

Multiplicación y reducción del crecimiento *in vitro* de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja)

Multiplication and reduction growth *in vitro* of potato chaucha (*Solanum tuberosum* L. Phureja group)

Alexandra Jherina Pineda Lázaro*; Angel David Hernández Amasifuen; Hermila Belba Díaz Pillasca

Laboratorio de Biotecnología Vegetal, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho.

* Autor correspondiente: sherina.97.19@gmail.com (A. J. Pineda Lázaro).

ID ORCID de los autores

A.J. Pineda Lázaro:  <https://orcid.org/0000-0002-0783-8434>

A.D. Hernández Amasifuen:  <https://orcid.org/0000-0001-8267-409X>

H.B. Díaz Pillasca:  <https://orcid.org/0000-0002-2491-3774>

RESUMEN

La papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) presenta un desarrollo rápido, gran adaptación, genes de resistencia a enfermedades, bajo costo de producción, alto contenido nutricional y calidad culinaria, pero presenta también baja productividad y heterogeneidad. Las herramientas biotecnológicas mediante el cultivo de tejidos vegetales *in vitro* permite la multiplicación homogénea de plántulas de mayor rendimiento, y a la vez conservar germoplasma de gran interés agronómico. Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo multiplicar y reducir el crecimiento de papa chaucha en condiciones *in vitro*. Se emplearon nudos de papa chaucha para la multiplicación y conservación, en la multiplicación se emplearon diferentes concentraciones de BAP y AG₃ adicionadas al medio de cultivo MS, mientras que en la reducción se emplearon diferentes porcentajes de manitol en el medio de cultivo MS. En la multiplicación no presentaron diferencias significativas entre tratamientos para la altura de planta y número de nudos por explante, en la reducción el tratamiento C5 presentó el menor crecimiento y número de nudos. Se logró multiplicar y reducir el crecimiento de papa chaucha en condiciones *in vitro* y se determinó el efecto del manitol en el crecimiento de los explantes en la altura y número de brotes.

Palabras clave: Biotecnología; germoplasma; *Solanum tuberosum*; Phureja; conservación.

ABSTRACT

The chaucha potato (*Solanum tuberosum* L. Phureja group) presents a rapid development, great adaptation, genes for resistance to diseases, low production cost, high nutritional content and culinary quality, but also presents low productivity and heterogeneity. Biotechnology tools through *in vitro* plant tissue culture allow the homogeneous multiplication of higher-yielding seedlings, and at the same time conserve germplasm of great agronomic interest. Therefore, the objective of the present investigation was to multiply and reduce the growth of chaucha potatoes under *in vitro* conditions. Chaucha potato knots were used for multiplication and conservation, in the multiplication different concentrations of BAP and AG₃ were used added to the MS culture medium, while in the reduction different percentages of mannitol were used in the MS culture medium. In the multiplication they did not present significant differences between treatments for the height of the plant and the number of nodes per explant, in the reduction treatment C5 presented the lowest growth and number of nodes. It was possible to multiply and reduce the growth of chaucha potatoes under *in vitro* conditions and the effect of mannitol on the growth of the explants in the height and number of shoots was determined.

Keywords: Biotechnology; germplasm; *Solanum tuberosum*; Phureja; conservation.

Recibido: 16-02-2021.
Aceptado: 23-05-2021.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es una actividad de gran importancia económica por su alto consumo en el mundo. Actualmente el Perú mantiene su posición como mayor productor en Latinoamérica, con una producción aproximadamente de 5 millones 300 mil toneladas alcanzadas en 2018, distribuidas en 19 regiones del Perú, principalmente en las regiones altoandinas, donde las variedades comerciales lo conforman dos grupos: variedades híbridas blancas y de color, y variedades nativas con mayor importancia comercial (Mostajo, 2018).

Dentro de las variedades nativas existe dos clasificaciones; 21 especies, de las cuales siete cuentan con siete subespecies y nueve están conformadas por dos subespecies, o una única especie *Solanum tuberosum* con ocho grupos de cultivares; en este contexto se encuentra las papas conocidas en la región Cajamarca (Perú) como chauchas, éstas pertenecen al grupo Phureja (Huamán & Spooner, 2002; Spooner, 2006), el término "chauchas" significa precoz o temprano al igual que phureja. Esta denominación radica en el rápido desarrollo (3-4 meses) y la ausencia de dormancia (en la cosecha los tubérculos rápidamente brotan) (Seminario-Cunya et al., 2018). Se cultivan entre los 2000-3400 msnm, se caracteriza por adaptarse, por poseer genes de resistencia a enfermedades y ser de bajo costo de producción (Bautista et al., 2012), por lo que tiene aceptación por el agricultor, así mismo, el consumidor, aprecia este alimento por su contenido nutricional (contiene mayores niveles de Fe, Zn, vitamina C, carotenoides y fenoles), calidad culinaria y buen sabor (Rojas & Seminario, 2014). Sin embargo, la producción del cultivo está limitada a factores como la baja productividad, alta heterogeneidad de tubérculos en cuanto a su forma y tamaño, así mismo éstos perecen rápidamente, evitando su almacén como otras papas (Seminario-Cunya et al., 2018). También es más vulnerable a la erosión genética, a razón de dos características principales; debido a la ausencia de dormancia, el trabajo de cultivo es continuo, por lo que recae en la priorización del agricultor; y de su condición socioeconómica, tal es el caso que explica Seminario & Zarpán (2011), donde las diferentes actividades (ganadería, minería, etc.) afecta directamente a la pérdida de cultivares del grupo Phureja, de modo que propone realizar estrategias de conservación (*ex situ* o *in situ*).

La conservación de cultivos nativos representa la obtención de recursos genéticos que pueden ser utilizados en el desarrollo de nuevos genotipos con mayor valor agroeconómico. Por lo que se podría optar por aplicaciones biotecnológicas como el cultivo *in vitro* (Lobo & Medina, 2009; Hernández et al., 2021), el cual permite mantener diferentes accesiones en un banco de germoplasma *in vitro*, en condiciones asépticas y controladas; mediante la modificación de medios de cultivo (disminución de nutrientes, adición de reactivos osmóticos o retardantes) que permite el manejo a corto o mediano plazo (Macgayver et al., 2015).

El cultivo *in vitro* en papa ha presentado gran variedad de estudios, en el que se emplea distintos explantes como: estolones, nudos, esquejes, anteras, entre otros; con diferentes fines como inducción a embriogénesis, regeneración, micropropagación, dichas técnicas aportan información para la conservación y mejoramiento genético de la planta (Hernández & Díaz, 2019). En cuanto al grupo Phureja solo se encuentran pocos estudios, entre ellos existen temas sobre microtuberización y crioconservación (Coria et al., 2004; Villa et al., 2007; Rivera et al., 2008).

En estudios de conservación de cultivo de tejidos *in vitro* que han demostrado el efecto del ácido salicílico, manitol, sorbitol y entre otras, las cuales presentan la capacidad de reducir el ritmo del crecimiento de los explantes en condiciones *in vitro*. El efecto de cada una de los reactivos dependerá de la concentración que sea empleada, así como el genotipo del explante que este en investigación. Es requerido determinar el reactivo y su concentración para conservar el material vegetal sin afectar su fisiología hasta el punto de llevar a la muerte celular (García-Águila et al., 2007).

De acuerdo a estos antecedentes, es necesario determinar protocolos para conservar el germoplasma de papas nacionales y poder mantener los explantes por tiempos prolongados, evitando la constante transferencia y multiplicación del material vegetal que puede conllevar a la expresión de variaciones somaclonales en los explantes. Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo la multiplicación y reducción del crecimiento de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L. grupo Phureja) en condiciones *in vitro*.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación fue desarrollada en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la escuela

profesional de Biología con mención en Biotecnología de la Facultad de Ciencias en la

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (UNJFSC), Huacho, Huaura, Lima, Perú. Se emplearon plántulas *in vitro* de papa chaucha procedentes del Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la UNJFSC, las cuales fueron multiplicadas *in vitro* a partir de nudos en medios de cultivo MS (Murashige & Skoog, 1962) a la mitad de su concentración adicionado con glicina 1 mg/L, mioinositol 50 mg/L, ácido nicotínico 0,25 mg/L, piridoxina HCL 0,25 mg/L, tiamina HCL 0,05 mg/L, sacarosa 17 g/L y diferentes concentraciones de 6-Bencilaminopurina (BAP) y ácido giberélico (AG₃) (Tabla 1). El pH se ajustó a 5,8 y se agregó agar 6 g/L para posteriormente esterilizarse en autoclave durante 20 minutos a 121 °C y 1,2 bar de presión. Determinado el mejor tratamiento para la multiplicación de papa chaucha se continuó multiplicando hasta disponer de la cantidad necesaria de material vegetal para la fase de reducción de crecimiento *in vitro*.

Tabla 1
Combinación de los reguladores de crecimiento en la multiplicación (M) *in vitro* de papa chaucha.

Tratamiento	BAP (mg/L)	AG ₃ (mg/L)
M1	0	0
M2	0,5	0
M3	1	0
M4	0	0,5
M5	0	1

Para la fase de reducción de crecimiento *in vitro* de papa chaucha se emplearon nudos de las plántulas multiplicadas *in vitro*, las cuales fueron introducidas en medios de cultivo compuesto por sales MS (Murashige & Skoog, 1962) a la mitad de su concentración y se adiciono 1 mg/L de glicina, 50 mg de mioinositol/L, 0,25 mg/L de ácido

nicotínico, 0,25 mg/L de piridoxina HCL, 0,05 mg/L de tiamina HCL, 17 g/L de sacarosa y diferentes porcentajes de manitol (Tabla 2). El pH se ajustó a 5,8 y se agregó 6 g/L de agar para posteriormente esterilizarse en autoclave durante 20 minutos a 121 °C y 1,2 bar de presión.

Las condiciones de incubación en la fase de multiplicación *in vitro* y reducción del crecimiento *in vitro* fueron a 23 °C de temperatura y 75% de humedad con fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad. Todos los tratamientos se mantuvieron durante 30 días para la fase de multiplicación *in vitro* y 90 días en la fase de reducción de crecimiento *in vitro*. Transcurrido el total de días establecidos para cada una de las fases se evaluó la altura de planta (cm), número de nudos y longitud de raíces (cm).

Tabla 2
Diferentes porcentajes de manitol en la reducción del crecimiento (C) *in vitro* de papa chaucha.

Tratamiento	Manitol (%)
C1	0
C2	0,2
C3	0,4
C4	0,6
C5	0,8

El diseño experimental empleado fue diseño completamente al azar (DCA), empleando cinco tratamientos por fase y 15 repeticiones por tratamiento, se consideró a cada tubo con explante como unidad experimental. El análisis de los datos obtenidos se realizó con el programa estadístico R (versión 4.0.5 para Windows) y el paquete estadístico agricolae, mediante análisis de varianza (ANVA) y prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) para la comparación de medias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del efecto de diferentes concentraciones de BAP y AG₃ adicionadas al medio de cultivo MS en la fase de multiplicación de papa chaucha durante 30 días se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3
Respuesta *in vitro* de papa chaucha en la fase de multiplicación

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Número de nudos	Longitud de raíz (cm)
M1	6,19 a	5,04 a	3,86 a
M2	6,26 a	4,95 a	3,91 a
M3	6,21 a	5,11 a	3,79 a
M4	6,31 a	5,07 a	3,84 a
M5	6,29 a	4,98 a	3,82 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

No presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de altura de planta y

número de nudos, por lo tanto, no hubo efecto positivo o negativo de BAP y AG₃. Se observó crecimiento de la planta, formación de nudos, hojas y raíces desde la 1era semana y mayor vigorosidad de los explantes en la 2da semana (Figura 1).



Figura 1. Respuesta de papa chaucha en la fase de multiplicación *in vitro*: (a) Se inicia la elongación de los explantes y crecimiento de hojas y raíces; (b) Incremento del vigor de los explantes y del número de hojas.

Los tratamientos con medios de cultivo MS adicionados con BAP y AG₃ no presentaron diferencia significativa con el medio MS sin reguladores de crecimiento, tanto en las variables en estudio como otros aspectos en la morfología de los explantes. El medio sin reguladores continuó produciendo brotes uniformes y el alto número de nudos por explante permitiendo obtener un alto porcentaje de multiplicación a partir de cada uno de los nudos. Los nudos continúan siendo los explantes de mayor uso en cultivo de tejidos *in vitro* de papa, debido a que es muy eficaz en el establecimiento y multiplicación, así mismo que este explante presenta un rápido crecimiento (Danci, 2007; Rai et al., 2012).

Es importante determinar las concentraciones necesarias de sales basales, vitaminas, fuentes de sacarosa y en algunos genotipos la adición de reguladores de crecimiento. En el presente estudio se evaluó los efectos de BAP y AG₃, los cuales no difirieron en sus efectos respecto al crecimiento de los explantes de papa chaucha, esto podría deberse posiblemente a las concentraciones de cada regulador de crecimiento empleando, por lo que sería necesario realizar más pruebas con concentraciones más altas y más bajas para determinar por completo si presentan un mayor efecto positivo, tal como fue el caso de Araque et al. (2018), quienes obtuvieron en promedio 5,09 nudos por explante de papa variedad Parda Pastusa y Diacol Capiro adicionando 0,25 mg/L de AG₃ y 6,67 sin adicionar reguladores de crecimiento a los 30 días. López-Medina et al. (2019), obtuvieron explantes de *Solanum tuberosum* L. variedad Maria Reiche con 5,5 nudos por explante al adicionar AG₃ (0,5 ppm) al medio de cultivo MS, así mismo lograron la formación de elongación, formación de nudos y enraizamiento a partir de nudos sin la necesidad de adicionar reguladores de crecimiento en el medio de cultivo MS a los 20 días a 18° C. López-Medina et al. (2020), obtuvieron 6,94 nudos promedios de papa nativa de pulpa de color empleando medio MS adicionado con 0,5 ppm de AG₃ y 0,1 ppm de AIA, pero también presentaron buenos resultados con los tratamientos sin la adición de reguladores de crecimiento con 5,17 nudos y 2,7 cm de altura a los 20 días del establecimiento *in vitro* a 18 °C.

El presente trabajo conjuntamente con los trabajos previamente mencionados determinó que no es necesario la adición de reguladores de crecimiento en el medio de cultivo para dar inducir a organogénesis, tal como afirma García et al. (2015), quienes afirman que solo es necesario la adición de las sales basales MS para la propagación *in vitro* de papa, así mismo también que existe un efecto en la cantidad de fuente de carbono que permita un rápido crecimiento.

El crecimiento de los explantes de papa chaucha en los medios de cultivo MS sin reguladores de crecimiento demuestra que este genotipo no requiere de reguladores de crecimiento para inducir la elongación, formación de brotes y desarrollo radicular, esto podría deberse a la propiedad de la especie de presentar citoquininas y auxinas endógenas suficientes para iniciar con la organogénesis en condiciones *in vitro*. Cotes y Ñustez (2001) establecen que el proceso de

organogénesis de papa podría atribuirse con el propio proceso fisiológico de la planta y se relaciona al tipo de explante, debido a que los nudos presentan meristemas en crecimiento activo y alta concentración de hormonas que permiten su rápido desarrollo sin la necesidad de agentes exógenos.

La formación de raíces fue de manera vigorosa y abundante, esto es importante en el cultivo *in vitro* debido a que esto permitirá obtener mayor porcentaje de supervivencia cuando los explantes pasen a la fase de aclimatación. Según Srivastava et al. (2012), es vital para las plantas que se mantienen en condiciones *in vitro* la formación de gran número de raíces previo al trasplante al proceso de aclimatación, esto muy relacionado a que gran cantidad de las raíces formadas no se encuentran en las condiciones necesarias para asimilar nutrientes pero al presentar mayor número de raíces y de mayor elongación permitirá obtener mayor éxito en la fase de aclimatación porque estas raíces tendrán buen anclaje en los sustratos, incrementando de esta manera el porcentaje de supervivencia.

La Tabla 4 muestra la respuesta de papa chaucha a la reducción de crecimiento en condiciones *in vitro* empleando medio MS adicionado con vitaminas y diferentes porcentajes de manitol. Estos resultados presentaron el efecto del manitol en la disminución del crecimiento en altura de planta y en número de nudos de papa chaucha en condiciones *in vitro* (Figura 2). Se determinó estadísticamente diferencia significativa entre los tratamientos en las variables de altura de planta y número de nudos por explante. Siendo el tratamiento C5 (0,8% de manitol) el que presentó el menor crecimiento con 3,91 cm de altura y en respecto al menor número de nudos por explantes fueron los tratamientos C4 y C5 con 4,20 y 3,80 nudos por explantes respectivamente. En todos los tratamientos se presentó el crecimiento normal de las raíces en los explantes de papa chaucha.

El efecto del manitol con el medio de cultivo MS en la conservación *in vitro* de papa chaucha estuvo relacionado con limitar el crecimiento de los explantes tanto en altura como en formación de nudos, pero no presentó un efecto limitante en la formación de raíces. García-Águila et al. (2007), determinaron que el manitol ejerce una presión osmótica sobre los explantes al no permitir una absorción normal de los nutrientes y agua presentes en el medio de cultivo.

Tabla 4

Respuesta de reducción de crecimiento *in vitro* de papa chaucha

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Número de nudos	Longitud de raíz (cm)
C1	9,80 a	6,27 a	3.83 a
C2	8,83 b	5,53 b	3.71 a
C3	6,27 c	4,93 b	3.79 a
C4	4,89 d	4,20 c	3.08 b
C5	3,91 e	3,80 c	3.14 b

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

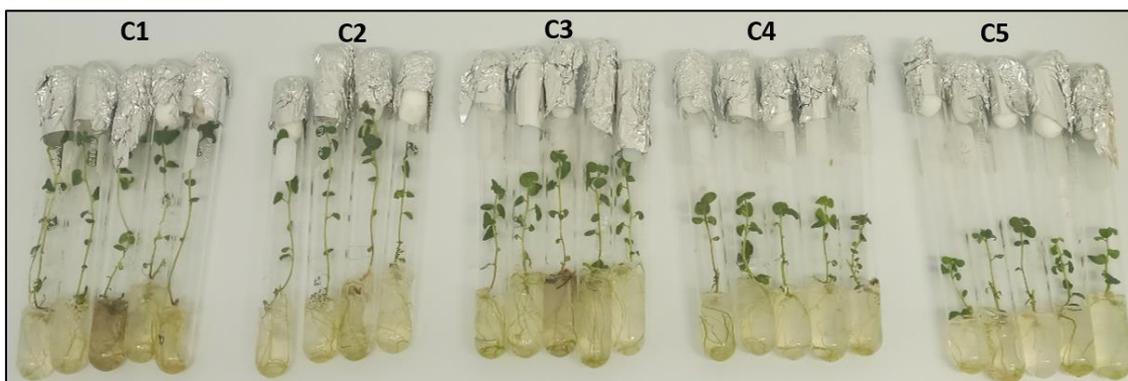


Figura 2. Crecimiento de los explantes de papa chaucha en diferentes tratamientos de medios con manitol para la conservación *in vitro*.

Los tratamientos con diferentes porcentajes de manitol no presentar un efecto negativo en la supervivencia de los explantes durante el tiempo que se realizó la investigación, permitiendo una buena conservación del material vegetal en condiciones *in vitro*. Existen reportes que, al ejercer el efecto de reducir la absorción de nutrientes, se relaciona con la reducción del crecimiento de los explantes pero puede existir un punto en que afecte tanto a los explantes que puede causar daños como necrosis en los órganos y también puede ocasionar la muerte por completo de la planta (Díaz et al., 2015). Los resultados obtenidos permitieron la reducción del crecimiento y conservación de los

explantes de papa chaucha, resultados similares a los obtenidos por Fortes y Scherwinski-Pereira (2001), quienes determinaron que el manitol es un agente osmótico capaz de afectar el crecimiento de las plantas de papa, así mismo presentó la capacidad de reducir el número de brotes formados por explante de papa.

La reducción del crecimiento *in vitro* de papa permite conservar durante mayor lapso de tiempo el germoplasma en estas condiciones, reduciendo la necesidad de realizar renovaciones de medios de cultivo constantemente que conllevan a reducir el gasto de reactivos y reduciendo también las tasas de variaciones somaclonales.

CONCLUSIONES

La multiplicación de papa chaucha en condiciones *in vitro* no presentó diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de altura de planta y número de nudos, así también todos los explantes formaron raíces en cada tratamiento, de tal manera no es necesaria la adición de hormonas al medio de cultivo MS para la multiplicación y enraizamiento.

La reducción del crecimiento de papa chaucha en condiciones *in vitro* se logró con la adición de manitol en diferentes concentraciones, la cual presentó un efecto de reducir el crecimiento en la

altura y número de nudos en los explantes, obteniendo explantes con medias de 3,91 de altura de planta y 3,80 número de brotes por explante con el tratamiento C5 (0,8% de manitol) en el medio MS. Es recomendable realizar más evaluaciones en seis y ocho meses para determinar hasta qué punto el manitol permite reducir el crecimiento de los explantes y a la vez mantener la viabilidad del germoplasma de papa en condiciones *in vitro*, y también determinar el efecto de otros agentes osmóticos en la reducción del crecimiento de papa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Bautista, H., Ramírez, J., & Torres, J. (2012). Nutriente absorción de la variedad de patata diploide (*Solanum phureja*) criolla Colombia, como punto de referencia para determinar niveles nutricionales críticos. *Agronomía Colombiana*, 30, 436-447.
- Coria, N., Pérez, A., Sarquís, J., Cantú, I., González, H., & Gómez, M. (2004). Regeneración de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L.) *In Vitro* a partir del estolón. *Ciencia UANL*, 7(3), 361-370.
- Cotes, J., & Núñez, C. (2001). Evaluación de dos tipos de esquejes en la producción de semilla prebásica de papa criolla (*Solanum phureja* Juz et. Buk) Variedad "Yema de Huevo". *Agronomía Colombiana*, 18(1-2), 7-13.
- Danci, O. (2007). Studies regarding the elaboration of an optimum micro-propagation protocol for potato cultivar recalcitrant to *in vitro* cultures. *RJAS*, 39(2), 577-580.
- Díaz, L., Carmona, O., & Beltrán, J. (2015). Optimización de la conservación *in vitro* de germoplasma de *Dioscorea* spp. por crecimiento mínimo. *Rev colomb biotecnol*, 17(1): 32-39.
- Fortes, G., & Scherwinski-Pereira, J. (2001). Preservação *in vitro* de batata com ácido acetilsalicílico e duas fontes de carboidrato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36, 1261-1264.
- García, L., Rodríguez, M., La O., M., Pérez, M., Alvarado, Y., De Fera, M., Veitia, N., Miraba, D., & Castillo, J. (2015). Propagación *in vitro* de variedades cubanas de *Solanum tuberosum* L. 'Yuya', 'Marinca', 'Grettel' e 'Ibis'. *Biotecnología Vegetal*, 15(2), 75 - 83.
- García-Águila, L., de Fera, M., & Acosta, K. (2007). Aspectos básicos de la conservación *in vitro* de germoplasma vegetal. *Biotecnología Vegetal*, 7(2), 67-79.
- Hernández, A., & Díaz, H. (2019). Inducción *in vitro* de callo embriogénico a partir del cultivo de anteras en "papa amarilla" *Solanum goniocalyx* Juz. & Bukasov (Solanaceae). *Arnaldoa*, 26(1), 277-286.

- Hernández, A., Pineda, A., Rojas, J., & Díaz, H. (2021). Regeneración *in vitro* de arnaucho (*Capsicum chinense* Jacq.) a partir de yemas apicales. *Manglar*, 18(1), 71-75.
- Huamán, Z., & Spooner, D.M. (2002). Reclasificación de poblaciones autóctonas de papa cultivada (*Solanum* sec. Petota). *A.m. J. Bot.*, 89, 947-965.
- Lobo, M. & Medina, C. (2009). Conservación de recursos genéticos de la agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 33-42.
- López-Medina, E., Mostacero-León, J., Gil-Rivero, A., López-Zavaleta, A., & De La Cruz-Castillo, A. (2019). Efecto del ácido giberélico y del ácido indolacético en la micropropagación *in vitro* de *Solanum tuberosum* var. Maria Reiche. *Rebiol*, 39(1), 1-9.
- López-Medina, E., Mostacero-León, J., Gil-Rivero, A., López-Zavaleta, A., De La Cruz-Castillo, A. & Villena, L. (2020). 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.
- Macgayver, M., Morales, B., Mancipe, C., & Aguirre, A. (2015). Conservación *in vitro*: una perspectiva para el manejo de los recursos fitogenéticos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 67-81.
- Mostajo, G. (2018). Plan Nacional de Cultivos 2018-2019. MINAGRI.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*, 15, 473-497.
- Rai, R., Diengdoh, L., Srivastava, A., & Bag, T. (2012). Efficiency of different nodal segments for potato micropropagation. *Environment and Ecology*, 30(3), 594-597.
- Rivera, A., Valbuena, R., Hidalgo, R., & Moreno, J. (2008). *In vitro* microtuberization of seven accessions of potato from colombian central collection. *Acta Agronómica*, 57(3), 175-180.
- Rojas, L., & Seminario, J. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 165-175.
- Seminario, J., & Zarpán, L. (2011). Conservación *in situ* on farm-*ex situ* de *Solanum tuberosum* L. grupo Phureja en la cuenca del Llaucano y áreas adyacentes. *Arnaldoa*, 18(2), 105-116.
- Seminario-Cunya, J., Villanueva-Guevara, R., & Valdez-Yopla, M. (2018). Rendimiento de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) amarillos precoces del grupo Phureja. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 639-653.
- Spooner, D. (2006). Análisis genético de los cultivos patata *Solanum tuberosum* L. Phureja Group utilizando RAPD y SSR nucleares. *Theor. Apl. Caballero*, 113:1515-1527.
- Srivastava, A., Diengdoh, L., Rai, R., Bag, T., & Singh, B. (2012). *In vitro* micropropagation and micro-tuberization potential of selected potato varieties. *Indian Journal of Hill Farming*, 25(2), 14-17
- Villa, A., Sánchez, A., Valbuena, R., & Escobar, R. (2007). Evaluación preliminar de técnicas de crioconservación en una accesión de *Solanum phureja*. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 50-59.