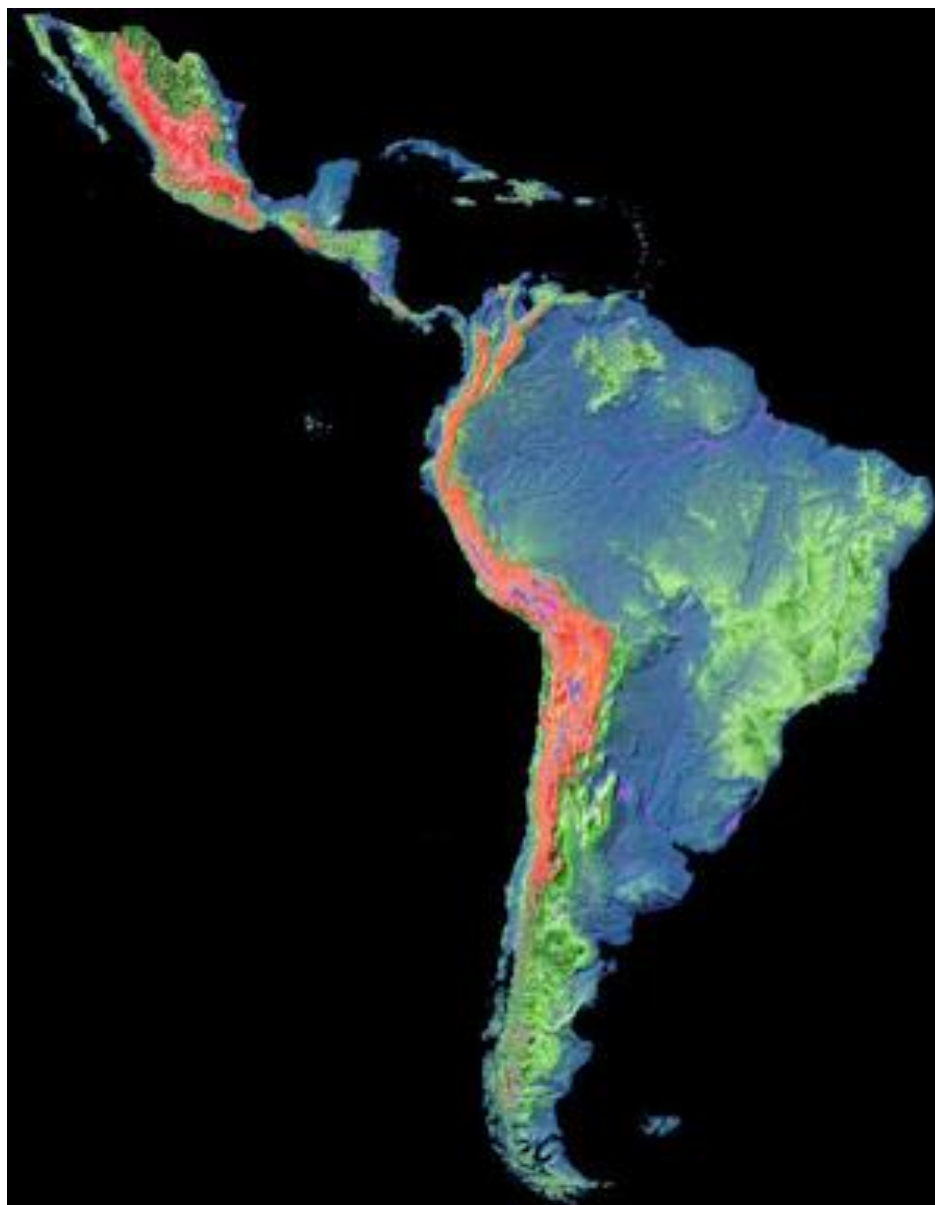


Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 7 - Número 12
Enero – Junio de 2025
Maracaibo – Venezuela

Influencia de sustratos en la aclimatación de plantas *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo un Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH) modificado

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14630031>

Koeman Fernández Pérez*

Sonia Linares Beltrán**

José Sulbarán Vivas***

Karen Arias****

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un tubérculo clave en la dieta mundial, siendo el quinto cultivo más importante. En 2022, se produjeron aproximadamente 375 millones de toneladas, destacando China e India como principales productores. Venezuela cosechó 216,000 toneladas, ocupando el sexto lugar, aunque su producción y calidad enfrentan desafíos bióticos y abióticos. El crecimiento poblacional exige el uso de semillas sanas y variedades tolerantes para una agricultura sostenible. La biotecnología optimiza la producción de papa, mientras los propagadores buscan reducir costos y diversificar especies. La investigación se centró en evaluar el impacto de diferentes sustratos turba, arena y vermicompost en el crecimiento de explantes de tres variedades de papa: Granola, María Bonita y Atlantic, durante la aclimatación en un sistema hidropónico modificado. Se realizaron análisis químicos y biológicos, observando el desarrollo de plántulas *in vitro* hasta los 60 días. Los resultados indicaron que la turba y el vermicompost ofrecieron condiciones óptimas para la aclimatación. La variedad María Bonita mostró un crecimiento superior con vermicompost, evidenciado por mayor altura y número de hojas, mientras que la arena limitó su desarrollo. Estos hallazgos sugieren alternativas para la producción eficiente de papa, beneficiando a los agricultores y generando impactos económicos positivos.

PALABRAS CLAVE: Biotecnología, Producción agrícola, Innovación, Cultivo.

*Profesor - investigador. Departamento de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7639-6470>. E-mail: lkoemanfp@gmail.com

**Profesora - investigadora. Departamento de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5759-8522>. E-mail: slinaresb@gmail.com

***Profesor - investigador. Departamento de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0764-8067>. E-mail: jsulbaran@unet.edu.ve

****Profesora - investigadora. Departamento de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Experimental del Táchira, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0242-0401>. E-mail: karias@unet.edu.ve

Recibido: 01/10/2024

Aceptado: 04/12/2024

Influence of Substrates on the Acclimatization of *in vitro* Potato Plants (*Solanum Tuberosum* L.) Under a Modified Hydroponic Autotrophic System

ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum* L.) is a key tuber in the world's diet, being the fifth most important crop. In 2022, approximately 375 million tons were produced, with China and India standing out as the main producers. Venezuela harvested 216,000 tons, ranking sixth, although its production and quality face biotic and abiotic challenges. Population growth requires the use of healthy seeds and tolerant varieties for sustainable agriculture. Biotechnology optimizes potato production, while propagators seek to reduce costs and diversify species. The research focused on evaluating the impact of different substrates peat, sand and vermicompost on the growth of explants of three potato varieties: Granola, María Bonita and Atlantic, during acclimatization in a modified hydroponic system. Chemical and biological analyzes were carried out, observing the development of *in vitro* seedlings up to 60 days. The results indicated that peat and vermicompost offered optimal conditions for acclimatization. The María Bonita variety showed superior growth with vermicompost, evidenced by greater height and number of leaves, while sand limited its development. These findings suggest alternatives for efficient potato production, benefiting farmers and generating positive economic impacts.

KEYWORDS: Biotechnology, Agricultural production, Innovation, Cultivation.

Introducción

La papa *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae) es un tubérculo cultivado a nivel mundial, siendo el quinto cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de consumo humano, después de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), el maíz (*Zea mays* L.), el arroz (*Oryza sativa* L.) y el trigo (*Triticum aestivum* L.). (C.I.P. 2017, Morales *et al.* 2018). En 2022, la producción mundial de papa alcanzó aproximadamente 375 millones de toneladas, con China (95,5 millones) y la India (56 millones) liderando como los principales productores (FAOSTAT, 2024). En Venezuela, la producción fue de 216.000 toneladas, posicionándose en el sexto lugar a nivel global y primero entre raíces y tubérculos. Las variedades mejoradas predominan en el país, lo que permite mayores

rendimientos y adaptación a diversas regiones, siendo los estados de Mérida, Trujillo, Táchira y Lara los más destacados con el 83 % de la producción (González *et al.* 2018, Fedeaagro, 2022). Sin embargo, el cultivo enfrenta limitaciones por factores bióticos y abióticos que afectan su producción y calidad. Entre los factores bióticos, las principales enfermedades, son causadas por: *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Jones), *Ralstonia solanacearum* (Smith) y *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* (Spieckermann & Kotthoff), que causan pudrición blanda, marchitez y pudrición anillada, respectivamente. Para garantizar una producción agrícola libre de patógenos, es clave el uso de semilla sana, como lo señala Morales (2006). Variedades de papa tolerantes a enfermedades, como la Angostureña cultivada en la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), permiten reducir costos y el uso de pesticidas. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para contribuir al desarrollo agrícola en la región. La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de sustratos sólidos como turba, arena y vermicompost en el crecimiento de vitroplantas de tres variedades de papa (Granola, María bonita y Atlantic) durante la aclimatación en SAH modificado. Este enfoque busca reducir costos y diversificar producciones, beneficiando a los agricultores y generando un impacto económico y social positivo en la comunidad.

El aumento de la población mundial plantea un desafío urgente para el sector agrícola, que necesita adoptar nuevas tecnologías y prácticas para mejorar la productividad y la calidad alimentaria de manera sostenible (Saath y Fachinello, 2018). La biotecnología ha sido crucial en este contexto, especialmente en la producción de semilla de papa de alta calidad. En Rusia y América, se han utilizado segmentos uninodales de plántulas obtenidas por micropropagación, así como técnicas termoterapia y el cultivo de meristemas han permitido la propagación (Rigato *et al.* 2001; Velásquez, 2006). El Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH) y la micropropagación *in vitro* son métodos que optimizan el crecimiento de las plantas en condiciones controladas, resultando en una producción más eficiente y a menor costo (Rigato *et al.* 2001; Lines y Avilés, 2019). Estas innovaciones no solo mejoran la salud de las plantas, sino que también contribuyen a aumentar la producción nacional de papa, enfrentando así las demandas de una población en crecimiento.

La aclimatación de plántulas obtenidas por cultivo *in vitro* es un proceso delicado que

requiere adaptación a nuevas condiciones ambientales (Carrión, 2017). Este proceso es crucial para el desarrollo de raíces y brotes funcionales, permitiendo que las plantas se conviertan en organismos autótrofos. El éxito de la aclimatación depende del control de factores ambientales y de sustrato, facilitando la transición de *in vitro* a condiciones naturales (Hartmann y Kester, 2014, Rodríguez *et al.* 2021). Se busca que las plántulas alcancen un estado propicio para su supervivencia en el medio externo, lo que implica una adaptación gradual a condiciones *ex vitro* y una plasticidad que favorece su supervivencia en diversos sustratos (Pardo 2020, Castro 2023). Investigadores de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado en Venezuela han realizado estudios sobre la regeneración *in vitro* de cultivares de papa. Este enfoque busca mejorar la calidad genética y la resistencia a patógenos de los tubérculos utilizados como semilla, en respuesta a la disminución de la producción agrícola nacional (Torres y Alvarado, 2016). La regeneración *in vitro* permite crear condiciones ambientales y sustratos favorables para las plantas (Ramírez y Alonzo, 2018). Los sustratos, definidos como materiales sólidos de origen orgánico o mineral, son cruciales para el desarrollo de las plantas, ya que facilitan el anclaje del sistema radical y pueden influir en su nutrición (Nieto, 2015; Liu, 2015). Según Martínez y Roca (2011), los sustratos se clasifican en inertes y activos, y su elección depende de propiedades físicas, químicas y biológicas, así como de factores económicos y ambientales (INTAGRI, 2017). La producción de semilla de papa de alta calidad enfrenta un aumento significativo en costos, lo que eleva el precio final de las plántulas, haciéndolas inaccesibles para los productores.

1. Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales, el laboratorio de valorización de residuos compostables y en el área destinada a la fase de aclimatación en el umbráculo del laboratorio de biofertilizantes de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), ubicado en Sector Paramillo, Municipio San Cristóbal, Estado Táchira-Venezuela. Su posición geográfica de acuerdo a las coordenadas: latitud 7°46'5.42" N y longitud 72°13'56.07" O, las condiciones meteorológicas según la Tabla 1. El trabajo experimental tuvo una duración de 60 días.

Tabla 1. Condiciones meteorológicas en el área experimental 2023

Parámetros	Promedios
Temperatura Mínima - Máxima (°C)	19,0 – 30,0
Humedad relativa (%)	59,00
Precipitación anual (mm)	2.300
Clima	Bosque Húmedo Premontano (BhPr)
Altitud (msnm)	1.046

Fuente: Weather-atlas, 2023.

En esta investigación se evaluaron tres sustratos (turba, arena y vermicompost) obtenidos en agrotiendas, y tres variedades de papa (Granola, María bonita y Atlantic) proporcionados por el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales de la Universidad Nacional Experimental del Táchira, como se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción y procedencia de los sustratos y variedad de papa empleados.

Factor	N	Descripción	Procedencia de los materiales
Sustrato	1	Arena (a). 100 % arena de río lavada y cernida malla Ø 20 mm.	Tienda de materiales para la construcción en San Cristóbal
	2	Turba (t) 100 % material orgánico constituido por musgos (género <i>Sphagnum</i>) de origen Canadiense marca SUNSHINE	Agrotiendas proveedor de turba Canadiense en San Cristóbal
	3	Vermicompost (v) 40 % estiércol de ganado vacuno + 30 % tierra negra virgen, (30%) compost de residuos orgánicos domiciliario	Agrotiendas proveedor de Vermicompost en San Cristóbal
Variedad	1	María bonita (Mb) Plántulas <i>in vitro</i> de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) variedades María bonita	Laboratorio de cultivo de tejidos vegetales de la Universidad Nacional Experimental del Táchira
	2	Granola (Gr) Plántulas <i>in vitro</i> de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) variedades Granola	
	3	Atlantic (At) Plántulas <i>in vitro</i> de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) variedades Atlantic	

La caracterización física y biológica de los sustratos contemplados en este experimento (Tabla 2), se realizó según la medición de los parámetros: pH y conductividad eléctrica según la metodología usada en el laboratorio de la UNET propuesta por el TMECC Method 04.06-Pb. (Sadzawka *et al.*, 2005) y el manual de métodos USDA (2017). Del mismo modo, la caracterización biológica consistió en hacer pruebas de fitotoxicidad mediante bioensayo de germinación, solo al sustrato compuesto por vermicompost mediante el procedimiento propuesto por Zucconi *et al.* (1981) modificado por Domínguez (2010).

El desarrollo del experimento de aclimatación *ex vitro* estuvo compuesto por nueve tratamientos producto de la combinación de los factores sustrato y variedad de papa como son: (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9) (Tabla 2). con tres repeticiones por tratamiento, donde la unidad experimental la constituyó el explante establecido en cada alveolo o celda de la bandeja, se usó 96 por tratamiento, conformando un total de 864 unidades experimentales (Tabla 2).

Tabla 2. Detalle del experimento de influencia de sustratos en la aclimatación de plántulas de papa bajo un Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH) modificado.

Tratamiento	Descripción	Unidad experimental	Repeticiones	Total
T1 (a+Mb)	Sustrato arena + variedad de papa María bonita.			96
T2 (a+Gr)	Sustrato arena + variedad de papa Granola			96
T3 (a+At)	Sustrato arena + variedad de papa Atlantic			96
T4 (t+Mb)	Sustrato turba + variedad de papa María bonita	Explante establecido en cada alveolo o celda de la bandeja	3	96
T5 (t+Gr)	Sustrato turba + variedad de papa Granola			96
T6 (t+At)	Sustrato turba + variedad de papa Atlantic			96
T7 (v+Mb)	Sustrato vermicompost + variedad de papa María bonita			96
T8 (v+Gr)	Sustrato vermicompost + variedad de papa Granola			96
T9 (v+At)	Sustrato vermicompost + variedad de papa Atlantic			96
TOTAL				864

El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA) y con arreglo bifactorial 3 x 3 (tipo de sustrato y variedad de explante), se empleó el siguiente modelo

lineal: $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$. Donde: μ es la media aritmética de los datos; A_i y B_j son los efectos del i -ésimo, j -ésimo nivel de A , B respectivamente; $(AB)_{ij}$ son las interacciones entre dos factores; y ε_{ijk} es el residual del modelo. La unidad experimental fue el explante de la variedad de papa establecido en cada celda de bandeja de polipropileno para germinación de 128 celdas según el sustrato contenido, para un total de 32 explantes por tratamiento. Se realizaron tres réplicas para cada uno, con un total de nueve (9) bandejas de Figura 1.

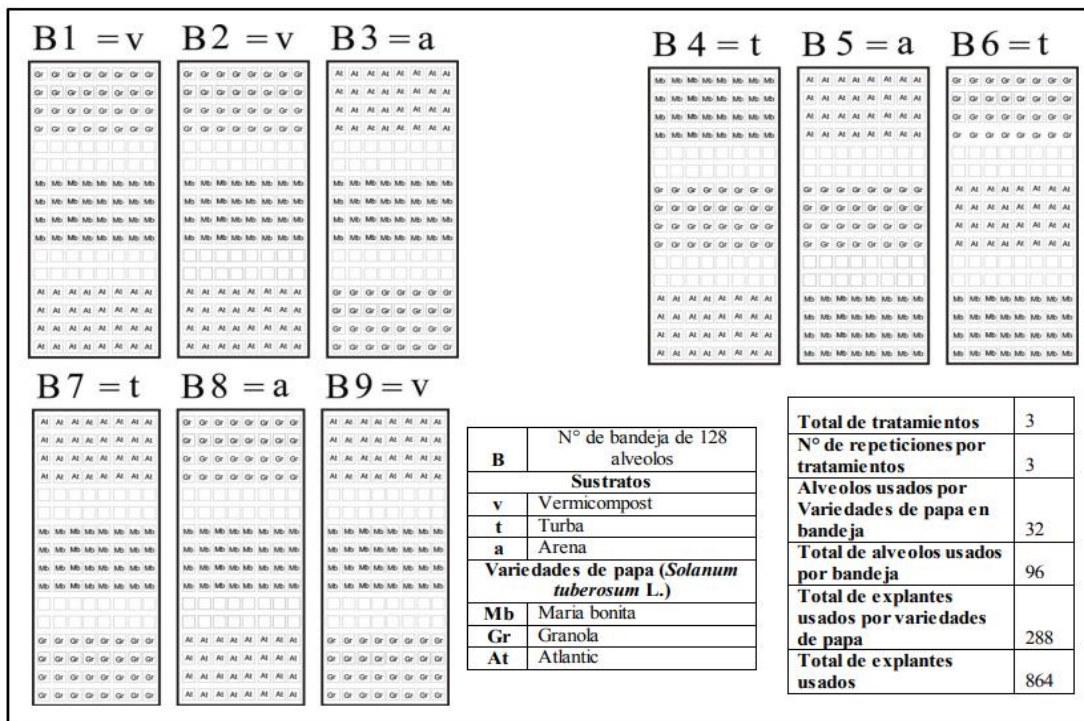


Figura 1. Es quema de distribución de los tratamientos en el experimento e influencia de sustratos en la aclimatación de plántulas de papa bajo un Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH) modificado.

Para observar el crecimiento y desarrollo de cada uno de los explantes de papa de las variedades María bonita, Granola y Atlantic bajo un Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH) modificado, en los de sustratos propuestos (turba, arena lavada de río y vermicompost), se siguió el procedimiento como se puede ver en la Figura 2. Se utilizó un área del umbráculo del laboratorio de Biofertilizantes de la UNET, donde se colocaron nueve (9) bandejas de polipropileno para germinación de 128 celdas (3 x 3 x 4 cm) y un volumen celda de 20 cm³. Los sustratos de arena y turba fueron esterilizados en autoclave a 121 °C y 1,06 kg/cm²

durante 50 minutos, en bolsas plásticas, mientras que el vermicompost no se esterilizó. Las bandejas se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 5,25 % y luego se llenaron con los respectivos sustratos arena, vermicompost y turba, en cantidad de 1.920 L por cada tratamiento en la bandeja. Posteriormente se regaron con agua destilada por un lapso de 24 horas para humedecer todo el sustrato y se dejaron reposar.

Para este experimento, las bandejas se sembraron con explantes de las variedades de papa *in vitro* María bonita, Granola y Atlantic en los sustratos. Los mismos antes de ser establecidos en el medio de aclimatación se prepararon mediante la selección de la vitroplanta (vigorosa y con buen tamaño de hoja), para ello se sacó del tubo de ensayo y se le eliminó la parte de la raíz que contenía medio de cultivo; se realizaron cortes en cada yema de aproximadamente no mayor de 3 cm de longitud. Los explantes se distribuyeron e insertaron en el sustrato a una profundidad de 1,5 cm, en los 32 alveolos por variedad en cada bandeja, siguiendo un diseño experimental al azar.

Las bandejas se cubrieron con una estructura metálica recubierta de papel film semejante a un mini umbráculo de túnel y se trasladaron al umbráculo del laboratorio de Biofertilizantes, donde permanecieron sobre un mesón durante 60 días. Así mismo se monitorearon las plagas, enfermedades y la humedad del sustrato en las bandejas, se procuró que no fuera superior al del 80 %. De igual forma la temperatura del umbráculo se mantuvo no mayor a 30°C, con 12 horas luz, 12 horas oscuridad. Se aplicó una solución hidropónica con fertilizante hidrosoluble Grow More 20-20-20 a 2 g/L cada 8 días a razón de 2 L⁻¹ por bandeja, bajo el criterio de fertilización evaluado por Figueroa (2017) y Linares *et al.* (2022). Para terminar, se llevó un registro de datos de las variables climáticas, durante el ciclo de aclimatación de las vitroplantulas de papa: temperatura, humedad relativa e intensidad de la luz, se recolectaron cada 3 horas como son: 9 am, 12 m, 3 pm, y 6 pm, todos los días que duró el ensayo. Los datos registrados en el experimento para cada variable, después de los 60 días desde la siembra se determinaron con base en un tamaño de muestra de 96 por tratamiento. Se llevaron a cabo las evaluaciones de las variables biométricas de interés como:

Número de hojas: Se contó el número de hojas de cada planta.

Longitud del tallo (cm): Para su medición se empleó una regla graduada en cm, la cual se colocó en el cuello de la planta hasta el meristemo apical caulinar de cada una de las plantas se expresó en cm.

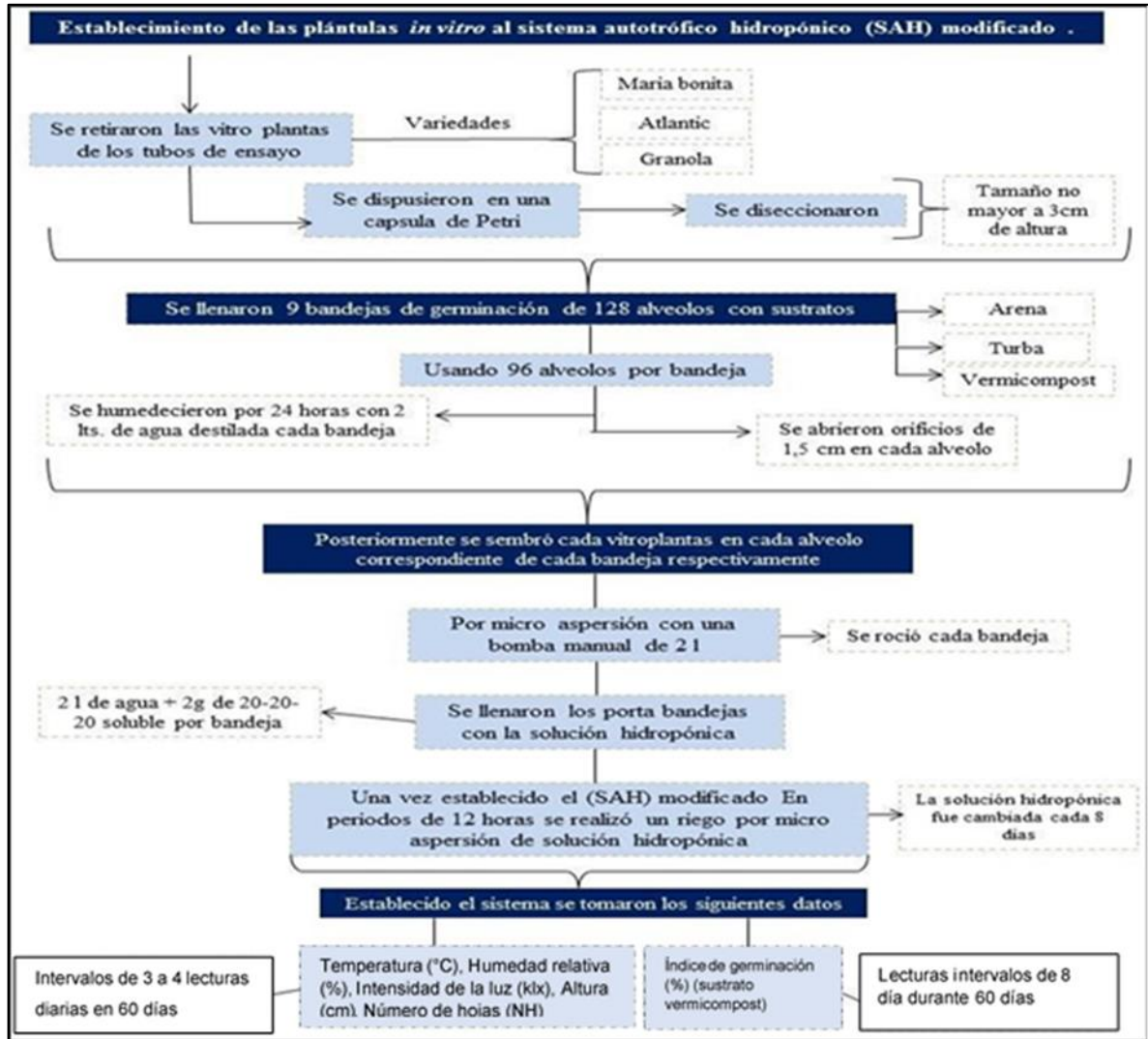


Figura 2. Esquema experimental para evaluar el efecto de sustratos en el crecimiento y desarrollo de la variedad de papa bajo un Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH) modificado.

Los valores observados en las unidades experimentales para cada característica de interés fueron analizados mediante un análisis estadístico con los datos recopilados para generar los resultados y conclusiones correspondientes. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para interpretar los resultados del experimento y se establecieron las diferencias

entre tratamientos a través de prueba de medias de grupos homogéneos de Tukey con un nivel de significancia de $P \leq 0,05$ previa aprobación de los supuestos de homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett) y normalidad (Shapiro-Wilks), para ello se empleó el software estadístico RStudio, versión libre 2023 para Windows.

2. Resultados y Discusión

Antes de evaluar las plántulas de variedades de papa (Granola, María bonita y Atlantic), se procedió a caracterizar los sustratos en cuanto a: pH, conductividad eléctrica, fitotoxicidad y así como algunos parámetros de condiciones ambientales de aclimatación, resultados que se describen a continuación.

2.1. Caracterización química y biológica de los sustratos

Los valores de pH de los sustratos evaluados mediante el método potenciométrico se encontraron dentro de un rango moderadamente ácido a neutro (5,8 a 7,0), Noguera y Burés (2001) mencionan que el rango deseable de pH para la producción en sustratos va (5,3 a 6,5). Los sustratos evaluados todos se encontraron dentro de los valores recomendados. La conductividad eléctrica (CE), según los datos, los valores obtenidos de 0,00 a 0,53 dS m⁻¹, se hallaron en el rango de muy baja CE o no salino. Los sustratos propuestos (turba y vermicompost), presentaron los valores más altos con 0,53 y 0,39 dS m⁻¹ en comparación con el sustrato compuesto por arena lavada de río.

Según los resultados, Salazar *et al.* (2007) mencionan que al aplicar abonos ricos en materiales orgánicos se incrementa ligeramente la CE por la presencia de sales solubles. La prueba sobre los metabolitos fitotóxicos en vermicompost se realizó utilizando especies indicadoras como el rábano (*Raphanus sativus* L.) y el pepino (*Cucumis sativus* L.) según Ramos *et al.* (2016). Los resultados, como se puede ver en la Figura 3, mostraron que el vermicompost tenía un índice de germinación superior al 80 %. De acuerdo con los parámetros analizados, no se detectaron problemas de fitotoxicidad, lo que confirma que el vermicompost es seguro y efectivo para su uso como sustrato, permitiendo un desarrollo adecuado de las plantas sin efectos adversos en su crecimiento.

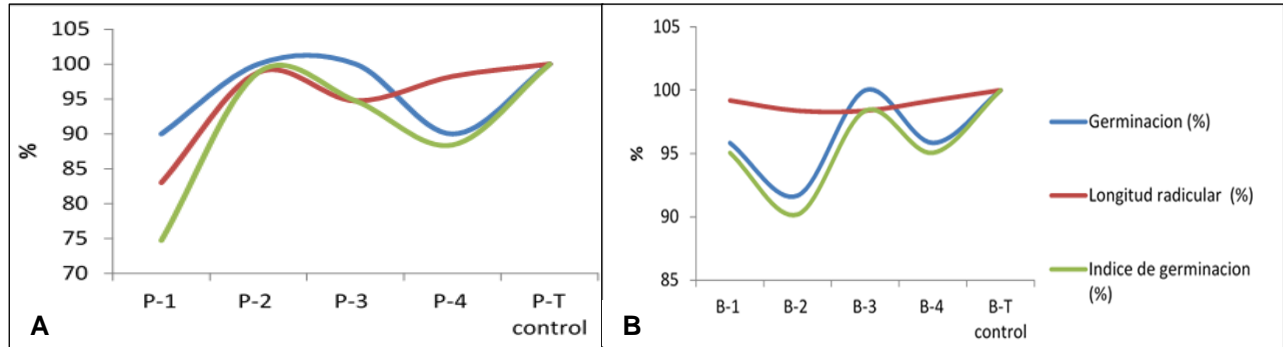


Figura 3. Curvas de valores promedio de índice de germinación (%), longitud radicular (%) y germinación (%)
A: (P)=Bioensayo de germinación para semillas de pepino (*Cucurbita pepo* L.) **B:** (B)=Bioensayo de germinación para semillas de berro (*Lepidium sativum* L.).

2.2. Ambiente de aclimatación

Durante el ciclo de aclimatación de las vitroplantulas de papa, la temperatura máxima fue de 32 °C durante las horas del mediodía hasta las 3 de la tarde y la mínima de 19 °C en horas de la mañana y un promedio durante el día de 25 °C (Figura 4 A). Se observaron variaciones de temperaturas dentro del rango recomendado, las cuales tuvieron duración corta a través de un día en esta fase. En este sentido, Martín y Jerez (2017) reportaron que el cultivo de papa es muy sensible a cambios ambientales, especialmente a temperaturas superiores a las óptimas, lo que altera su crecimiento y modifica la duración de sus fases fenológicas. No obstante, en ocasiones a pesar de tener condiciones ambientales favorables, el rendimiento puede ser bajo en algunas ocasiones. Esta situación se atribuye principalmente a las prácticas de manejo, en particular a la nutrición que se proporciona (Punina, 2013).

La aclimatación de vitroplantulas de papa es un proceso crítico que implica la transición de condiciones *in vitro* a un ambiente *ex vitro*, donde la humedad relativa (HR) juega un papel fundamental. Al respecto, en la Figura 4 B, se presenta la distribución de la HR durante esta fase con las vitroplantulas de las tres variedades papa, en los diferentes sustratos, se obtuvieron valores favorables, los cuales fueron superiores al 50 %, con una media en este periodo de 59 %. Así mismo, se observa que del total de HR en el ambiente de aclimatación los valores mínimos medios fluctuaron entre 36 y 37 % en horas del mediodía hasta las 3

pm, mientras que los máximos valores registrados fueron de 80 a 86 % en horas de la mañana.

Recientes investigaciones corroboran esta información, basado en el hecho de que los cultivos obtenidos *in vitro* son muy sensibles a los cambios drásticos, mantener una alta humedad relativa entre 50 % y 80 % durante las primeras semanas de aclimatación es esencial para protegerlas de la pérdida de agua y facilitar el crecimiento (Gil *et al.* 2017).

Finalmente, la iluminación es fundamental en el proceso para que las vitroplantas de papa se adapten a condiciones ambientales fuera del laboratorio, ya que esta afecta el desarrollo foliar y la capacidad fotosintética, elementos esenciales para su crecimiento en el entorno natural. En lo concerniente a la Figura 4 C, se presenta los valores de distribución de la intensidad de la luz medido en Kilolux (klx) en el ambiente de aclimatación de vitroplantas de las tres variedades de papa en los diferentes sustratos durante 60 día. Se registró valores de iluminación con una media en este periodo de 9 (klx). Así mismo se observa que del total de la intensidad de la luz en esta fase, los valores mínimos medios variaron entre 1,25 y 1,55 (klx) en las primeras (9 am) y últimas horas de la tarde, mientras que la máxima intensidad de luz obtenida fue de 21,8 a 30,7 (klx) en horas del mediodía y la tarde.

Algunos autores como Pérez *et al.* (2013) indican que la luz no solo es vital para la fotosíntesis, sino que también afecta la morfología de las plántulas de papa, ya que promueve su crecimiento y desarrollo. Del mismo modo, para lograr una aclimatación efectiva de las plantas, es fundamental prestar atención al sustrato, la fertilización y la iluminación, ya que una combinación equilibrada de estos factores mejora su establecimiento en condiciones naturales (Jiménez *et al.* 2001).

2.3. Evaluación de las plántulas

2.3.1. Altura (cm)

En los resultados se evidenció la existencia de un efecto significativo del tipo de sustrato (turba, arena y vermicompost) según el ANOVA ($F_{7,812} = 41,5$ $p < 0,05$) en la altura de las plántulas de variedades de papa (Granola, María bonita y Atlantic). En la Figura 5, se presentan los valores correspondientes a las comparaciones múltiples entre las medias con un nivel de confianza del 95 %.

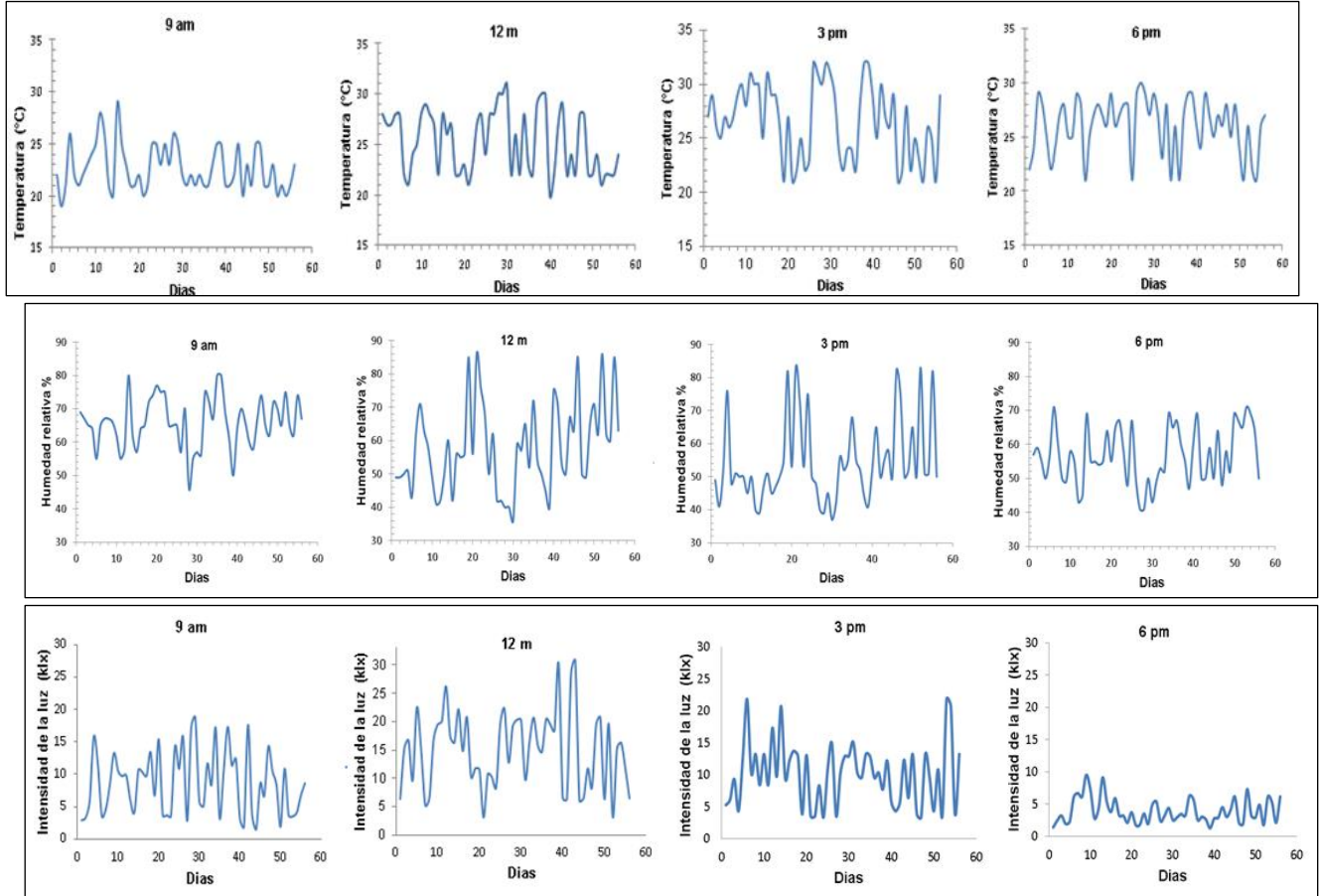


Figura 4. A) Valores promedio de temperatura (°C), **B)** Valores promedio de humedad relativa (%) **C)** Valores promedio de intensidad de la luz (klx) en el ambiente de aclimatación de plántulas de papa micropropagadas durante 60 días.

El tratamiento integrado por el sustrato vermicompost y el explante de la variedad de papa María bonita **T7** (v+ Mb) fue el que alcanzó el valor mayor de altura 25,30 cm promedio en las plántulas durante el experimento. Los resultados son consistentes con los de Figueroa (2017) y Linares *et al.* (2022), quien encontró que los tratamientos que incluían vermicompost resultaron en plántulas de mayor altura. Es posible que esto ocurrió, porque las plántulas respondieron a la disponibilidad de materia orgánica. Se observó que las plántulas con menor altura, en promedio crecieron en el sustrato compuesto principalmente de arena + explante de la variedad de papa Granola **T2** (a+Gr). Este resultado se alinea con las características de la arena, que es un sustrato inerte y carece de materia orgánica, lo que limita el desarrollo fisiológico de las plántulas, como se menciona en el estudio de

VIFINIX (2002). Esto sugiere que la incorporación de materia orgánica en el sustrato puede ser crucial para el crecimiento óptimo de las plántulas de papa en la fase de aclimatación.

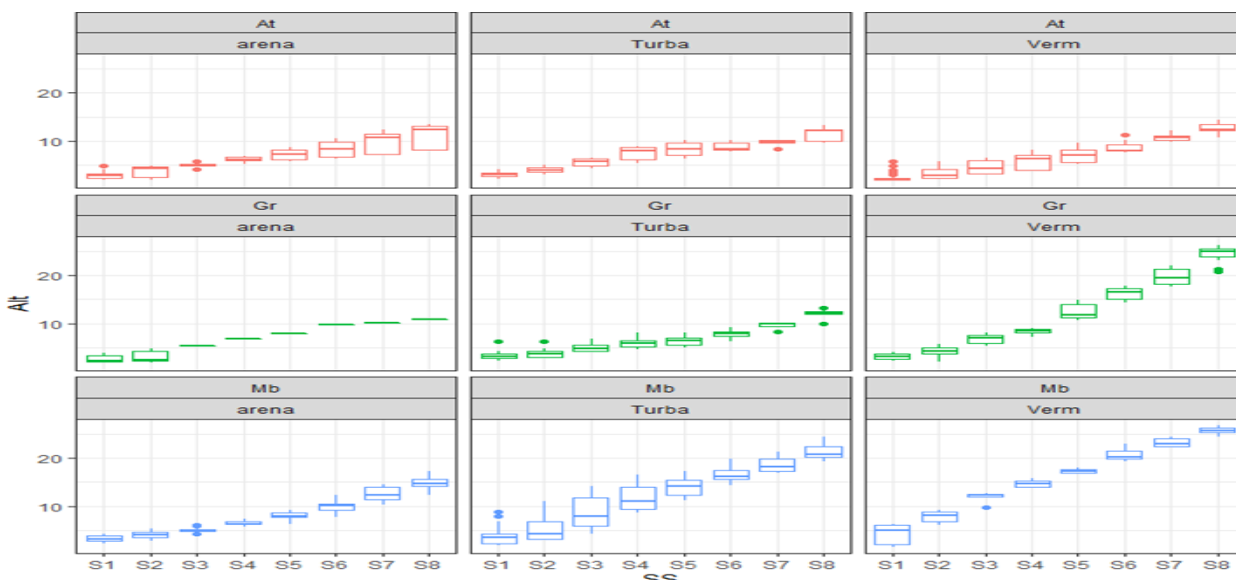


Figura 5. Altura (Alt) en centímetro (cm) de la planta de papa a 60 dds en los tipos de sustratos (turba, arena y vermicompost) bajo SAH modificado.

Mb: María bonita; Gr: Granola; At: Atlántico. *Medias con diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).*

El estudio realizado sobre la aclimatación ha demostrado resultados que coinciden con los principios teóricos establecidos, donde es recomendable optar por sustratos que ofrezcan un balance adecuado de nutrientes y un pH más neutro para favorecer el crecimiento vegetal. De acuerdo a lo anterior, Espinosa *et al.* (2019) consideran que es indispensable para garantizar el éxito de la etapa de aclimatación de plántulas, la elección de un sustrato con buenas características físicas, químicas y biológicas, en función de las especies en las que se está trabajando; esto permitirá a las plántulas superar el estrés del cambio de condiciones y desarrollarse de manera saludable en el ambiente *ex vitro*. El tipo de sustrato (turba, arena y vermicompost) utilizado en la investigación parece haber influido en el crecimiento de la planta de papa durante los 60 días de aclimatación. Se observó que la altura (cm) alcanzada puede ser atribuida a la síntesis de proteínas y la energía disponible para la estimulación del crecimiento celular mediante minerales disponibles en el sustrato. Estos resultados concuerdan con los obtenidos para esta variable por Figueroa (2017) y Linares *et al.* (2022), en donde los tratamientos con vermicompost fueron los que tuvieron mayor altura en el tiempo. Investigaciones previas, como la de Traversa, (2023) consideran

que el uso de arena es un sustrato inapropiado para el cultivo de plántulas, limitando su crecimiento y desarrollo óptimo, principalmente debido a las características de este material que tiende a presentar un pH bajo y su composición mineral carece de bases esenciales y nutrientes necesarios para el crecimiento de las plántulas. Otros estudios, como el realizado por Rodríguez *et al.* (2006) demuestran que la combinación adecuada de un sustrato con 25% de suelo, 25% de cascarilla de arroz y 50% de cachaza, junto con el cultivo en organopónico, puede facilitar la adaptación de plántulas de boniato (*Ipomoea batatas* L.) obtenidas biotecnológicamente y promover el desarrollo de tubérculos de calidad. La aclimatación de vitroplantas de sábila (*Aloe vera* L.) es una fase crítica dentro de la micropropagación y es el sustrato un factor a considerar en esta etapa. Al evaluar el efecto de dos sustratos locales probados tras 45 días, las plántulas aclimatadas mostraron los mayores valores en altura de plántulas al utilizar humus de lombriz como componente del sustrato, destacando su importancia en el proceso (Vilchez *et al.* 2007). Así mismo, se estudió el uso de compost en la aclimatación de vitroplantas de banano (*Musa AAA*) clon Gran Enano con diferentes proporciones de suelo-compost. Las plántulas cultivadas en el sustrato de 90-10 % mostraron las mejores características morfológicas. La adición de compost puede funcionar como coadyuvante del desarrollo de plántulas de banano micro propagadas siempre y cuando se emplee en una relación no mayor al 20 % para evitar inhibiciones en el desarrollo, posiblemente por fitotoxicidad relacionada con el contenido de sales (Adriano *et al.* 2013). En un estudio sobre el crecimiento de plántulas de cinco variedades de papa (*S. tuberosum* L.) utilizando el SAH, se evaluaron cinco sustratos. El análisis de varianza mostró que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos y su interacción. Sin embargo, al analizar el efecto independiente de los sustratos, se encontró que la combinación de poma fina y peat moss (50 % cada uno) resultó en la mayor longitud de plántula, alcanzando 6,92 cm. En contraste, el uso de arena como sustrato produjo el menor crecimiento de plántula, con solo 0,62 cm de diferencia (Pérez 2014).

2.3.2. Número de hojas (NH)

En lo que respecta a la variable número de hojas de planta (NH), obtenido al final del registro de los datos, se evidenció según la prueba estadística ANOVA ($F_{7,812} = 64.1$ $p < 0,05$) un efecto significativo entre los tratamientos evaluados en la promoción del número

de hojas, en plántulas de variedades de papa (Granola, María bonita y Atlantic) durante los 60 de aclimatación. En la Figura 6, se presentan los resultados de las comparaciones múltiples de medias del número de hojas en plántulas (NH), considerando las tres variedades y los tres sustratos evaluados. La prueba de Tukey identifica diferencias significativas entre las medias con un nivel de confianza del 95 %, brindando información valiosa sobre el desempeño de cada variedad en los diferentes sustratos.

El tratamiento, **T7** (v+Mb) fue el que presentó mayor valor promedio de 15,10 hojas por planta, seguido por el tratamiento **T4** (t+Mb), con un valor de 14,97 hojas por planta, en comparación a los tratamientos en que se usó arena como sustrato en todas las variedades de papa, presentando el menor número de hojas al final del experimento. En tal sentido, Figueroa (2017) y Linares *et al.* (2022), realizó su investigación en la UNET, reportando un número promedio de hoja de 11 en el crecimiento de papa provenientes de cultivo *in vitro* bajo SAH. La evaluación realizada resultó menor a los resultados obtenidos en este experimento, lo que evidenció la existencia de un efecto importante de la composición del sustrato con la respuesta de las plántulas *in vitro*, en condiciones *ex vitro*, como fue con el uso de vermicompost. De lo anteriormente expuesto se puede inferir que la incorporación de materia orgánica en el sustrato durante la fase de aclimatación, mejora la nutrición y las propiedades físicas, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de vitroplantas de papa en el presente estudio.

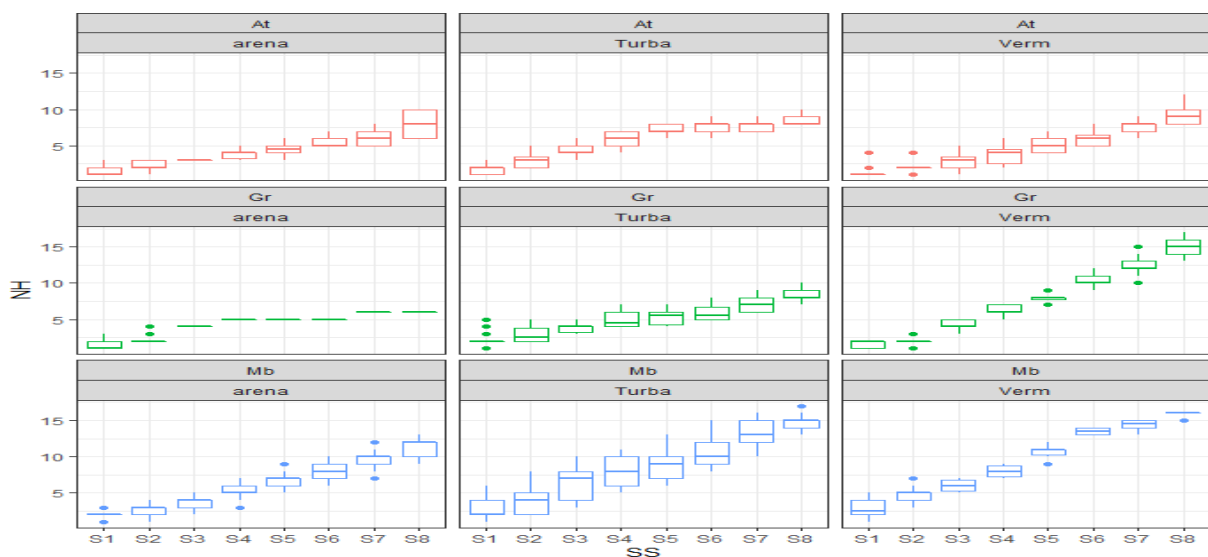


Figura 6. Números de hojas (NH) de la planta de papa a 60 dds en los tipos de sustratos (turba, arena y vermicompost) bajo SAH modificado. Mb: María bonita; Gr: Granola; At: Atlantic. Medias con diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En investigaciones realizadas por otros autores, Castro (2023), señala que los resultados indicaron que un ambiente controlado óptimo para la aclimatación de plántulas *in vitro* de *Stevia rebaudiana* B. en bandejas bajo microtúneles con una mezcla de sustrato comercial Premix #3 y perlita en proporción 3:1 fue de 26 °C y 75 % de humedad, permitieron producir un aumento significativo en el promedio del número de hojas de 9,04 hojas por planta, superior a las condiciones climáticas de menor temperatura y mayor humedad. En una investigación adicional realizada por Espinosa *et al.* (2019) para evaluar el efecto de tres mezclas de sustrato (suelo-estiércol, vacuno –zeolita) en la aclimatación de plántulas *in vitro* de *Morus alba* L. con tamaño de 2,5-3,0 cm. Los resultados mostraron que, aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos, los sustratos compuestos por suelo-estiércol vacuno y zeolita en una relación 70-20-10 % y 45-45-10 % durante la aclimatación permitieron que plántulas con mayor tamaño tuvieran los más altos incrementos en número de hojas 6,75, indicando una recuperación más rápida del estrés por trasplante a condiciones *ex vitro*, atribuible al manejo, condiciones ambientales y características de la especie. Resultados similares al respecto, fueron reportados por Adriano *et al.* (2013) mediante el empleo de diversas proporciones suelo–compost maduro como componente del sustrato de siembra de vitroplantas de banano clon Gran Enano (*Musa AAA*) durante la etapa de aclimatación. Las plántulas cultivadas en un sustrato con 90 % suelo y 10 % compost mostraron las mejores características morfológicas, con un promedio 8,3 hojas funcionales, considerando que la naturaleza de la materia prima empleada en la obtención del compost está relacionada con las propiedades fisicoquímicas de ésta y con los cambios que puede ejercer sobre la mezcla considerada como sustrato.

Conclusiones

Los resultados de este estudio determinaron que los sustratos evaluados mostraron una caracterización química dentro de los valores recomendados, y la condición ambiental fue favorable en el periodo de aclimatación bajo un Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH) modificado, donde los sustratos como: turba y vermicompost, lograron un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de cada uno de los explantes de papa variedad Granola, María bonita y Atlantic. En el cual las plántulas de la variedad de papa María bonita presentaron un mayor crecimiento en el sustrato compuesto por vermicompost debido a una mayor altura del tallo y número de hojas, mientras que el sustrato constituido por arena limitó

el desarrollo fisiológico de los mismos. Estos resultados podrían servir como una propuesta de sustrato alternativo para ser empleado en el desarrollo de plantas *in vitro* en condiciones *ex vitro* de aclimatación y contribuir a facilitar la producción a gran escala de plantas de papa, permitiendo beneficiar a los productores agrícolas, generando un impacto económico y social directo en la población.

Referencias

Adriano, L. Pérez, Y. Vázquez, A. Ramos, D. y Salvador, M. (2013). Uso de compost durante la etapa de aclimatación de vitroplantas de banano clon " Gran Enano " (Musa AAA). Quehacer Científico en Chiapas. Vol.8 Núm. 2. pp. 61-68. https://www.dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/QUEHACER-CIENTIFICO-2013-Jul-dic/Uso_del_compost_.pdf

Castro, A. (2023). Aclimatación de plantas *in vitro* de *Stevia rebaudiana* B. en tres ambientes controlados. Tesis. Facultad de Agronomía Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Agronomía. Lima-Perù. pp. 59. <https://core.ac.uk/download/572736835.pdf>

Carrión, A. (2017). Producción de microtubérculos *in vitro* de papa (*Solanum tuberosum* L.) en sistema de inmersión temporal y su rendimiento en invernadero. Facultad de Agronomía Universidad Nacional Agraria La Molina Lima-Perù. AGR-FT Tesis. pp. 59. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2985>

C.I.P. Centro Internacional de la Papa. (2017). Hechos y cifras sobre la papa. C.I.P. pp. 2 <https://hdl.handle.net/10568/87957>

Domínguez, A. (2010). Evaluación de las propiedades físicas, físicoquímicas y de la fitotoxicidad de compost comerciales para su uso en la formulación de sustratos de cultivo, Tesis. Escuela Superior de Agricultura, Barcelona España. pp. 172 <http://hdl.handle.net/2099.1/9868>

Espinosa, Á. Silva, J. Bahi, M. y Romero, D. (2019). Influencia del tamaño de las plantas *in vitro* y tipo de sustrato en la aclimatación de *Morus alba* L. Pastos y Forrajes, Vol. 42 Núm. 01. pp. 23-29. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100023

FAOSTAT. (2024). Estadística <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI>

FEDEADGRO (2024). Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios. Producción de hortalizas. <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>.

FEDEAGRO. (2022). Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios El 2022, un año de incertidumbres climáticas, productivas y de precios. <https://fedeagro.org/wp-content/uploads/2023/03/Fedeagro-Resultados-2022-Un-ano-de-Incertidumbres-Def.pdf>

Figueroa S. (2017) Evaluación del efecto del sobrenadante de *Trichoderma* sp y *Penicillium*

rugulosum sobre el crecimiento de papa in vitro y Sistema Autotrófico Hidropónico. Tesis. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Venezuela. <https://repositorio.unet.edu.ve:8443/jspui/bitstream/123456789/521/1/AGR201720628431APG.pdf>

Gayosso, S. Borges, L. Villanueva, E. Estrada, A. y Garruña, R. (2016). Sustratos para producción de flores. México. *Agrociencia* 50 (5). pp. 617-631. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30246698007.pdf>

Gil, A. López, S. y López A. (2017). Acclimation in vitro seedlings of *Saintpaulia ionantha* H.Wendl. (*Gesneriaceae*) african violet to green-house conditions. *Arnaldoa*, Vol. 24 Núm.1. pp. 343–350. DOI: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24116>

González, L. Salas, Osorio, M. Araujo, Y. (2018). Evaluación de clones promisorios y variedades de papa de uso local en el estado Mérida, Venezuela. Universidad de Colima. *Avances en Investigación Agropecuaria*. Vol. 22. Núm. 2. <https://www.redalyc.org/journal/837/83757609001/html/>

Hartmann, H. y Kester, D. (2014). *Plant Propagation. Principles and Practices*. Pearson Education Limited. Harlow. Eight Edition. pp. 922. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292034133_A24589361/preview-9781292034133_A24589361.pdf

INTAGRI. (2017). La Hidroponía: Cultivos sin Suelo. Serie Horticultura Protegida. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Núm. 29. pp. 5 <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>

Jiménez, F. Agramonte, D. Pérez, J. Ramírez, D. Gutiérrez, O. y Pérez, M. (2001). Aclimatización de plantas in vitro de *Solanum tuberosum* (L.) variedad Desiree. *Biología Vegetal*. Vol. 1 Núm. 2. pp. 103-108. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/71>

Linares, S. Figueroa, A. Valery, A. (2022). Efecto del sobrenadante de cultivos fúngicos sobre plántulas de papa *in vitro* y en umbráculo. *Revista científica UNET*. Vol. 34 Núm. 01. pp. 80-91. <http://investigacion.unet.edu.ve/wp-content/uploads/2023/02/341-2022-vf.pdf>

Lines, K. y Avilés, J. (2019). *Práctica: Multiplicación de semilla de papa por medio del Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) / Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). https://www.platicar.go.cr/images/buscador/fichas-tecnicas/PAPA/06_MULTIPPLICACION_DE_SEMILLA_DE_PAPA_POR_MEDIO_SAH.pdf

Liu, L. (2015). Desarrollo de nuevos sustratos a base de compost y biochar para la propagación y producción de *Rosmarinus officinalis* L. en vivero profesional. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis. pp. 40. <http://hdl.handle.net/10251/54191>

Martín, R. y Jerez, E. (2017). Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad romana. *Cultivos Tropicales*. Vol. 38. Núm. 1, pp. 75-80. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000100009

Martínez, P. y Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales propiedades y manejo. Repositorio Institucional del IVIA (ReDivia). pp. 37-77
https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/3894/2011_Flori%c3%a1n-Mart%c3%adnez_Sustratos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Morales, J. (2006). Transformación genética de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) con el gen que codifica para el inhibidor de cistein proteinasa de origen humano. Tesis doctorado en ciencias: área biotecnología. Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Colima, México. pp. 69.
https://sistemas.ucol.mx/tesis_posgrado/resumen1848.htm

Morales, S. Mora, R. Salinas, Y. Rodríguez, J. Colinas, M. y Lozoya, H. (2018). Crecimiento y contenido de azúcares de tubérculo de papa en cuatro estados de madurez en condiciones de invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura, 24(1), pp. 53-67.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.029>

Nieto, A. (2015). Fabricación, caracterización y utilización de biochar como sustituto de la turba en la preparación de sustratos de cultivos. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Madrid. pp. 235. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.37192>.

Pardo, S. (2020). Evaluar un proceso de adaptación alternativo en dos especies de orquídeas *Cattleya iricolor* y *Gongora* sp. germinadas *in vitro*. Tesis Universidad Técnica Particular de Loja Área Biológica y Biomédica. Ecuador.
<http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/25735>

Pérez, D. Gómez, T. González, A. Franco, O. Rubí, M. Gutiérrez, F. Serrato, R. (2013). Calidad de plántula en cinco cultivares de papa determinada por la intensidad de luz blanca y tipo de propagación Universidad Autónoma de México Toluca, México. Ciencias Naturales y Agropecuarias. Vol. 20, Núm. 2. pp. 138-147.
<https://www.redalyc.org/pdf/104/10426848002.pdf>

Pérez, G. (2014). Evaluación de cinco sustratos, en la obtención de plántulas de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), con el sistema autotrófico hidropónico (SAH) para la producción de semilla básica. Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala pp. 79. <http://investigacion.cusam.edu.gt/wp-content/uploads/2018/10/EVALUACION-DE-CINCO-SUSTRATOS-EN-LA-OBTENCION-DE-PL%C3%81NTA.pdf>

Punina, E. (2013). Evaluación agronómica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) C.V. Fri papa, a la aplicación de tres abonos completos. Tesis Universidad Técnica de Ambato Ecuador pp. 53. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6532/1/Tesis-69%20%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20210.pdf>

Ramírez, A. y Alonzo, Y. (2018). Aplicación de métodos biotecnológicos para la propagación de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) con fines de producción de tubérculo semilla de alta calidad fitosanitaria. Informe. <https://online.fliphtml5.com/riws/nrjt/#p=1>

Ramos, G. Rodríguez, M. González, C. Guillén, H. Martínez, D. y Amaro, P. (2016). Prueba de fitotoxicidad para evaluar el grado de madurez en abonos orgánicos. Cuba. Agrotecnia. Vol. 40. Núm. 1. pp. 47-52.

<https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/media/Agrotecnia/pdf/2016/1/5.pdf>

Rigato, S. González, A. y Huarte, M. (2001). Producción de Plántulas de Papa a Partir de Técnicas Combinadas de Micropropagación e Hidroponía para la Obtención de Semilla Prebásica. Revista Latinoamericana de la Papa. Vol. 12. Núm. 1. pp.110-120. Buenos Aires, Argentina. DOI <https://doi.org/10.37066/ralap.v12i1.112>

Rodríguez, A. Rodríguez, A. Marturel, A. Moreno, J. Díaz, M. Pérez, O. Marero, N. y Ortega, M. (2006). Aclimatización de vitroplantas de boniato *ipomoea batatas* (L.) en diferentes sustratos y su adaptación a condiciones de campo. Agrotecnia. Vol. 5. pp. 8. <https://www.grupoagricoladecuba.gag.cu/media/Agrotecnia/pdf/2006/Revista1/1.pdf>

Rodríguez, J. Castañeda, J. Gutiérrez, A. Del Toro F. Plaza, P. (2021). Manual de Prácticas de Laboratorio para la Micropropagación de Plantas. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. ISBN: 978-607-8734-34-4. Guadalajara, Jalisco, México. pp.112. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_61a18db854d35.pdf

Saath, K. y Fachinello, A. (2018). Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. Revista de Economia e Sociologia Rural Vol. 56. Núm. 2. pp. 195-212 <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>

Sadzawka, A. Carrasco, M. Grez, R. y Mora, M. (2005). Métodos de análisis de compost. Santiago, Chile: Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Núm. 30. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/8431>

Salazar, E. Trejo, H. Vázquez, C. López, J. (2007). Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. Phytón International Journal of Experimental Botany Vol. 76. pp.169-185. <https://www.revistaphyton.fund-romuloraggio.org.ar/vol76/salazar-sosa.pdf>

Soil Science División Staff. (2017). Soil survey manual. USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf>

Torres, J. y Alvarado G. (2016). Regeneración in vitro de cuatro cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) A partir de secciones de hoja y en presencia de diferentes reguladores de crecimiento. Revista científica fondo editorial Serbiluz. Vol. 50. Núm. 2. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/22902/22827>

Traversa, I. (2023). Evaluación del crecimiento de plántulas de *Eucalyptus tereticornis* Sm. en diferentes sustratos. Revista Ecología e Nutrição Florestal. Enflo, Vol. 11. Núm. 01. pp. 15 <https://doi.org/10.5902/2316980X72354>

Velásquez, J. (2006). Producción de tubérculo-semillas de papa en la estación experimental santa catalina del INIAP. Departamento de Producción de Semillas. Memoria del II Congreso Ecuatoriano de la papa. Ambato, Ecuador. pp. 9. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4374/1/iniapscCD142JV.pdf>

VIFINEX. (2002). Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en

cultivos de Exportación no tradicional Producción de sustratos para viveros. pp. 50. Costa Rica <https://es.scribd.com/document/551959962/Produccion-de-Sustratos-Para-Viveros>

Vilchez, J. Ramírez, E. Villasmil, M. Albany, N. León de Sierralta, S. y Molina, M. (2007). Aclimatización de vitroplantas de zábila (*Aloe vera* L.) efectos del sustrato Rev. Fac. Agron. Vol. 24 Núm. 1: pp. 57-61. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26685>

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún conflicto de interés.

Copyright

La *Revista Latinoamericana de Difusión Científica* declara que reconoce los derechos de los autores de los trabajos originales que en ella se publican; dichos trabajos son propiedad intelectual de sus autores. Los autores preservan sus derechos de autoría y comparten sin propósitos comerciales, según la licencia adoptada por la revista.

Licencia CreativeCommons

Esta obra está bajo una Licencia CreativeCommons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

