

# Producción de semilla élite de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Diacol Capiro en sistema aeropónico

## Production of potato (*Solanum tuberosum* L.) elite seed of the Diacol Capiro variety in an aeroponic system

Natalia Andrea Betancur Betancur <sup>1,2</sup>, Daniela Tabares Giraldo <sup>1,3</sup>, Nelson de Jesús Montoya Pérez <sup>1,4</sup>, Jorge Mario Garzón González <sup>1,5</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia. <sup>2</sup> ✉ [natalia.betancur5833@uco.net.co](mailto:natalia.betancur5833@uco.net.co); <sup>3</sup> ✉ [daniela.tabares2872@uco.net.co](mailto:daniela.tabares2872@uco.net.co); <sup>4</sup> ✉ [nmontoya@uco.edu.co](mailto:nmontoya@uco.edu.co); <sup>5</sup> ✉ [jgarzon@uco.edu.co](mailto:jgarzon@uco.edu.co)



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n3.106382>

2023 | 72-3 p 252-257 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2022-12-16 Acep.: 2024-03-14

### Resumen

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una de las especies vegetales con mejor respuesta al cultivo de tejidos *in vitro*; esta metodología se utiliza como estrategia para apoyar los procesos de producción de semilla de papa, lo que contribuye a una rápida propagación de variedades, alta estabilidad genética y calidad fitosanitaria. La principal problemática del sector papicultor está relacionada con el uso de semilla de baja calidad, la cual aumenta los problemas fitosanitarios, incrementa costos de producción y disminuye el rendimiento y la producción en los cultivos. El objetivo de esta investigación fue producir semilla élite de papa de la variedad Diacol Capiro, en sistema aeropónico. El material vegetal empleado fueron plántulas *in vitro*, las cuales se sometieron a proceso de aclimatización bajo condiciones controladas de invernadero, cubierto con casa malla. La siembra de las plántulas se hizo en vasos plásticos de 100 g, los cuales se llenaron con un sustrato compuesto por una mezcla de turba canadiense y fibra de coco; las plantas se dejaron en producción de minitubérculos en este sistema, después se cosecharon los minitubérculos, se tallaron y, posteriormente, se sembraron en sistema aeropónico. Una vez sembradas las plantas en este sistema se evaluaron dos tratamientos: el primero (S1) usó dos soluciones nutritivas con nutrientes mayores y menores en dos concentraciones diferentes; para el segundo tratamiento (S2) se usaron tres tamaños de los minitubérculos tallados y sembrados en el sistema aeropónico. Los resultados arrojaron, para el caso de las dos soluciones nutritivas, que el mejor tratamiento fue la solución (S1), ya que presentó el mayor peso de tubérculos por planta (356.6 g), frente a la solución (S2) con 56.19 g, una diferencia de 300 g/planta. Con relación al número de tubérculos por planta, la solución S1 presentó el mayor número, con 30.5 tubérculos, mientras que la solución S2 arrojó 10.4 tubérculos; una diferencia de 20.1 tubérculos/planta. Con relación al tratamiento del tamaño de los tubérculos semilla sembrado en el sistema aeropónico, la semilla de 3 gramos logró el mejor rendimiento con un total de 1338 tubérculos; la semilla entre 1-3 gramos, 885 tubérculos; y la pequeña de <1 gramo, 643 tubérculos.

**Palabras clave:** biotecnología, cultivo de tejidos, papa, sistema aeropónico, solución nutritiva.

### Abstract

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the plant species with the best response to *in vitro* tissue culture. This methodology supports potato seed production processes, thereby contributing to a rapid spread of varieties, high genetic stability, and phytosanitary quality. The main problem in the potato sector is related to the use of low-quality seed that leads to seed degeneration, increases phytosanitary problems and costs, and decreases yield and production in crops. The objective of this research was to produce elite potato seeds of the Diacol Capiro variety in an aeroponic system. The plant material used was *in vitro* seedlings, which underwent an acclimatization process under controlled greenhouse conditions, covered with a mesh house. The seedlings were planted in 100 g plastic cups, which were filled with a substrate composed of a mixture of Canadian peat and coconut fibre. The plants were then left to produce mini tubers in this system, which were subsequently harvested, carved, and planted in an aeroponic system. Once the plants were planted in this system, two treatments were evaluated, the first (S1) consisting of two nutrient solutions with major and minor nutrients in two different concentrations, and the second (S2), consisting of three sizes of the mini tubers carved and planted in the aeroponic system. The results showed that the best treatment was solution S1, since it had the highest weight of tubers per plant, 356.6 g, compared to solution S2 with 56.19 g, a difference of 300 g/plant. In relation to the number of tubers per plant, S1 presented the highest number, 30.5 tubers, while S2 showed 10.4 tubers, a difference of 20.1 tubers/plant. With the treatment of seed tuber sizes sown in the aeroponic system, the 3 g seeds gave the best yield, a total of 1338, whereas the seeds between 1-3 g 885 tubers and the small seeds (< 1), 643 tubers.

**Key words:** aeroponic system, biotechnology, nutrient solution, potato, tissue culture.

## Introducción

La papa, debido a su adaptabilidad, su capacidad de rendimiento y su contribución nutricional, tiene una larga historia de ayudar a aliviar la inseguridad alimentaria (Devaux *et al.*, 2021). En Colombia, la papa es uno de los principales cultivos agrícolas, siendo el segundo cultivo de mayor importancia a nivel nacional; en el año 2020, el rendimiento de papa fue de 20.93 toneladas por hectárea y el área sembrada en ese mismo año fue de 125 426 hectáreas (Fondo Nacional de Fomento de la Papa [FAFP] y Federación Colombiana de productores de papa [Fedepapa], 2020). Por su parte, el consumo de papa en Colombia ha venido creciendo en los últimos años, pero aún tiene potencial para ser más competitivo y rentable (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

Con relación a los costos en la producción, la papa es uno de los productos agrícolas que demanda mayor cantidad de plaguicidas y fertilizantes (Wilches, 2019); dichos costos pueden disminuirse con el uso de semilla genéticamente mejorada y con el empleo de la aeroponía, al no requerir productos químicos en la misma cantidad que el sistema tradicional de producción.

La aeroponía es un método de cultivo en el que la planta crece suspendida sobre un recipiente, mientras se aplica una neblina de nutrientes a las raíces (Khan *et al.*, 2020). Este método de cultivo no requiere sustrato alguno, ya que las raíces de las plantas se encuentran suspendidas en el aire y crecen dentro de túneles vacíos y oscuros (Lakhiar *et al.*, 2018). Así mismo, en el ámbito internacional se menciona que los sistemas de cultivo sin suelo (aeroponía e hidroponía) son una alternativa a los cultivos tradicionales, ya que son más sostenibles, tienen más ciclos de producción al año y se aumenta el número de semillas producidas por m<sup>2</sup> (Tunio *et al.*, 2020). Cuando se busca calidad en la semilla de papa, indiscutiblemente hay que apoyarse en la biotecnología para obtener semillas mejoradas, mediante la implementación de técnicas especializadas como: cultivo de meristemas, multiplicación de plántulas *in vitro* y producción de tubérculos prebásicos bajo condiciones ambientales adecuadas (Naik y Buckseth, 2018).

La semilla es un factor fundamental en la producción del cultivo de papa, por lo que es necesario y posible mejorar su rendimiento con la implementación de algunos elementos tales como la fertilización (Xing *et al.*, 2022), el manejo agronómico en campo, la disponibilidad de agua y el control fitosanitario; sin embargo, si la semilla es de mala calidad, los rendimientos serán menores y la producción no será óptima ni eficiente. Por esta razón, se han desarrollado técnicas para mejorar su calidad, implementando métodos específicos para la obtención de semilla certificada, con el fin de que los rendimientos y la productividad incrementen en gran medida (Forbes *et al.*, 2020). Uno de estos métodos es

la aeroponía, técnica que permite producir la semilla en zonas donde no es apto debido al contenido en el suelo de patógenos de la papa, además de que la producción es mayor y los microtubérculos son más uniformes en peso y tamaño (García-Segura *et al.*, 2021).

Además, la obtención de altos rendimientos en el cultivo de la papa depende del potencial productivo de las variedades cultivadas y el tratamiento o manejo adecuado de las mismas; en este punto radica la importancia de establecer una producción de semilla de papa más eficiente mediante la elaboración de microtubérculos *in vitro*, garantizando que su producción esté libre de virus y otras enfermedades que puedan estar presentes en órganos de importancia (Araque *et al.*, 2018).

Cabe resaltar que una de las principales problemáticas del sector papicultor es la falta de alternativas para la producción de semilla certificada, sus altos costos y limitado acceso, lo que repercute negativamente en su uso por parte de los cultivadores que, por el contrario, acuden a utilizar la semilla que producen en sus propias fincas. De acuerdo con Montoya *et al.* (2010), al utilizar semilla certificada y con las prácticas adecuadas se incrementa en un 25 % la productividad de los cultivos, aun así, solo el 10 % de los productores hace uso de semilla certificada, lo que se traduce en un menor rendimiento.

La obtención de semilla certificada en el país está reglamentada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), mediante la resolución 2501 del 10 de septiembre de 2003 (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2003), la cual en su artículo 1° establece los requisitos específicos mínimos para la producción de semilla certificada de papa para siembra (*Solanum tuberosum* ssp. andígena, *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* y *Solanum phureja*), y en el artículo 3° aclara que en el proceso de producción de semilla certificada de papa se admiten las siguientes categorías:

- Categoría súper élite: generación 1 y 2, minitubérculos y/o esquejes obtenidos de plantas que se han originado por propagación *in vitro*.
- Categoría élite: generación 1 y 2, tubérculos obtenidos en invernadero y casa malla por multiplicación de esquejes o minitubérculos súper élite.
- Categoría básica: generación 1 y 2, resultado de la multiplicación de semilla élite.
- Categoría registrada: generación 1 y 2, descendencia de la semilla básica.
- Categoría certificada: generación 1 y 2, descendencia de la semilla básica o registrada.

En esta investigación se evaluó la respuesta a la producción de semilla élite de papa variedad Diacol Capiro, bajo un sistema aeropónico, y se comparó la eficiencia de dos concentraciones de soluciones nutritivas y tres tamaños o categorías de la semilla súper élite para obtener la semilla élite.

## Materiales y métodos

### Localización

El estudio se desarrolló en el invernadero de investigación de la Unidad de Biotecnología Vegetal de la Universidad Católica de Oriente (UCO), en el municipio de Rionegro, Antioquia, Colombia, a 6°09'02"N 75°21'59"O. Cuenta con una altura sobre el nivel del mar de 2130 m, con una temperatura promedio de 18 °C, una humedad relativa de 78 % y su zona de vida es bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB); estos datos fueron obtenidos mediante la clasificación de Holdridge.

### Material vegetal

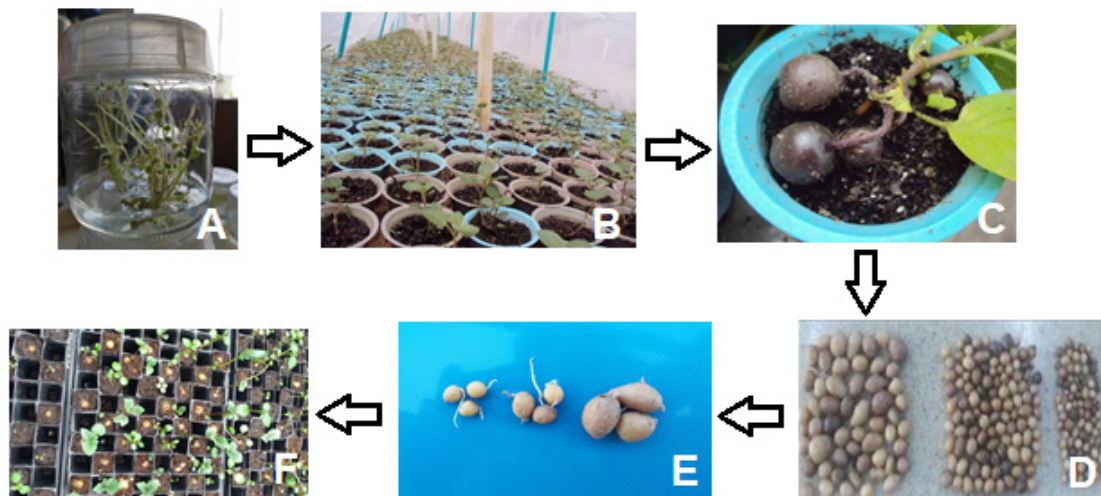
El proceso se inició con plántulas *in vitro* de papa variedad Diacol Capiro, obtenidas mediante cultivo de meristemos en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Universidad Católica de Oriente. Estas fueron endurecidas bajo condiciones controladas de luz, temperatura y humedad relativa de invernadero, en sistema cerrado de casa malla durante 60 días, esto se realizó con el fin de evitar que las plántulas fueran afectadas con los diferentes factores externos, en su proceso de aclimatización. Las plántulas fueron sembradas en vasos plásticos con capacidad de 100 g utilizando como sustrato una mezcla de turba canadiense y fibra de coco en proporción

70:30, respectivamente. Después de 60 días, se cosecharon los minitubérculos que produjeron las plántulas bajo este sistema, se clasificaron en tres tamaños, se dejaron tallando (rebrotando) durante 60 días, tiempo en el cual formaron los rebrotes para el paso siguiente, el cual consistió en la siembra en bandejas semilleras de 128 alvéolos con el sustrato mencionado anteriormente; a los 30 días los rebrotes (plantas) presentaron alturas entre 6 y 7 cm, quedando competentes para la siembra en las camas del sistema aeropónico, como se muestra en la Figura 1.

Para el establecimiento en el sistema aeropónico, las plantas se sembraron en mesas compuestas de un soporte de láminas de icopor, con orificios de 3 cm de diámetro, a 40 cm de distancia entre surcos y 30 cm entre plantas, con arreglo en tres bolillos. La nutrición se suministró mediante ciclos de aspersión, en sistema recirculante, accionado por un temporizador digital con dos frecuencias, y bomba eléctrica para la inyección de nutrientes a través de mangueras y microaspersores para el suministro de riego en las raíces de las plantas, dispuestas en un túnel cerrado con polietileno negro (Figura 2).

### Diseño experimental

Se hizo un diseño experimental bifactorial, con dos concentraciones de nutrientes, tres tamaños de minitubérculos semilla inicial para siembra en el sistema aeropónico, así: grandes (mayores de 3 g); medianos (entre 1-3 g); pequeños (menores a 1 g); se usaron 18 minitubérculos por cada tamaño, es decir, por cada tratamiento. Se evaluaron dos concentraciones de solución nutritiva con elementos mayores y menores (Tablas 1 y 2), dirigidos a las raíces de las plantas mediante sistema de microaspersores.



**Figura 1.** Proceso para la obtención del material vegetal de papa variedad Diacol Capiro, para la siembra en sistema aeropónico: A. Plántulas de papa *in vitro*; B. Proceso de aclimatización bajo condiciones de casa malla; C. Obtención de minitubérculos; D. Clasificación por tamaños; E. Minitubérculos con rebrotes; F. Desarrollo de plantas en bandejas germinadoras.



**Figura 2.** Proceso para la siembra, crecimiento y tuberización de plantas de papa en sistema aeropónico: A. Planta en alvéolo lista para siembra; B. Siembra en sistema aeropónico; C. Crecimiento y desarrollo vegetativo; D. Tuberización.

**Tabla 1.** Formulación 1, concentración (en mg/l) de nutrientes

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Co	Zn	Mo
Concentración(mg/L)	210	32	235	210	48	67	7	0.70	0.70	0.03	0.07	0.01

**Tabla 2.** Formulación 2, concentración (en mg/l) de nutrientes

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B	Co	Zn	Mo
Concentración(mg/L)	250	35	90	140	35	45	3	0.15	0.50	0.10	0.05	0.02

Fuente: Piedra, Kromann y Otazú (2015).

## Variables

El peso y número de tubérculos por planta y la categorización de los minitubérculos obtenidos, en tres tamaños (cm), de las 18 repeticiones por cada categoría. Los tamaños se clasificaron de la siguiente manera: grandes (>5 cm); medianos (entre 3-5 cm); y pequeños (<3 cm).

## Tratamiento de datos

Los datos obtenidos de peso y número de tubérculos se analizaron mediante un análisis de varianza (Anova) para hallar la diferencia entre los tratamientos y una probabilidad de  $\leq 0.05$ . Para la separación de medias se realizó la prueba de Tukey al  $\leq 0.05$ . Se usó el software *R-Studio* para el análisis estadístico de los datos tratados.

## Resultados

### Peso de los tubérculos

El peso de los tubérculos obtenidos por planta en las dos soluciones evaluadas S1 (elaboración propia) y S2 (solución Otazú) fueron comparados con un análisis de varianza y una posterior prueba de Tukey. Ambas soluciones presentaron diferencias significativas a una confianza del 95 %; la diferencia de las medias de ambos tratamientos se ilustra en la Figura 3.

La solución S1 presentó el mayor peso de tubérculos entre tratamientos (356.6 g) frente a la S2 (56.19 g), siendo mayor el peso por planta para el tratamiento S1, en 300 g/planta.

### Número de tubérculos

Con relación al número de tubérculos por planta, se puede apreciar en la Figura 4, que la solución S1 presentó un promedio de 30.5 tubérculos por planta, mientras que la solución S2 presentó un promedio de 10.4 tubérculos por planta, esto es, una diferencia de 20.1 tubérculos.

Dado que los pesos globales obtenidos en cada uno de los tratamientos están fuertemente influenciados por el número de tubérculos, se obtuvo un peso promedio para cada observación, para lo cual se dividió el peso de la muestra entre el número de tubérculos y así se halló el peso promedio del tubérculo. Estos datos fueron nuevamente comparados, como se muestra en la Figura 5, en donde la solución S1 presentó una media significativamente diferente (12.3 g) a la de la solución S2 (5.8 g).

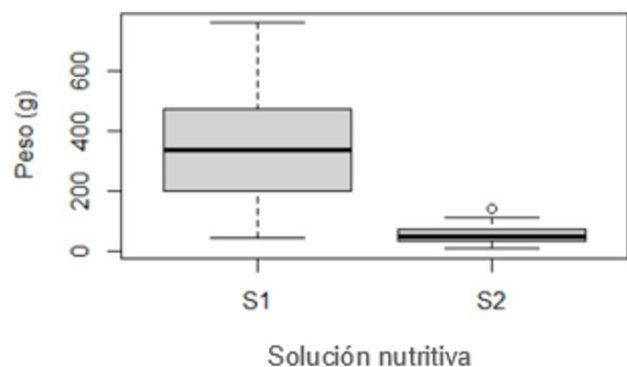
### Efecto del tamaño del minitubérculo semilla

Con base en las variables peso y número de tubérculos por planta, analizadas para las formulaciones nutricionales, se eligió el mejor tratamiento, que correspondió al S1, con el fin de analizar las variables relacionadas con el efecto del tamaño

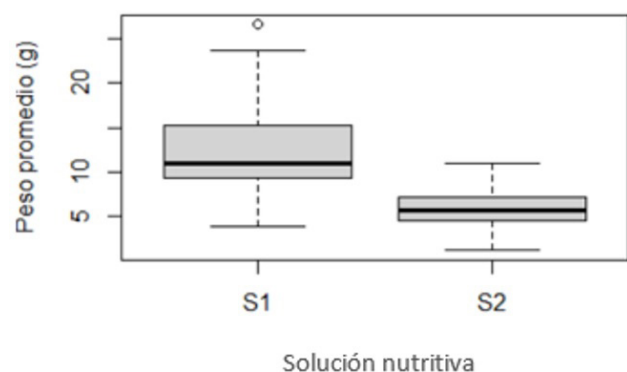
del minitubérculo semilla sembrado inicialmente en el sistema aeropónico; dichas variables de respuesta correspondieron a número y tamaño de los minitubérculos.

Una vez hecho el análisis, se encontró diferencia significativa en el número de tubérculos para cada categoría (pequeños, medianos y grandes) (Figura 6), del total de las 18 repeticiones de cada tratamiento.

Puede verse cómo la semilla de mayor tamaño (más de 3 gramos) arrojó mejores resultados con relación al número de minitubérculos, con un total de 1338, clasificados en: 918 pequeños (<3 cm), 351 medianos (entre 3-5 cm) y 69 grandes (>5 cm). La semilla mediana (entre 1-3 gramos) dio un total de 885 minitubérculos, de los cuales 606 fueron pequeños, 247 medianos y 32 grandes. Para el caso de la semilla pequeña (<1 g), esta dio un total de 643 minitubérculos: 448 pequeños, 180 medianos y 15 grandes. Puede verse una diferencia estadística significativa según Tukey, estando por encima la producción de la semilla mayor de 3 g (tratamiento 3), en 453 minitubérculos al compararla con el tratamiento 2, y 695 minitubérculos con relación al tratamiento 1.



**Figura 3.** Peso de producción por planta de papa de variedad Diacol Capiro en sistema aeropónico, bajo el efecto de dos soluciones nutritivas, según el test de Tukey, con una confiabilidad del 95 %.



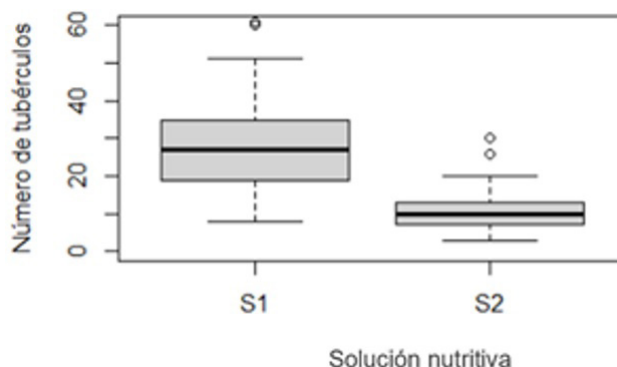
**Figura 5.** Peso de tubérculos por planta de papa variedad Diacol Capiro en sistema aeropónico, para dos soluciones nutritivas.

No se evidenció relación del tamaño de la semilla sembrada con el tamaño de los minitubérculos producidos, y siempre es mayor el número de minitubérculos menores de 3 cm, seguido por el número de medianos entre 3 y 5 cm, y por último los tubérculos mayores de 5 cm.

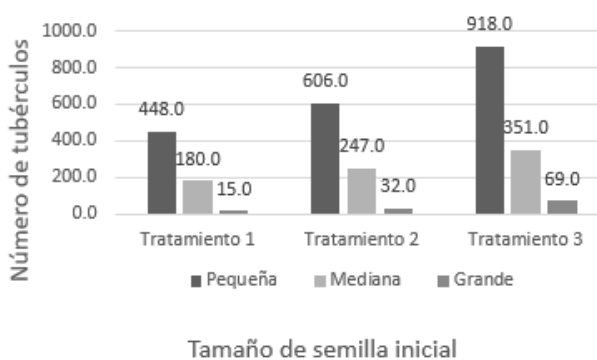
## Discusión

Se encontró diferencia significativa entre las medias para el peso de los tubérculos de las 2 soluciones en esta investigación. Cuando se analizó la solución S1 y se comparó con los pesos obtenidos por autores como Cayambe *et al.* (2011), quienes a partir de la evaluación de 2 variedades de papa y 3 soluciones nutritivas, lograron un peso promedio de 400 g, se evidenció que los pesos de los tubérculos de esta solución (356.6 g) mostraron mucha similitud.

Cuando se analizó la variable relacionada con el número de tubérculos se pudo observar que hay diferencia estadística significativa, estando por encima la solución S1 en 20 tubérculos por planta; estos resultados fueron similares a los encontrados por Otazú (2010), quien encontró diferencias de más de 100 tubérculos/planta en la Estación Experimental CIP-Huancayo (Perú).



**Figura 4.** Número de tubérculos promedio por planta, para dos soluciones nutritivas en sistema aeropónico.



**Figura 6.** Número de tubérculos por tamaño, de la producción de tres tratamientos de semilla inicial de papa variedad Diacol Capiro sembrada en sistema aeropónico.

## Conclusiones

De las dos soluciones nutricionales evaluadas para la producción de semilla élite de papa variedad Diacol Capiro, la que mejores resultados presentó, con relación al número y peso de tubérculos por planta, fue la solución S1; esta solución arrojó un peso de tubérculos por planta 300 g por encima y 20 tubérculos más que la solución S2. De los tres tamaños de la semilla inicial sembrada y evaluados en sistema aeropónico, los mejores rendimientos se lograron cuando se partió del mayor tamaño como semilla inicial. Es así como la semilla mayor de 3 g fue superior en 453 minitubérculos en comparación con la semilla mediana y 695 minitubérculos con relación a la semilla pequeña.

## Referencias

- Araque, E.; Bohórquez, M.; Pacheco, J.; Correa, L.; Urquijo, J.; Castañeda, S. y 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>
- Cayambe, J.; Montesdeoca, F. y Andrade-Piedra, J. (2011). Producción de semilla prebásica de papa en el sistema aeropónico en Ecuador: evaluación de soluciones nutritivas. [https://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%204/j\\_cayambe\\_memoria.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/congreso%20ecuatoriano%204/j_cayambe_memoria.pdf)
- Devaux, A.; Goffart, J. P.; Kromann, P.; Andrade-Piedra, J.; Polar, V. y Hareau, G. (2021). The potato of the future: opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. *Potato Research*, 64(4), 681-720. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09501-4>
- Fondo Nacional de Fomento de la Papa [FAFP] y Federación Colombiana de productores de papa [Fedepapa]. (2021). *Informe de gestión vigencia 2021*.
- Forbes, G.; Charkowski, A.; Andrade-Piedra, J.; Parker, M. y Schulte-Geldermann, E. (2020). Potato seed systems. En *The Potato Crop* (pp. 431-447). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_12)
- García-Segura, D. R.; Valdez-Aguilar, L. A.; Ramírez-Rodríguez, H.; Zermelo-González, A. y Cadena-Zapata, M. (2021). Producción de minitubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-10. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.902>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2003). Resolución 2501 de 2003. Bogotá. <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/resol-2501-de-2003.aspx>
- Khan, M. M.; Akram, M. T.; Janke, R.; Qadri, R. W. K.; Al-Sadi, A. M. y Farooque, A. A. (2020). Urban horticulture for food secure cities through and beyond COVID-19. *Sustainability*, 12(22), 1-21. <https://doi.org/10.3390/su12229592>
- Lakhari, I.; Gao, J.; Syed, T.; Chandio, F. y Buttar, N. (2018). Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: A review on aeroponics. *Journal of plant interactions*, 13(1), 338-352. <https://doi.org/10.1080/17429145.2018.1472308>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Estrategia de ordenamiento de la producción cadena productiva de la papa y su industria*. Bogotá: Viceministerio de asuntos agropecuarios. Dirección de cadenas agrícolas y forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Normatividad/Plan%20de%20Ordenamiento%20papa%202019-2023.pdf>
- Montoya, N.; Castro, D.; Díaz, J. y Ríos, D. (2010). Tuberización in vitro de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Diacol Capiro, en biorreactores de inmersión temporal y evaluación de su comportamiento en campo. *Ciencia*, 16(3), 228-295. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/ciencia/article/view/9862>
- Naik, P. y Buckseth, T. (2018). Recent advances in virus elimination and tissue culture for quality potato seed production. En S. Gosal y S. Wani (eds.). *Biotechnologies of Crop Improvement, Volume 1* (pp. 131-158). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78283-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78283-6_4)
- Otazú, V. (2010). *Manual de producción de semilla de calidad usando aeroponía*. Lima: Centro internacional de la papa (CIP).
- Tunio, M. H.; Gao, J.; Shaikh, S. A.; Lakhari, I. A.; Qureshi, W. A.; Solangi, K. A. y Chandio, F. A. (2020). Potato production in aeroponics: An emerging food growing system in sustainable agriculture for food security. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(1), 118-132. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392020000100118>
- Wilches, W. A. (2019). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) para una mayor seguridad alimentaria de pequeños productores en el Altiplano Cundiboyacense, Colombia*. [Tesis de maestría]. Universidad Abierta y a Distancia de México. Repositorio Institucional. <http://148.207.151.236:8080/xmlui/handle/123456789/393>
- Xing, Y.; Zhang, T.; Jiang, W.; Li, P.; Shi, P.; Xu, G.; Cheng, S.; Cheng, Y.; Zhang, F. y Wang, X. (2022). Effects of irrigation and fertilization on different potato varieties growth, yield and resources use efficiency in the Northwest China. *Agricultural Water Management*, 261. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107351>