julca, A., & Alvarado, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *8*(2), 150-164. https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200150

Budisantoso, I., Amalia, N., & Kamsinah, K. (2017). In Vitro Callus Induction from Leaf Explants of Vanda sp Stimulated by 2,4-D. *Biosaintifika Journal of Biology & Biology Education*, *9*(3), 492-497. https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v9i3.11018

Cadena, J. (1999). *Uso del regulador del crecimiento cloruro de Mepiquat en algodón*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/21377

Carrión, A. (2017). *Producción de microtubérculos "in vitro" de papa (Solanum tuberosum L.) en sistema de inmersión temporal y su rendimiento en invernadero* [Tesis pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2985

CIP & INIA. (2015). *Catalog of ancestral potato varieties from Chugay*. La Libertad, Perú: Editorial Asociación Gráfica Educativa. https://es.scribd.com/document/296638346/Catalogo-de-variedades-de-papa-nativa-de-Chugay-La-Libertad-Peru-Catalog-of-ancestral-potato-varieties-from-Chugay-La-Libertad-Peru

Donnelly, D., Coleman, W., & Coleman, S. (2003). Potato microtuber production and performance. *AJPR*, *80*, 103-115. https://doi.org/10.1007/BF02870209

García, J., Azofeifa, J., Solano, F., & Orosco, R. (2019). Effect of two cytokinins and a growth inhibitor on the in vitro tuberization of two genotypes of *Solanum tuberosum* L. cvs. Atlantic and Alpha. *Uniciencia*, *33*(2), 1-12. https://doi.org/10.15359/ru.33-2.1

Gil, E., López, E., Mostacero, J., & De la Cruz, J. (2019). Papas nativas con potencial antioxidante, cultivadas en el norte del Perú. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, *18*(3), 289-324. https://blacpma.ms-editions.cl/index.php/blacpma/article/view/90

Gil , E., López, S., & López, A. (2016). Efecto sinérgico del ácido indolacético, ácido giberélico y 6-bencilaminopurina en la propagación *in vitro* de "papaya" *Carica papaya* L. (Caricaceae). *Arnaldoa*, *23*(2), 577-586. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.232.23210

González, D., & Chavarría, M. (2016). *Micro tuberización del cultivar de papa (Solanum tuberosum L.) Banba en Biorreactores Económicos de Inmersión Temporal* [Tesis pregrado. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua]. https://repositorio.una.edu.ni/3396/1/tnf01g643mc.pdf

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw-Hill.

Inostroza, J., Méndez, P., Espinoza, N., Acuña, I., Navarro, P., Cisternas, E., & Larraín, P. (2017). *Manual del cultivo de papa en Chile*. Santiago de Chile, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

López, S., Mostacero, J., Gil, E., López, A., & De la Cruz, A. (2019). Efecto del ácido giberélico y del ácido indolacético en la micropropagación *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. María

Reich. *Rebiol*, *39*(1), 1-6. https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2472

López, S., Mostacero, J., Gil, E., López, A., De la Cruz, A., & Villena, L. (2019). Efecto sinérgico del ácido giberélico y del ácido indolacético en la propagación *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. "papa nativa de pulpa de color". *Rebiol*, *39*(2), 49-57. https://doi.org/10.17268/rebiol.2019.39.02.05

López, S., Mostacero, J., Gil, E., López, A., De la Cruz, A., & Villena, L. (2020). Concentraciones de 6-Bencilaminopurina en la propagación *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. Cochacina, en sistemas líquidos estacionario y en agitación. *Manglar*, *17*(4), 337-340. https://doi.org/10.17268/manglar.2020.050

Moreno, M., & Oropeza, M. (2017). Efecto de las hormonas vegetales y el fotoperiodo en la producción de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, *19*(2), 25-34. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.69499

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Plant physiology*, *15*, 473-497. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Nolasco, J. (2020). *Dosis y momento de aplicación de cloruro de Mepiquat en el cultivo de ají escabeche (Capsicum baccatum var. pendulum)*. [Tesis posgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú]. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3217386

Pineda, A., Hernández, A., & Diaz, H. (2021). Multiplicación y reducción del crecimiento in vitro de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja). *Revista Manglar*, *18*(2), 123-128. https://doi.org/10.17268/manglar.2021.016

Salazar, M., & Soto, R. (2019). Efecto de H2O2 en la tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* L. durante tres subcultivos. *Agrociencia*, *53*, 1233-1245. https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/download/1872/1869

Seminario, J., Seminario, A., Domínguez, A., & Escalante, B. (2017). Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo Phureja. *Scientia Agropecuaria*, *8*(3), 181-191. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.01

Spooner, D., & Hetterscheid, W. (2005). Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes. En T Motley, N Zerega, y H Cross (eds.). *Darwin's Harvest: New Approaches to the Origins, Evolution, and Conservation of Crops* (pp. 285-307). Nueva York: Colombia University Press.

Tacoronte, M., Vielma, M., Auxiliadora, O., & Chacin, N. (2017). Efectos de nitratos y sacarosa en la propagación in vitro de tres variedades de papa nativa. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *19*(2), 63-73. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.70160

Tapia, M., Lorenzo, J., Mosqueda, O., & Escalona, M. (2017). Obtención de microtubérculos y minitubérculos como semilla pre-básica en tres cultivares peruanos de papa. *Biotecnología Vegetal*, *17*(3), 161-169. https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/554/html

Tirado, M. R., & Tirado, L. R. (2018). Comportamiento de parámetros biométricos de clones para la obtención de papa baby con pulpa pigmentada. *Scientia Agropecuaria*, *9*(3), 401-410. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.11

Tirado, M. R., Tirado, L. R., & Mendoza, J. (2018). Interacción genotipo x ambiente en rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) con pulpa pigmentada en cutervo, Perú. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, *34*(3), 191-198. https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000502