

Comportamiento productivo y viabilidad económica de *Solanum tuberosum* var. Huayro proveniente de cultivo *in vitro* en dos sistemas de producción de semilla pre básica

Productive behavior and economic viability of *Solanum tuberosum* var. Huayro from *in vitro* culture in two pre-basic seed production systems

Narda Chappa¹ , Franz Coronel² , Segundo Chávez³ , Ligia García⁴  y Tony Chuquizuta^{5*} 

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum*) es el cuarto producto más consumido en el mundo. En países en vías de desarrollo, se viene trabajando en la adopción de tecnologías que incrementen la productividad y mejoren la rentabilidad de los pequeños productores; por lo que el acceso a semillas de alta calidad y de bajo costo, puede ser una adecuada alternativa. El objetivo fue comparar el comportamiento productivo y la viabilidad económica de dos sistemas de producción de semilla pre básica a partir de cultivo *in vitro* de *S. tuberosum* var. Huayro. Para ello, en condiciones de invernadero, se instalaron dos módulos experimentales, uno convencional y otro hidropónico, con densidades de 25 plantas/m². Se calculó el peso y cantidad de tuberculillos por planta, además de la rentabilidad de cada tecnología. Aunque bajo el sistema convencional se obtuvo tuberculillos con mayor peso promedio (26.17 g), el sistema aeropónico tuvo mayor rendimiento (300%) y mayor rentabilidad (291%). En conclusión, el sistema aeropónico es una tecnología adecuada de producción de semilla prebásica de papa Huayro Amazonense en condiciones del distrito de Luya Viejo, Amazonas.

Palabras clave: Aeroponía, papa, semilla, rentabilidad.

ABSTRACT

Potato (*Solanum tuberosum*) is the fourth most consumed product in the world. In developing countries, work is being done to adopt technologies that increase productivity and improve the profitability of small producers; therefore, access to high-quality, low-cost seed can be a suitable alternative. The objective was to compare the productive behaviour and economic viability of two pre-basic seed production systems based on *in vitro* culture of *S. tuberosum* var. For this purpose, two experimental modules were installed under greenhouse conditions, one conventional and the other hydroponic, with densities of 25 plants/m². The weight and quantity of tubers per plant were calculated, as well as the profitability of each technology. Although the conventional system yielded tubers with a higher average weight (26.17 g), the aeroponic system had a higher yield (300%) and higher profitability (291%). In conclusion, the aeroponic system is a suitable technology for the production of pre-basic seed of Huayro Amazonense potato under the conditions of the district of Luya Viejo, Amazonas.

Keywords: Aeroponics, potato, seed, profitability.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i3.215>

Recibido: 10/05/2021. Aceptado: 01/06/2021

* Autor para correspondencia

1. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. Email: nardachappa.18.94@gmail.com ; franz.coronel@untrm.edu.pe ; segundo.quintana@untrm.edu.pe ; ligia.garcia@untrm.edu.pe
2. Universidad Nacional Autónoma de Chota, Perú. Email: tchuquizuta@unach.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La papa es originaria de Perú, fue domesticada en las zonas alto andinas (Alfaro, 2006; Morales, 2007), hace 7000 años e introducida a Europa a fines del siglo XVI, años después del descubrimiento y conquista del Tahuantinsuyo (Alfaro, 2006).

China es el mayor productor mundial de papa, obteniendo un rendimiento medio de 14778 kg/ha debido al avance tecnológico (MINAGRI, 2014). Perú se ubica en el puesto 14 como productor mundial de papa y primero en América Latina con un promedio anual de 5,3 millones de toneladas. Sin embargo, el rendimiento de la producción de Perú se encuentra por debajo de la media mundial (7,31 t/ha), estos bajos rendimientos se deben a factores ambientales y genéticos que condicionan al cultivo (Rojas, 2018). La papa var. Huayro Amazonense, tiene alto potencial productivo, que puede llegar a 14,6 t/ha, (MINAGRI, 2014). Esta variedad aún puede mejorar su rendimiento, si se mejora el costo y la calidad de la semilla que condicionan la producción (Calle et al., 2013).

Para mejorar la producción de la semilla de papa, la tecnología emergente es la producción de tuberculillos (semilla vegetativa) que permiten optimizar insumos, estandarizar y garantizar mayor calidad de semillas (Jiménez, 2015). Además, esta tecnología, permite mantener las características genéticas, físicas, fisiológicas y mejoran las características sanitarias de la variedad, reducen la diseminación de plagas y enfermedades que afectan al cultivo.

El MINAGRI (Supremo N°010-2018-MINAGRI), describe las categorías de una semilla certificada, entre ellas la semilla “Pre Básica”, obtenida de semilla genética, pudiéndose multiplicar una o dos veces, sometida al proceso de certificación y que cumple con los requisitos establecidos para la categoría. Las siguientes categorías de certificación son básica certificado, registrada y autorizada. Para la obtención de cada una de las categorías de semilla (Básica, Registrada y Certificada) en Perú, se aceptan únicamente las variedades mejoradas y nativas, que se encuentren inscritas dentro del Registro de Cultivares del Ministerio de Agricultura, que reúnen las normas o estándares fijados para cada categoría, en el Reglamento General de semillas en vigencia (Cabrera, 2009)

Se viene empleando técnicas aeropónicas en la producción de tuberculillos considerada semilla prebásica (Cayambe, 2010). En esta tecnología, no necesita de sustrato sólido, es amigable con el medio ambiente y ofrece competitividad de mercado, creación de microempresa, incremento de producción y satisfacción de la demanda (Martínez, 2013).

En ese sentido, la producción de tuberculillos como semilla pre básica de papa, ha conllevado a realizar diferentes investigaciones, teniendo en cuenta el costo/ beneficio, micronutrientes y rendimiento, siendo la papa var. Huayro que presenta coto-beneficio de S/. 193.9/m² y venta por unidad de S/. 0.70.

En vista de la necesidad de desarrollar y/o adaptar tecnologías para el desarrollo y producción de semillas de calidad, semilla pre básica de papa, el objetivo de esta investigación fue comparar el comportamiento productivo y la viabilidad económica de dos sistemas de producción de semilla pre básica a partir de cultivo in vitro de *S. tuberosum* var. Huayro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

El material genético estuvo dado por plantines de *S. tuberosum* var. Huayro, obtenido mediante la técnica de cultivo in vitro, en el centro experimental INIA Cajamarca, ubicado en la ciudad de Cajamarca.

Desarrollo experimental

El desarrollo experimental se llevó a cabo, de agosto de 2019 a febrero de 2020, en el invernadero de la asociación “Los ambientalistas de Luya Viejo”, distrito de Luya Viejo, provincia Luya, región Amazonas. Localizado en latitud -6.137357 norte, y longitud -78.029315 oeste, a 3000 m.s.n.m de altitud. La obtención de semilla pre básica de papa bajo dos sistemas de producción se describe en la (Figura 1).

Acondicionamiento y aclimatación de plantines en invernadero

Se usó como sustrato arena de río, desinfectada con agua en ebullición durante 30 min. Luego en bandejas de plástico (45 cm x 34 cm x 20 cm), fue acondicionado el sustrato, para trasplantar los plantines in vitro de *S. tuberosum* var. Huayro, de cuatro semanas de edad, con densidad de plantas de 63 plantas/m², con distanciamiento entre plantas de 5 cm. En este ambiente los plantines estuvieron dos semanas para su aclimatación, para luego ser transferidos a los sistemas aeropónico y convencional.

Sistema convencional y aeropónico de producción de semilla pre básica

Los sistemas de producción fueron instalados en invernadero, bajo condiciones medias de temperatura y humedad relativa de 15 °C y de 18 a 20 %, respectivamente. La producción convencional, se realizó en camas con paredes madera de 1.2 m x 6 m x 0.3 m (ancho, largo y profundidad), con sustrato tierra agrícola (Tabla 1); la densidad de siembra fue de 20 cm x 20 cm entre plantas e hileras.

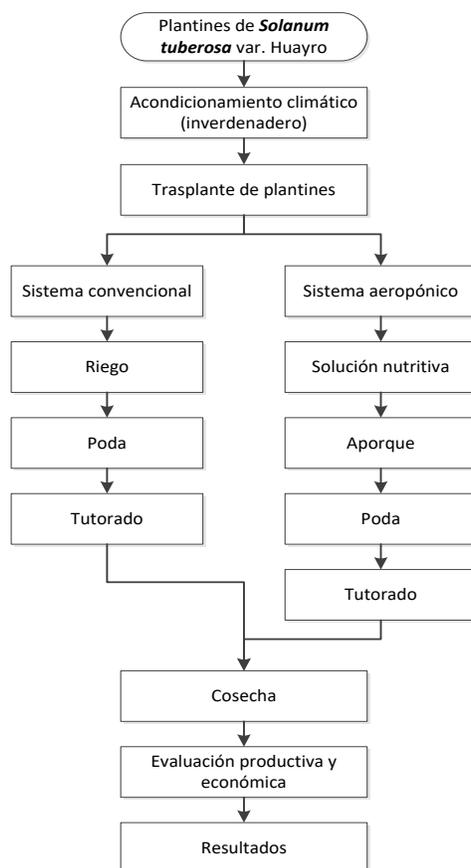


Figura 1. Diagrama de flujo para la evaluación del comportamiento productivo y económico, en la obtención de semilla pre básica de papa.

Tabla 1. Composición fisicoquímica de sustrato (% de macro nutrientes) para producción convencional de semilla pre básica de papa.

pH	P	PO ₄	K	NO ₃ N	NO ₃	Ca	SO ₄	M.O
6.7	1.9	7.3	30.4	7.0	30.9	21.3	0.1	1.1

La producción aeropónica se realizó en cajas de madera de 4.0 m x 1.2 m x 1.2 m (ancho, largo y profundidad), presentó cubierta exterior de poliestireno de alta densidad de color negro (2 mm), con 6 ventanas laterales de 20 cm x 40 cm, y en el interior como soporte o base de desarrollo de las plantas (a 20 cm de distancia entre orificios de 4 cm de diámetro) se utilizó poliestireno (20 cm de espesor) y nebulizadores para la fertilización, conforme la metodología de Magallán (2018).

La solución nutritiva que se utilizó para el sistema convencional fue biol (50%) y se aplicó a través de riego por aspersión, con una frecuencia de 30 días durante 30 min hasta capacidad de campo. En el sistema aeropónico, se utilizó un sistema automatizado para la nebulización de la solución con macro y

micro nutrientes (Tabla 2), y su aplicación fue a nivel de raíces con un periodo de tres minutos cada una hora en el primer mes y de cinco minutos cada dos horas a partir del segundo mes hasta la cosecha.

Tabla 2. Solución nutritiva para producción de semilla pre básica de papa.

Nutrientes	Concentración (meq / L)	g / L
Nitrato de K	5.40	0.54
Nitrato de NH ₄ (*) (primer y segundo mes)	4.40	0.35
Superfosfato triple de Ca	2.60	0.28
Sulfato de Mg	1.00	0.24
Fetrilon combi	12 ppm	0.012

(*) El nitrato de NH₄ se redujo al 50% a partir del segundo mes del trasplante conforme Otazú (2010).

Asimismo, se realizaron labores de poda y tutorado cuando se requería para ambos sistemas. Finalmente, se realizó una sola cosecha para el sistema convencional y cinco cosechas en el sistema aeropónico, a partir del quinto mes cada quince días.

Evaluación productiva

• Peso medio de tuberculillos

Cosechados los tuberculillos en ambos sistemas, se procedió a pesar en una balanza electrónica (PB002, JOAN) de 200 g. Los tuberculillos se dividieron en dos grupos de ≤ 5 g y > 5 g. Finalmente, se calculó el peso promedio mediante la relación del peso de tuberculillos / número de tuberculillos, conforme lo descrito por Çalışkan et al. (2020).

• Número promedio de tuberculillos

Se calculó dividiendo el número de tuberculillos por número de plantas (Çalışkan et al., 2020).

Análisis económico

El análisis económico de los sistemas aeropónico y convencional, se utilizó como base de costos generada por esta investigación en un ambiente determinado, partiendo de la simulación de la actividad productiva de semillas a escala comercial. Los indicadores que se determinaron fueron: Ingreso bruto > 5 g; ingreso bruto < 5 g; ingreso bruto total; costo total, beneficio neto, rentabilidad, relación beneficio / costo, véase la ecuación (1) a la ecuación (5). (Mateus-Rodríguez et al., 2013; Medina-Quispe, 2014; García et al., 2017).

$$\text{Ingreso bruto} = \text{número de tubérculos} * \text{precio de venta} \quad (1)$$

$$\text{Costo total} = \text{costo fijo} + \text{costo variable} \quad (2)$$

$$\text{Beneficio neto} = \text{Ingreso bruto} - \text{Costo total} \quad (3)$$

$$\text{Rentabilidad} = \text{Beneficio neto} / \text{Costo total} * 100 \quad (4)$$

$$\text{Relación Beneficio Costo} = \text{Beneficio neto} / \text{Costo total} \quad (5)$$

Análisis estadístico

El tratamiento de datos se basó en el análisis de muestras independientes para dos grupos de igual número de observaciones, con 50 unidades experimentales por tratamiento o grupo. La significancia estadística se realizó mediante t-Student ($\alpha=0,05$) en el Microsoft Excel v.2016.

RESULTADOS

Peso medio de tuberculillos

En la Tabla 3, se observa la existencia de diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre el sistema convencional y el aeropónico, para los grupos de peso promedio ≤ 5 y > 5 g, es decir existencia de tratamientos diferentes por cada grupo.

Tabla 3. Prueba de comparación t-Student para el peso de tuberculillo para los grupos ≤ 5 g y > 5 g

	Número de tuberculillos < 5 g		Número de tuberculillos > 5 g	
	T1	T2	T1	T2
Media	3.047	2.444	12.307	26.166
desviación estándar	0.474	1.366	2.148	8.017
Varianza	0.225	1.867	4.612	64.273
Observaciones	50	50	50	50
Varianza agrupada	1.046		34.442	
Diferencia hipotética de las medias		0		0
Grados de libertad	98.000		98.000	
Estadístico t	2.951		-11.807	
P(T<=t) una cola	0.002		0.000	
Valor crítico de t (una cola)	1.661		1.661	
P(T<=t) dos colas o p-valor	0.004	**	0.000	**
Valor crítico de t (dos colas)	1.984		1.984	
Límite de confianza al 95 %	0.135	0.388	0.610	2.278

T1: Sistema aeropónico; T2: Sistema convencional

El sistema aeropónico tuvo una producción mayor de peso promedio que el convencional en el grupo ≤ 5 g en 20% (Figura 2.a), sin embargo, en el grupo de > 5 g, el sistema convencional presentó mayor peso promedio en 53 % (Figura 2.b), permitiendo observar el grado de desarrollo de los tubérculos en ambos

sistemas de producción de semilla pre básica y/o almacenamiento de energía basada en desarrollo de carbohidratos como es el caso del almidón.

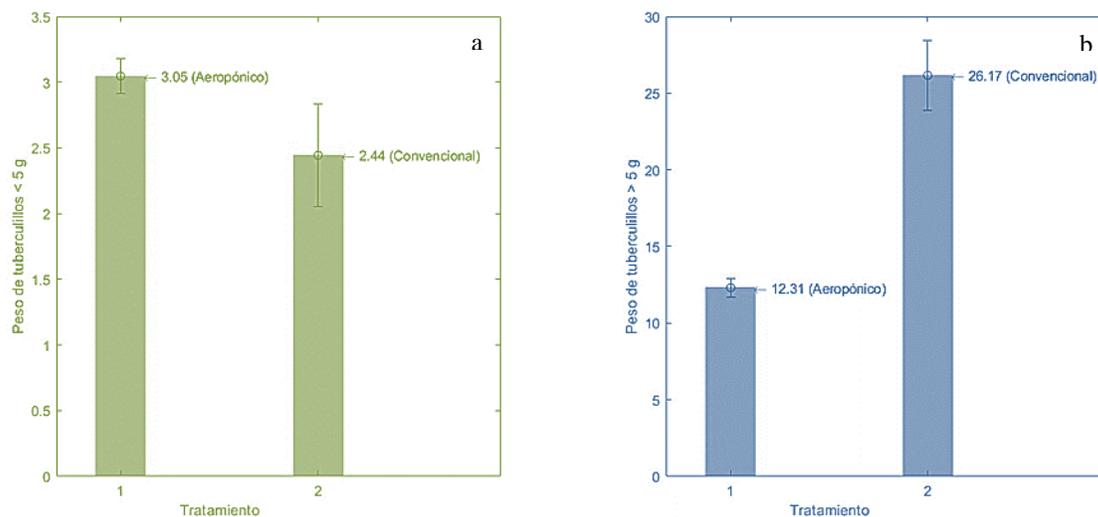


Figura 2. Intervalos medios de t – Student para el peso de tuberculillo para los grupos ≤ 5 g (a) y >5 g (b).

Número de tuberculillos

Se evidenció diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre el sistema aeropónico y convencional para los grupos ≤ 5 g y >5 g, es decir existencia de tratamientos diferentes por cada grupo, tal como se aprecia en la Tabla 4.

Tabla 4. Prueba de t–Student para el número de tuberculillo por planta para los grupos ≤ 5 y >5 g.

	Número de tuberculillos < 5 g		Número de tuberculillos > 5 g	
	T1	T2	T1	T2
Media	7.340	1.920	17.980	6.420
desviación estándar	2.387	1.383	3.341	1.715
Varianza	5.698	1.912	11.163	2.942
Observaciones	50	50	50	50
Varianza agrupada	3.805		7.053	
Diferencia hipotética de las medias		0		0
Grados de libertad	98.000		98.000	
Estadístico t	13.893		21.765	
P(T<=t) una cola	0.000		0.000	
Valor crítico de t (una cola)	1.661		1.661	
P(T<=t) dos colas o p-valor	0.000	**	0.000	**
Valor crítico de t (dos colas)	1.984		1.984	
Límite de confianza al 95 %	0.678	0.394	0.950	0.488

T1: Sistema aeropónico; T2: Sistema convencional

Se encontró que el número de tubérculos por planta es de 3.8 (Figura 3.a) y 2.8 (Figura 3.a) veces mayor en el sistema aeropónico que en el sistema convencional para los grupos <5 g y >5 g respectivamente. Este indicador permite observar que sistema es más rentable a la hora de producir semilla pre básica, ocupando una menor área de producción.

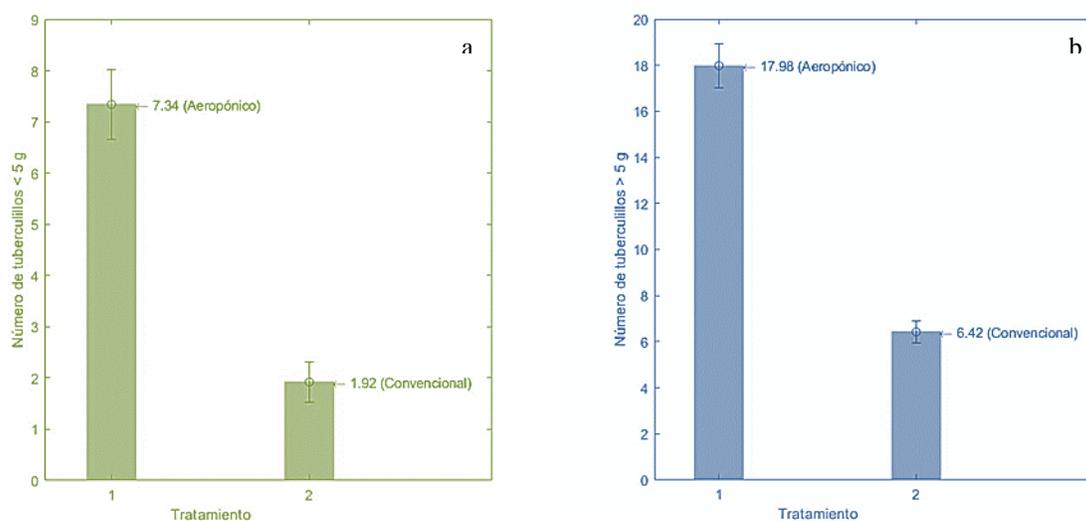


Figura 3. Intervalos medios de t – Student para el número de tuberculillo por planta para los grupos ≤ 5 g (a) y > 5 g (b).

Análisis económico

En la Tabla 5, se observa que la producción de semilla pre básica de *S. tuberosum* var. Huayro, fue 2.5 veces aproximadamente más rentable para el sistema aeropónico que el sistema convencional. Del mismo modo, por cada sol invertido se logra ganar S/ 2.91 y 1.18 para el sistema aeropónico y convencional respectivamente.

Tabla 5. Evaluación económica de los sistemas de producción de semilla pre básica de *S. tuberosum* var. Huayro.

Descripción	Tratamiento: sistema de producción de semilla pre básica de papa	
	Sistema aeropónico	Sistema convencional
Nº de tubérculos > a 5 g	899.00	321.00
Nº de tubérculos < a 5 g	367.00	96.00
PVP de tubérculos > a 5 g (S/.)	1.50	1.00
PVP de tubérculos < a 5 g (S/.)	1.00	0.50
Ingreso bruto > a 5 g (S/.)	1348.50	321.00

Ingreso bruto a < 5 g (S/.)	367.00	48.00
Ingreso bruto total (S/.)	1715.50	369.00
Costo Total (S/.)	438.53	169.12
Beneficio Neto (S/.)	1276.97	199.88
Rentabilidad (%)	291.00 %	118.00 %
RBC	2.91	1.18

PVP: Precio de venta al público; RBC: ratio beneficio costo.

DISCUSIÓN

Los tuberculillos obtenidos por el sistema convencional obtuvieron mayor peso promedio a comparación del sistema aeropónico (26 frente a 12 g), coincidiendo con lo reportado por Nuñez (2014), quien para sistema aeropónico obtuvo rendimientos entre 16 y 17.5 g; debido a que permanecen más tiempo en el desarrollo fisiológico de tuberización. Asimismo, conforme se esperaba y teniendo en cuenta lo reportado por estudios precedentes (Çalışkan et al., 2020; Huera, 2017), el sistema aeropónico obtuvo mayor número de tuberculillos (3.05 veces más que el sistema convencional). Al respecto, García-Segura et al. (2021) observaron que mediante un sistema aeropónico se puede obtener hasta 4.4 veces más de minituberculillos que los obtenidos en sustrato sólido (suelo); los cual ha sido asociado a la generación de un elevado número de estolones.

Además, el mayor rendimiento en la producción de tuberculillos del sistema aeropónico frente al convencional, podría deberse a que el primero permite hacer uso más eficiente de los nutrientes suministrados a la planta (Tiwari et al., 2020). Ritter et al. (2001) encontraron que con sistema aeropónico se obtiene mayor cantidad de tuberculillos por planta, pero con menor peso promedio. La cantidad de mini tuberculillos por planta (>1000) fue mayor a lo reportado por Silva et al. (2020) que obtuvo hasta 491 tuberculillos por planta, sin embargo, debe tenerse en cuenta la variedad de papa estudiada, puesto ha sido demostrada sus diferencias en sistemas aeropónicos (Medina et al., 2017).

Tal como se puede observar en la Tabla 4, la producción de semilla de *S. tuberosum* var. Huayro por aeroponía, resulta mucho más rentable que la técnica convencional (291 a 118 %) en las condiciones productivas del lugar de estudio. Esta tecnología ofrece mayor rentabilidad debido a que permite obtener altas tasas de multiplicación, alta eficiencia de producción por área, ahorro de agua, productos químicos

y/o energía (Mateus-Rodríguez et al., 2013), sin embargo, requiere de evaluaciones rigurosas y procesos de validación prolongados (Cayambe et al., 2011; Buckseth et al., 2016) si se quisiera implementar la tecnología en las condiciones productivas de la zona de estudio con la finalidad de incrementar el rendimiento y calidad de la semilla; como ya ha sido demostrado (García et al., 2017), los sistemas convencionales tienen menor costo de instalación, pero debido a su bajo rendimiento, resultan menos rentables que los sistemas aeropónicos.

La densidad por otro lado influye en el rendimiento en número y masa de tuberculillos obtenidos por planta, obteniendo rendimientos elevados (cerca de 1000 tuberculillos por planta), lo que podría incrementarse aún mayor si se implementan sistemas más automatizados de aeroponía que permiten trabajar hasta 60 plantas/m² (Khutinaev et al., 2021). Además, para una mejor aproximación a la rentabilidad real, debe realizarse trabajos a escala productiva en campo (Insuasty-Córdoba, 2020).

CONCLUSIONES

Aunque con el sistema convencional se obtienen tuberculillos con mayor peso, el sistema aeropónico permite obtener mayores rendimientos de semilla prebásica de *S. tuberosum* var. Huayro.

El mejor sistema para la producción de semilla pre básica de *S. tuberosum* var. Huayro Amazonense, bajo condiciones del distrito de Luya Viejo, Amazonas, es el sistema aeropónico, debido a que ofrece mayor rentabilidad.

AGRADECIMIENTOS

A la asociación “Los ambientalistas de Luya Viejo” productores de semilla prebásica de papa, por brindar su instalación para la realización de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraria, D. d. (agosto de 2014). Papa INIA 323 - Huayro Amazonense. (E. E. Cajamarca, Ed.) Obtenido de <http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/710/1/Trip-Papa-INIA323.pdf>
- Alfaro, R. C. (2006). Sobre el origen, evolución y diversidad genética de la papa cultivada y la silvestre. *Ciencia & Desarrollo*, (10), 111-120.

- Buckseth, T., Sharma, A. K., Pandey, K. K., Singh, B. P., & Muthuraj, R. (2016). Methods of pre-basic seed potato production with special reference to aeroponics—A review. *Scientia horticulturae*, 204, 79-87.
- Cabrera, H. A. (2009). Manual técnico de producción de semilla básica de papa.
- Çalışkan, M.E., Yavuz, C., Yağız, A.K. et al. (2020). Comparison of aeroponics and conventional potato mini tuber production systems at different plant densities. *Potato Res.* <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09463-z>
- Calle, M., L, L. V., & Maoldonado, E. (2013). Producción de semilla prebásica de papa. *Revista Científica de Investigación Info-Iniaf*, 1(1), 62–65.
- Cayambe, J. M., Montesdeoca, F., & Andrade-Piedra, J. (2011). Producción de semilla prebásica de papa en el sistema aeropónico en Ecuador: Evaluación de soluciones nutritivas.
- FAO. (2014). Ganado procesado. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QP>
- García, L., Chuquillnaqui, C., Veneros, J., & García, S. (2017). Evaluación técnica y económica para dos métodos de producción de semilla pre básica de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo invernadero. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 4(3), 36-45.
- García-Segura, D. R., Valdez-Aguilar, L. A., Ramírez-Rodríguez, H., Zermeño-González, A., & Cadena-Zapata, M. (2021). Producción de mini tubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco. *Revista Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.902>
- Huera, B. G. (2017). Estudio económico de la producción de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum* l.) mediante el sistema aeropónico en la granja experimental Yuyucocha, en la parroquia Caranqui, cantón Ibarra. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6069>
- Insuasty-Córdoba, S. C., Ramos-Zambrano, H. S., Marcillo-Paguay, C. A., López-Peñañiel, H. V., Mateus-Rodríguez, J. F., & Martínez-Pachón, E. (2020). Diagnóstico financiero y biofísico para la producción de semilla de papa. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 628-640.
- International Potato Center. (s.f.). Obtenido de centro internacional de la papa: <https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures/>
- Jiménez, J. (2015). Invernadero automatizado para producción de semilla de papa bajo tres sistemas: Aeroponía, hidroponía y plantas madres-esquejes. https://cipotato.org/wp-content/uploads/2016/04/t_semilla_j_jimenez.pdf

-
- Khutinaev, O. K., Dzhioeva, C. G., Basiev, S. S., Kozayeva, D. P., & Pliev, I. G. (2021). Innovative technology for growing potato minitubers on aeroponic devices. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 624(1), 012054).
- Magallán, L. (2018). Evaluación del rendimiento de semilla pre básica de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en el sistema aerónico, distrito de Luya Viejo-Región Amazonas.
- Martínez, P. A. (2013). Aeroponía como método de cultivo sostenible, rentable e incluyente en Bogotá DC.<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/780/00000864.pdf?sequence=1>
- Mateus-Rodriguez, J.R., de Haan, S., Andrade-Piedra, J.L. et al. (2013). Technical and Economic Analysis of Aeroponics and other Systems for Potato Mini-Tuber Production in Latin America. *Am. J. Potato Res.*, 90, 357–368. <https://doi.org/10.1007/s12230-013-9312-5>
- Medina-Quispe, S. (2014). Evaluación de rendimiento de 10 variedades de papas nativas en la producción de mini-tubérculos bajo el sistema aerónico. <http://200.48.82.27/handle/UNSAAC/990>
- Medina, S., Quispe, S., Veneros, J., Chuquillanqui, C., & Bolaños, C. A. (2017). Factores asociados al crecimiento y producción de semilla pre-básica en diez variedades de papa nativas bajo el sistema aerónico en Kishuara-Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 21(2), 3.
- Morales, F. J. (2007). Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la papa*, 14(1), 1–9.
- Noticias, A. A. (2020). Agraria.pe. Obtenido de <https://agraria.pe/noticias/minagri-peru-se-mantiene-como-primer-productor-de-papa-en-am-21589>
- Núñez, F. (2014). Evaluación de tres sistemas de producción de semilla prebásica en cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosa* S.) Inia-Huancayo. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/199>
- Otazú, V. (2010). Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía. Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Reina de la Selva. (2017). GOREA impulsa producción de papa por Aeroponía. Obtenido de <https://www.reinadelaselva.pe/noticias/134/gorea-impulsa-produccion-de-papa-por-aeropona>
- Ritter, E., Angulo, B., Riga, P., Herran, C., Relloso, J., & San Jose, M. (2001). Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Potato Research*, 44(2), 127-135.
- Rojas, I. C. (2018). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de papa. (M. d. MINAGRI, Ed.)

- Silva, J. B., Fontes, P. C. R., Cecon, P. R., Ferreira, J. F., McGiffen, M. E., & Montgomery, J. F. (2020). Yield of Potato Minitubers under Aeroponics, Optimized for Nozzle Type and Spray Direction. *Hort Science*, 55(1), 14-22.
- Tiwari, J. K., Sapna, D. E. V. I., Buckseth, T., Nilofer, A. L. I., Singh, R. K., Zinta, R., & Chakrabarti, S. K. (2020). Precision phenotyping of contrasting potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties in a novel aeroponics system for improving nitrogen use efficiency: In search of key traits and genes. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(1), 51-61.