

Evaluación de la multiplicación de tres variedades de papa nativa (*Solanum* sp.) para la conservación de especies nativas

Evaluation of the multiplication of three native potato (*Solanum* sp.) varieties for the conservation of native species

Pérez-Guzmán, Jheanete; Aguilar-Tintaya, Melisa Lidia



JOURNAL OF THE
Selva Andina
Biosphere.
Official Journal of the Selva Andina Research Society.

 Pérez-Guzmán, Jheanete *

pjheanete@hotmail.com

Escuela Militar de Ingeniería. Unidad de Investigación Ciencia y Tecnología. Laboratorio de Biotecnología Vegetal. Playón Irpavi: Av. Rafael Pabón s/n. Campus Alto Irpavi. Tel: +591-2793155. La Paz, Bolivia

Aguilar-Tintaya, Melisa Lidia

Escuela Militar de Ingeniería. Unidad de Investigación Ciencia y Tecnología. Laboratorio de Biotecnología Vegetal. Playón Irpavi: Av. Rafael Pabón s/n. Campus Alto Irpavi. Tel: +591-2793155. La Paz, Bolivia

Journal of the Selva Andina Biosphere

Selva Andina Research Society, Bolivia

ISSN: 2308-3867

Periodicidad: Bianaual

vol. 11, núm. 1, 2023

directoreditorbiosphere@gmail.com

Recepción: 01 Enero 2022

Corregido: 01 Marzo 2022

Aprobación: 01 Marzo 2023

Publicación: 01 Mayo 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/71/714420011/>

DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110100063>

Selva Andina Research Society



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Resumen: Desafortunadamente, en Bolivia variedades nativas están siendo desplazadas por las comerciales, provocando la reducción o descarte de su producción al no tener un mercado seguro, poniendo en riesgo su conservación. El objetivo de la investigación se centró en evaluar dos medios de cultivo M & S en la fase multiplicación de tres variedades de papa nativa (*Solanum* sp.) de la comunidad Millimbaya, municipio Tacacoma, para la conservación de especies nativas. Por lo cual, se ha muestreado tres variedades de papa nativa de Tacacoma: Pichuya, Llok'alla y Pato Kayo, las cuales, tras un proceso de selección de explantes y desinfección de brotes fueron establecidas in vitro a $21 \pm 1^\circ \text{C}$, flujo luminoso de 2000 lm y fotoperiodo 16:8 h, por 25 días. En la fase multiplicación, se empleó el diseño experimental factorial asimétrico para el estudio de los factores: variedad y medio de cultivo, donde las variables respuestas evaluadas fueron: altura del tallo, número de hojas y entrenudos. Los resultados de la investigación mostraron la preferencia de las variedades Pichuya y Llok'alla al medio MS1(MSP01) compuesto de 332.2 mg/L CaCl_2 , 180.7 mg/L MgSO_4 y 16.9 mg/L MnSO_4 , al presentar mayores promedios en longitud, número de hojas y entrenudos que al ser cultivados en medio MS2, y la respuesta favorable de la variedad Llok'alla al medio MS2.

Palabras clave: Erosión genética, multiplicación, medio de cultivo, Murashige and Skoog, variedades nativas, in vitro, conservación.

Abstract: Unfortunately, in Bolivia native varieties are being displaced by commercial ones, causing the reduction or discarding of their production because they do not have a secure market, putting their conservation at risk. The objective of this research is to evaluate two M & S culture media in the multiplication phase of three native potato varieties (*Solanum* sp.) from the Millimbaya community, Tacacoma municipality, for the conservation of native species. Therefore, three native potato varieties from Tacacoma were sampled: Pichuya, Llok'alla and Pato Kayo, which, after a process of selection of explants and disinfection of shoots, were established in vitro at $21 \pm 1^\circ \text{C}$, 2000 lm light flux and photoperiod 16:8 h, for 25 days. In the multiplication phase, the asymmetric factorial experimental design was used for the study of the factors: variety and culture medium, where the evaluated response variables were: stem height, number of leaves and internodes. The results of the

research showed the preference of the varieties Pichuya and Llok'alla to the MS1(MSP01) medium composed of 332.2 mg/L CaCl₂, 180.7 mg/L MgSO₄ and 16.9 mg/L MnSO₄, when presenting greater averages in length, number of leaves and internodes than when cultivated in MS2 medium, and the favorable response of the Llok'alla variety to MS2 medium.

Keywords: Genetic erosion, multiplication, culture medium, Murashige and Skoog, native varieties, in vitro, conservation.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa en Bolivia, es considerado la base de la dieta alimentaria de la población boliviana y sustento económico de familias que habitan en el área rural. En 2017, se constituyó como el cultivo ancestral de mayor superficie, ocupando, una extensión de 182675.0 ha con producción de 1 174743.7 qq¹.

Bolivia cuenta con una amplia variedad de papas, por la diferencia en altitud, clima, suelo y fisiografía de las regiones que la producen. Se cuenta con 18 variedades que se cultivan comercialmente², de un total de 1555 variedades conocidas³.

Ramos Yucra⁴, menciona, que, de todas las variedades, la Huaycha (*Solanum tuberosum* sp.) es la más cultivada, por un mercado asegurado en las principales ciudades de Bolivia, sin embargo, variedades nativas no comerciales son cultivadas para el autoconsumo de familias productoras en superficies reducidas, al carecer de oportunidades de mercado. Este esquema, está provocando que más familias productoras reduzcan o descarten la producción de variedades nativas, si pierda progresivamente el conocimiento local ancestral de técnicas de conservación, se reduzca la disponibilidad y cantidad de semillas nativas, provocando la pérdida gradual de variedades de papa nativa (erosión genética).

La aplicación de herramientas biotecnológicas, como el cultivo in vitro, permitirán obtener explantes libres de patógenos, aseguran buen desarrollo al crecer en medio de cultivo con los elementos nutricionales necesarios, incrementan el rendimiento de la variedad y es una alternativa para la propagación masiva de plántulas, al requerir periodos cortos de tiempo y espacio reducido haciéndola una técnica potencial para la recuperación ex situ de variedades de papa nativa⁵.

Por su parte, Aliaga García⁶, menciona que el éxito que se obtenga en cultivos vegetales, dependerá del uso del medio adecuado con las sustancias químicas necesarias y combinaciones apropiadas de sus componentes.

Por lo mencionado, el objetivo de la presente investigación se centró en evaluar 2 medios de cultivo M & S en la fase multiplicación de 3 variedades de papa nativa (*Solanum* sp.) de la comunidad Millimbaya, municipio Tacacoma, para la conservación de especies nativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue desarrollado en instalaciones del Laboratorio de Biotecnología Vegetal dependiente de la Unidad de Investigación Ciencia y Tecnología (UICYT) de la Escuela Militar de Ingeniería (EMI) Unidad

NOTAS DE AUTOR

* Dirección de contacto: Jheanete Pérez-Guzmán. Escuela Militar de Ingeniería. Unidad de Investigación Ciencia y Tecnología. Laboratorio de Biotecnología Vegetal. Playón Irpavi. Av. Rafael Pabón s/n. Campus Alto Irpavi. Tel: +591-2793155. La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia. E-mail: pjheanete@hotmail.com

Académica La Paz - Bolivia, campus universitario Alto Irpavi, ubicado en coordenadas (UTM) 598000.00 m E y 8171886.00 m S, 19S.

Muestreo de variedades de papa nativa. El material vegetal de las 3 variedades de papa nativa (*Solanum* sp.) Pichuya, Llok'alla y Pato Kayo, se obtuvo de una parcela productiva perteneciente a la comunidad Millimbaya, Municipio de Tacacoma, en coordenadas (UTM) 538830.877 mE y 8273262.153 mS, 19S.

Para la toma de muestra, se adoptó el protocolo recomendado en el manual de tejido vegetal⁷, su elección se sustenta en que días previos al muestreo los cultivos fueron afectados por heladas durante su desarrollo en campo, por lo que se consideró importante el muestreo de plántulas completas para recuperar los meristemos no dañados en laboratorio.

El procedimiento consistió en el muestreo de plántulas completas con suelo del lugar, posteriormente, se las introdujo en bolsas de muestreo debidamente etiquetadas, para finalmente ser almacenadas en un contenedor para evitar cualquier daño mecánico durante su traslado al laboratorio.

Fase 0: Selección y desinfección del material vegetal. Seguido al muestreo, el material vegetal fue llevado al laboratorio 24 h después, para proseguir con la selección en base a las características de los explantes, eligiendo aquellas con buena condición sanitaria, para reducir el riesgo de contaminación por hongos y bacterias durante el establecimiento del cultivo in vitro⁸.

Seleccionados los segmentos, se procedió a la desinfección, se lavó los explantes con una gota de detergente y agua, seguido de una desinfección en alcohol al 70 % (v/v) durante 1 min, posteriormente se sumergió en una solución de hipoclorito de sodio al 3 % (v/v) por 10 min, finalmente enjuagados 3 veces en agua destilada al interior de la cámara de flujo laminar⁹.

Fase 1: Establecimiento. Los segmentos desinfectados de las 3 variedades, fueron cultivados al interior de la cámara de flujo laminar en 14 tubos de ensayo de 10 cm con medio de cultivo M&S, se preparó 500 mL de éste, empleando 2.165 g de Murashige and Skoog Basal Salts MSP01, sacarosa al 3% (p/v), 0.05 g de Myo-inositol¹⁰, 15 mL de pantotenato de calcio y 2 mL de vitaminas. El pH inicial 4.4 se ajustó a 5.7 con NaOH al 0.1 N¹¹ para culminar con su autoclavado a 121° C, con previa adición de 2.15 g de agar.

Los explantes cultivados fueron llevados a la cámara de crecimiento vegetal expuestas a una temperatura promedio de 21±1° C y luz artificial proporcionada por un foco LED de 20 W y flujo luminoso de 2000 lm, con fotoperiodo 16:8 h (luz/oscuridad), por 25 días.

Los parámetros evaluación fueron: longitud del tallo (LT), número de hojas (NH), ausencia o existencia de contaminación microbiana (C), a objeto de analizar el crecimiento de cada variedad y su adaptación al medio.

Fase 2: Multiplicación. Transcurridos 25 días del cultivo de segmentos establecidos, se seleccionó a aquellos cultivos axénicos que lograron adaptarse, con características fisiológicamente vigorosas, para su repique a partir de cortes transversales del tallo con yema axilar de 0.4 cm, sembrados en medio de cultivo MS1¹⁰ en cámara de flujo laminar y expuestas a mismas condiciones ambientales de 21±1° C, flujo luminoso de 2000 lm, y fotoperiodo 16:8 h por 30 días, para la obtención de material prenuclear ante el número reducido de vitroplantas adaptadas al medio en la fase establecimiento.

Habiendo obtenido un mayor número de material vegetal prenuclear, se prosiguió a identificar qué medio de cultivo es el óptimo para obtener un mayor rendimiento en crecimiento de 3 variedades. Se empleó el diseño experimental "factorial asimétrica", constituido de 2 factores, variedad (A) y medio de cultivo (B), el primero, constituido de 3 niveles (A₁= Pichuya, A₂= Llok'alla y A₃= Pato Kayo) y 2 niveles (B₁= MS1 y B₂= MS2) (Tabla 1), considerando 11 repeticiones por tratamiento estableciéndose 66 corridas experimentales.

Establecido el diseño, se preparó 1 L de medio de cultivo MS1 y MS2¹², autoclavados a 15 psi y 121° C¹³.

TABLA 1
Tratamientos evaluados en la fase multiplicación de meristemos de tres variedades de papa nativa

Tratamiento	Cloruro de Calcio (mg/L)	Sulfato de Magnesio (mg/L)	Sulfato de Manganeso (mg/L)
MS1	332.200	180.700	16.900
MS2	440.200	370.700	22.300

Seguidamente, se obtuvo nuevos explantes a partir de cortes transversales sucesivos de nudos provenientes de la siembra meristemática¹⁴, cada segmento tuvo una longitud inicial de 0.3 a 0.4 cm, fueron sembrados (al interior de la cámara de flujo laminar) en frascos con 30 mL de medio MS de acuerdo a las corridas experimentales establecidas. Los cultivos fueron expuestos por 29 días a mismas condiciones ambientales que en la fase de establecimiento, se evaluaron las variables: ausencia o existencia de C, LT, NH y número de entrenudos (NEN).

Durante 29 días, de manera periódica se realizó el levantamiento de datos de las variables de estudio, teniendo un total de 6 evaluaciones, siendo estos registrados en el Software Minitab 19 Trial para su posterior análisis estadístico y construcción de la curva de crecimiento por variedad.

RESULTADOS

Desarrollo de plántulas de papa nativa, fase establecimiento. Los resultados de LT, la variedad Pato Kayo presenta la mayor altura con 4.7 cm, en comparación a Pichuya y Llok'alla que alcanzaron a 2.2 y 2.6 cm respectivamente.

En cuanto al NH por vitroplanta, Pato Kayo desarrolló 9 hojas, Llok'alla 8 y Pichuya 5.

A fin de establecer el porcentaje de explantes por variedad que lograron adaptarse al medio de cultivo y condiciones controladas de luz y temperatura, a partir de la variable C, la sobrevivencia fue 60 % Pichuya y Llok'alla, 25 % para la variedad Pato Kayo.

El porcentaje de explantes contaminados por variedad, 25 % de explantes de la variedad Pato Kayo establecidos se contaminaron 20 % en Pichuya y 60 % en Llok'alla.

Algunos explantes de las variedades cultivadas, en los 25 días de evaluación, no incrementaron la LT, y presentaron tonalidades amarillentas a canela en su estructura, indicativos de presencia de oxidación. Registrándose porcentajes de oxidación, Pato Kayo 50 %, Pichuya y Llok'alla 20 y 40 % respectivamente.

Evaluación del desarrollo de plántulas, fase multiplicación. Se analizaron los datos recabados de las 66 corridas experimentales en los parámetros: LT, NH, NEN.

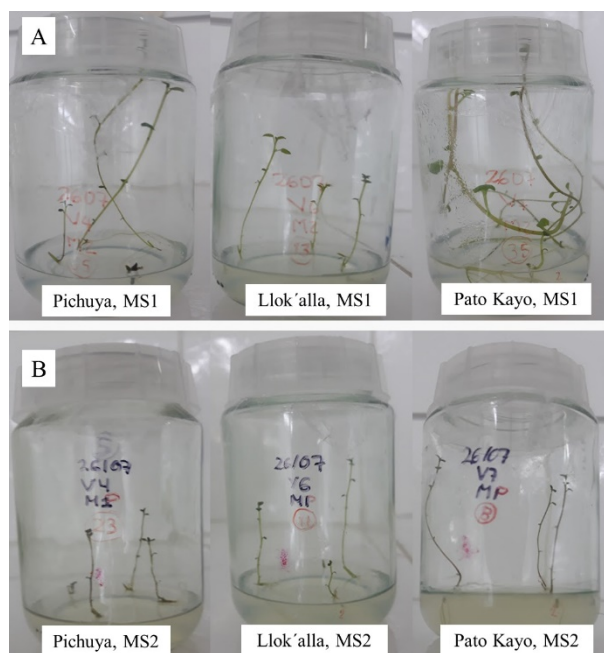


FIGURA 1

Variedades nativas de papa sometidas a tratamiento MS1 y MS2, día 29

Sin embargo, a su vez se construyó la curva de crecimiento de cada variedad cultivada in vitro, en base a la medición de la variable LT por variedad (Figuras 2, 3 y 4), la fase de adaptación tiene una duración de 14 días, para dar inicio a la fase exponencial, Pato Kayo obtuvo el crecimiento más acelerado, alcanzando para el día 29 una longitud promedio de 5.44 cm, en comparación a Pichuya y Llok'alla con una longitud promedio de 3.6 cm y 1.44 cm para el día 29 respectivamente.

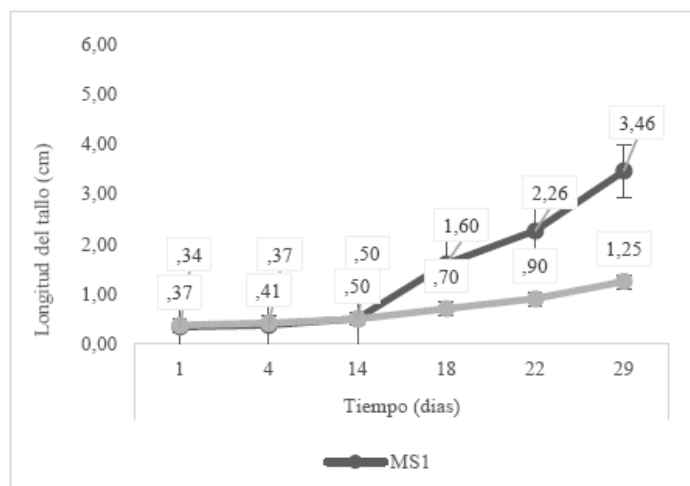


FIGURA 2

Curva de crecimiento variedad Pichuya

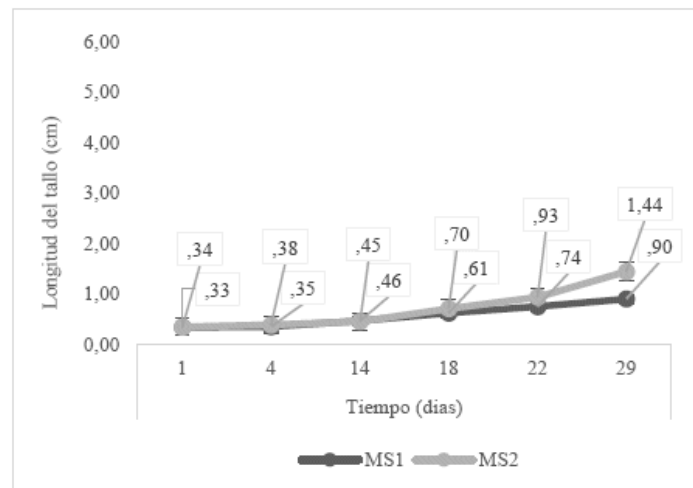


FIGURA 3
Curva de crecimiento Llok'alla

Para el día 29, se registró un porcentaje de 31.8 % de explantes contaminados de los cultivados.

Con empleo del Software Minitab 19 Trial se realizó el cálculo del análisis de varianza al 95 % de confiabilidad, para las 3 variables respuesta de estudio, considerando para cada resultado: i) Si el valor de probabilidad > al nivel de significancia (Valor p) $\neq 0.05$, no existe significancia. ii) Si el valor de probabilidad < al nivel de significancia $\neq 0.05$, existe significancia.

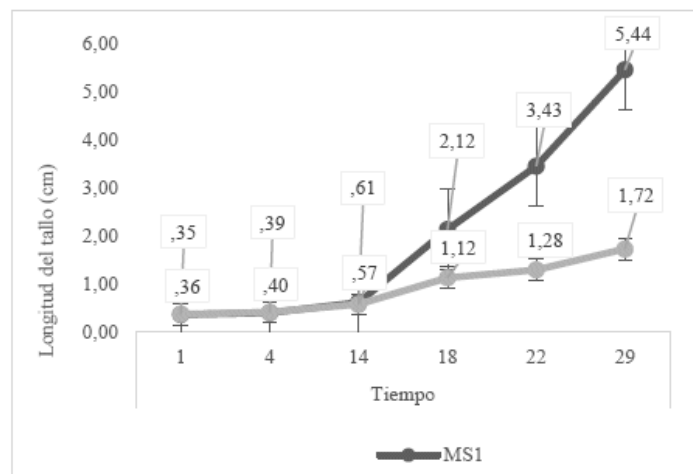


FIGURA 4
Curva de crecimiento Pato Kayo

Del análisis de varianza de LT, Tabla 2, se determina que los valores de la probabilidad (valor p) asociados al estadístico F, de los factores, son menores al nivel de significancia $\neq 0.05$, es decir, los factores considerados inciden significativamente en la longitud final alcanzada (Tabla 2), afirmando que, la media de los factores, son estadísticamente distintos, lo cual es comprobado con la prueba Tukey al no compartir letras (Tabla 3).

A partir del análisis de varianza del NH (Tabla 2), se establece, que los valores de la probabilidad de los factores de estudio, son mayores al nivel de significancia $\neq 0.05$, vale decir, que los factores considerados no incide significativamente en la variable respuesta, brote total de hojas, confirmando, que la media de los factores considerados son estadísticamente iguales, lo que se verifica con la comparación de parejas Tukey (Tabla 3).

Finalmente, del análisis de varianza del NEN (Tabla 2) se determina que los valores de la probabilidad del factor variedad, son menores $\alpha = 0.05$, evidenciando que los factores de estudio inciden significativamente en la cantidad final de entrenudos obtenidos, vale decir, que, la media de los factores, son estadísticamente distintos, que es comprobado con la prueba Tukey (Tabla 3).

TABLA 2
Análisis de varianza LT NH NEN

Longitud del tallo					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Medio de cultivo	1	53.28	53.28	15.68	.000
Variedades	2	63.97	31.984	9.42	.000
Error	60	203.82	3.397		
Total	65	372.5			
Número de Hojas					
Medio de cultivo	1	6.524	6.524	2.27	.137
Variedades	2	18.824	9.412	3.27	.045
Error	60	172.466	2.874		
Total	65	259.872			
Número de entrenudos					
Medio de cultivo	1	7.168	7.168	4.99	.029
Variedades	2	14.78	7.39	5.15	.009
Error	60	86.125	1.435		
Total	65	139.596			

TABLA 3
Comparaciones de parejas Tukey: LT, NH, NEN

Longitud del tallo				
Factor		N	Media	Agrupación
Medio de cultivo	MS1	33	3.264	A
	MS2	33	1.467	B
Variedades	Pato Kayo	22	3.578	A
	Pichuya	22	2.352	A
	Llok'alla	22	1.167	B
Número de hojas				
Medio de cultivo	MS1	33	2.96212	A
	MS2	33	2.33333	A
Variedades	Pato Kayo	22	3.28409	A
	Pichuya	22	2.68182	A
	Llok'alla	22	1.97727	A
Número de entrenudos				
Medio de cultivo	MS1	33	2.00758	A
	MS2	33	1.34848	A
Variedades	Pato Kayo	22	2.26136	A
	Pichuya	22	1.67045	A
	Llok'alla	22	1.10227	B

De los resultados obtenidos del análisis de varianza y las comparaciones de cada factor estudiado (prueba Tukey), se determinó los niveles que alcanzaron el mayor promedio en LT, NH y NEN en vitroplantas cultivadas.

Es a partir de estos resultados de efectos principales, que se determina, que la variedad Pato Kayo, cultivada en medio de cultivo MS1, fue la que presentó el mayor promedio en LT, NH y NEN, constituyéndose en la variedad mejor adaptada al medio de cultivo MS1, en la fase de multiplicación.

La Figura 5 de longitud promedio de la vitroplanta, indica, el efecto positivo del medio MS1 en variedades Pichuya y Pato Kayo, al alcanzar alturas de 3.12 y 5.08 cm respectivamente, a diferencia de la variedad Llok'alla que alcanzó una longitud promedio mayor al cultivarse en medio MS2.

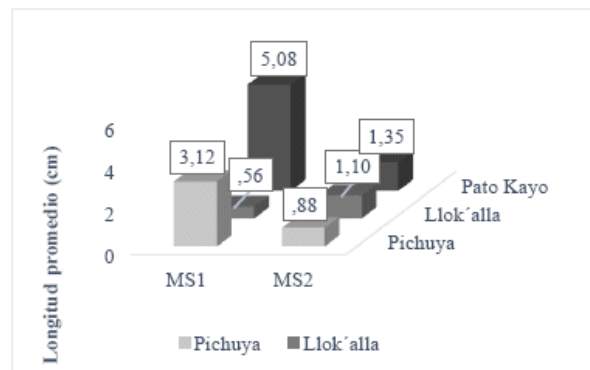


FIGURA 5
Efecto del medio MS1 y MS2 en la longitud de vitroplantas

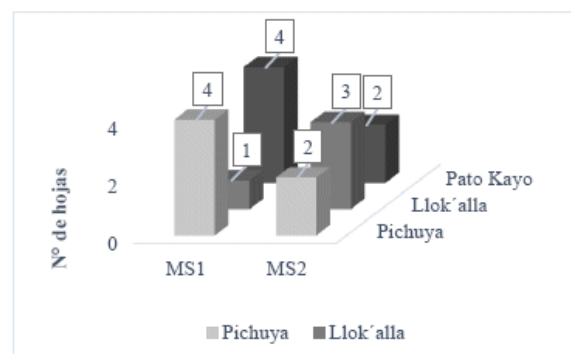


FIGURA 6
Efecto del medio MS1 y MS2 en el número de hojas

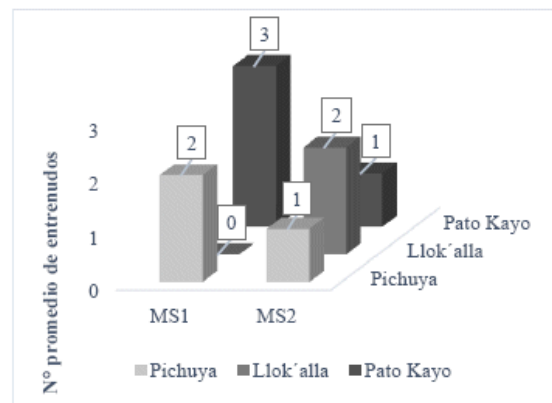


FIGURA 7
Efecto del medio MS1 y MS2 en el número de entrenudos

En cuanto al NH de cultivos sembrados en medios MS1 y MS2, la Figura 6 las variedades Pichuya y Pato Kayo cultivadas en medio MS1, desarrollaron un mayor NH (4) que las cultivadas en medio MS2. Por su parte, la variedad Llok'alla alcanzó una mayor NH desarrolladas al ser cultivadas en medio MS2 (3).

Respecto al NEN, Figura 7, se alcanzaron resultados favorables en cultivos de las variedades Pichuya y Pato Kayo sembrados en medio MS1, con un promedio de 2 y 3 entrenudos respectivamente, a diferencia de los cultivados en el medio MS2, sin embargo, para la variedad Llok'alla, el medio MS2 resultó el óptimo para desarrollar mayor NEN (2).

DISCUSIÓN

El análisis de los parámetros evaluados en la fase de establecimiento, permitió obtener resultados preliminares del comportamiento de las 3 variedades de papa nativa respecto a su adaptación a condiciones controladas de laboratorio, revelando que a pesar que las plantas madre para la obtención de meristemos han sufrido previamente condiciones de estrés por heladas durante su desarrollo en campo, y de contar con un número reducido de explantes con condición sanitaria se ha logrado recuperar vitroplantas vigorosas que han sobrevivido a su establecimiento en laboratorio.

Como se ha observado, en la fase establecimiento, se obtuvieron resultados variables en el porcentaje de sobrevivencia, contaminación y presencia de oxidación en función a la variedad cultivada. Las variedades que respondieron favorablemente al protocolo adoptado en la desinfección y condiciones de cultivo en su establecimiento: Pichuya y Llok'alla, al lograr obtener el 60 % de explantes sobrevivientes, presentando un porcentaje de contaminación del 20 y 0 %, y oxidación del 20 y 40 %, respectivamente. A comparación de la variedad Pato Kayo, que alcanzó un porcentaje de sobrevivencia del 25 %, contaminación del 25 % y oxidación del 50 %.

Los resultados variables en el porcentaje de contaminación obtenido por variedad, podría deberse al protocolo adoptado para la desinfección de explantes, Perea Dallos et al.¹⁵, mencionaron que es importante, que no todos los explantes requieren el mismo proceso de desinfección, ya que podría variar por la morfología y condiciones ambientales a las que estaban expuestos. Por tanto, probablemente, al ser variedades muestreadas de campo, Pato Kayo, pudo estar expuesto a mayores agentes patógenos, por lo cual requeriría otro protocolo de desinfección.

En cuanto al porcentaje de oxidación, podría deberse a la concentración de NaClO empleado, al no ser la ideal de acuerdo a las características del explante de cada variedad, o que el enjuague no ha sido suficiente para eliminar los restos de hipoclorito¹⁶.

Por otra parte, en la literatura científica no se han descrito investigaciones semejantes, que evalúen el empleo de un medio de cultivo MS¹⁶ en el cultivo in vitro de variedades nativas de papa, o antecedentes que evalúen la adaptación y crecimiento de las variedades Pichuya, Llok'alla y Pato Kayo al medio MS básico, mediante este estudio fue posible conocer su respuesta.

Respecto a los resultados obtenidos en la fase multiplicación, se ha logrado construir la curva de crecimiento de cada variedad evaluada, revelando, que en todos los casos, la fase adaptación tuvo una duración de 14 días, sin embargo, en la fase exponencial se observó variaciones en la respuesta, Pichuya y Pato Kayo presentaron una respuesta positiva al medio MS1 en comparación a los resultados obtenidos al ser cultivados en medio MS2, siendo Pato Kayo, la variedad que presentó mayor crecimiento exponencial. En contra posición, la variedad Llok'alla presentó un crecimiento exponencial mayor al ser cultivas en medio MS2.

El análisis de varianza, realizado con empleo del Software Minitab 19, permitió observar la significancia de los factores considerados en el estudio (medio de cultivo y variedad), los que inciden significativamente en la LT y NEN con un valor p menor a 0.05. Así mismo, el análisis de efectos principales, evidencia que la variedad Pato Kayo cultivada en medio MS1, presento mejor respuesta en LT, NH y NEN, siendo a su vez la mejor adaptada al medio MS1.

Así mismo, la variedad Pichuya alcanzo mayor LT, NH y NEN al cultivarse en medio MS1, en comparación a la variedad Llok'alla con una respuesta favorable al medio MS2.

Los resultados en función a cada variedad, podrían estar influenciados por la variación de concentración en CaCl₂, MgSO₄ y MnSO₄ en los medios MS1 y MS2 (Tabla 1), la preferencia de las variedades Pichuya y Pato Kayo al medio MS1 compuesto de 332.2 mg/L CaCl₂, 180.7 mg/L MgSO₄ y 16.9 mg/L MnSO₄, y de Llok'alla al medio MS2 con 440.2 mg CaCl₂, 370.7 mg/L MgSO₄ y 22.3 mg/L MnSO₄. Finalmente, el

medio de cultivo indicado para la propagación in vitro masiva de variedades nativas Pichuya y Pato Kayo indicado seria el medio MS1 y MS2 para Llok 'alla, constituyéndose una alternativa para su conservación.

LITERATURA CITADA

1. Cultivos ancestrales superan las 200 mil hectáreas cultivadas [Internet]. Instituto Nacional de Estadística. 2018 [citado 5 de septiembre de 2021]. Recuperado a partir de: <https://www.ine.gob.bo/index.php/cultivos-ancestrales-superan-las-200-mil-hectareas-cultivadas/>
2. Iriarte V, Condori B, Parapo D, Acuña D, Rojas W, Patsu Y, et al. Catalogo Etnobotánico de papas nativas del Altiplano Norte de La Paz-Bolivia [Internet]. La Paz: Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto; 2009 [citado 20 de octubre de 2021]. 146 p. Recuperado a partir de: <https://www.bivica.org/files/papas-nativas-catalogo.pdf>
3. Sembrando 1.555 variedades de papa para su conservación genética [Internet]. Cochabamba: Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal; 2011 [citado 22 de octubre de 2021]. 2 p. Recuperado a partir de: <https://www.bivica.org/files/sembrando-papa.pdf>
4. Ramos Yucra BC. Identificación de variedades perdidas de papa (*Solanum* sp.) y los factores que incidieron en su desaparición en tres comunidades del municipio de Batallas [tesis licenciatura]. [La Paz]: Universidad Mayor de San Andrés; 2016 [citado 26 de octubre de 2021]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10710>
5. Igarza Castro J, Agramonte D, Alvaro-Capo Y, de Feria M, Pugh T. Empleo de métodos biotecnológicos en la producción de semilla de papa. *Biotechnología Vegetal* 2012;12(1):3-24.
6. Aliaga García RC. Sustitución de la solución de vitaminas del medio Murashige y Skoog (1962) por extracto de harina de quinua y cañahua para la multiplicación "in vitro" de dos variedades de papa (*Solanum Tuberosum* spp. Andigenum) [tesis licenciatura]. [La Paz]: Universidad Mayor de San Andrés; 2008 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/4886>
7. Fertilab. Muestreo de tejido vegetal para la identificación de virus [Internet]. Guanajuato: Fertilab; 2018 [citado 22 de octubre de 2020]. 5 p. Recuperado a partir de: <https://www.fertilab.com.mx/new/files/fito/MUESTREO-PARA-ANALISIS-DE-VIRUS.pdf>
8. Levitus G, Echenique V, Rubinstein C, Hopp E, Mroginski, editores. *Biotechnología y Mejoramiento Vegetal II* [Internet]. Buenos Aires: Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología; 2010 [citado 22 de octubre de 2021]. 650 p. Recuperado a partir de: <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/BiotechnologiayMejoramientovegetalII.pdf>
9. Cárdenas Rubio AM, Espinoza Gavilán RG (dir). Guía práctica de cultivo in vitro de especies vegetales [tesis licenciatura]. [Guayaquil]: Universidad Politécnica Salesiana; 2014 [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9611>
10. Murashige y Skoog [Internet]. Caisson Labs. 2021 [cited March 5, 2020]. Retrieved from: <https://caissonlabs.com/product/murashige-skoog-2/>
11. Carrión Elguerra AJ. Producción de microtubérculos "in vitro" de papa (*Solanum Tuberosum* L.) en sistema de inmersión temporal y su rendimiento en invernadero [tesis licenciatura]. [Lima]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2017 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2985>
12. Murashige T, Skoog F. A revised medium of rapid growth and bio assays with tobacco tissue culture. *Physiol Plant* 1962;15(3):473-97. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
13. Araque Barrera EJ, Bohórquez Quintero M de los A, Pacheco Díaz JE, Correa Mora LY, Urquijo Ruiz JS, Castañeda Garzón SL, et al. Propagación y tuberización in vitro de dos variedades de papa. *Ciencia en Desarrollo* 2018;9(1):21-3. DOI: <https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n1.2018.7132>
14. García G, Cevallos A, Estrella D. Producción de Semilla de papa con alta calidad sanitaria a partir de cultivos de tejidos [Internet]. Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias; 1993 [citado 26 de octubre de 2020]. Boletín Técnico No: 73 Recuperado a partir de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/440>

15. Perea Dallos M, González T, Campos Mosos HA, Guillot Monroy G, Cogua Suárez JE. Cultivo de tejidos vegetales in vitro: manual de prácticas de laboratorio [Internet]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2009 [citado 22 de octubre de 2020]. 148 p. Recuperado a partir de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79882>
16. Copa Gutierrez L. Establecimiento y multiplicación de 10 variedades nativas de papa (*Solanum* spp) a partir de yemas brotadas en condiciones in vitro [tesis licenciatura]. [La Paz]: Universidad Mayor de San Andrés; 2021 [citado 26 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/25935>

NOTAS

Fuente de financiamiento: Gracias al apoyo logístico y financiero de la Fundación Proyectos Integrales Mancomunados "FUNDAPIM".

Conflictos de intereses: El presente trabajo no presenta conflictos de interés.

Agradecimientos: A la Directora Ejecutiva de la fundación FUNDAPIM, Ing. Elva Soledad Alejo Mamani. Al Laboratorio Biotecnología vegetal de la Unidad de Investigación Ciencia y Tecnología de la EMI.

Consideraciones éticas: La aprobación de la investigación por la Dirección de Investigación de la Escuela Militar de Ingeniería.

Limitaciones en la investigación: Los autores señalan que no hubo limitaciones en el presente trabajo de investigación.

Contribución de los autores: *Jheanete Pérez-Guzmán*, planeación del experimento, análisis estadístico, sistematización e interpretación de la información transcripción, sistematización, sintaxis y revisión del documento. *Melisa Lidia Aguilar-Tintaya*, toma de datos, análisis estadístico, sistematización e interpretación de la información. Revisión del documento.

ID del artículo: 116/JSAB/2022

Nota del Editor: *Journal of the Selva Andina Biosphere (JSAB)*. Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.

ENLACE ALTERNATIVO

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592023000100066&lng=es&nrm=iso (html)