



## Efecto de bioestimulantes en semillas prebásica de papa obtenidas de plántulas in vitro

Effect of biostimulants on pre-basic potato seeds obtained from seedlings in vitro

Efeito de bioestimulantes em sementes pré-básicas de batata obtidas de plântulas in vitro

### ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:  
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.354>

Ana Selinda Ramos Abad<sup>1</sup>

[selindaramosabad@hotmail.com](mailto:selindaramosabad@hotmail.com)

Miltao Edelio Campos Albornoza<sup>2</sup>

[miguevara@unap.edu.pe](mailto:miguevara@unap.edu.pe)

Alfredo Exaltación Condor Pérez<sup>2</sup>

[acondor@undac.edu.pe](mailto:acondor@undac.edu.pe)

Consuelo Noemi Toribio Ayala<sup>2</sup>

[ctoribioa@undac.edu.pe](mailto:ctoribioa@undac.edu.pe)

Hugo David Rueda Castro<sup>2</sup>

[hruedaca@undac.edu.pe](mailto:hruedaca@undac.edu.pe)

<sup>1</sup>Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Huánuco, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú

Artículo recibido: 10 de marzo 2025 / Arbitrado: 16 de abril 2025 / Publicado: 1 de mayo 2025

### RESUMEN

El **objetivo** del estudio fue evaluar el efecto de bioestimulantes en la producción de semillas prebásicas de papa (*Solanum goniocalyx*), a partir de plántulas cultivadas in vitro en módulos tipo fitotoldo, en condiciones altoandinas de Huánuco, Perú. Se evaluaron tres tipos de bioestimulantes: Bio auxinas + Aminoácidos (T2), AATC + Ácido fólico + Aminoácido (T3) y Aminoácidos + Nitrógenos + Fitohormona (T4), dentro de un diseño experimental de bloques completos al azar que incluía 4 tratamientos y 12 unidades experimentales. Entre los hallazgos obtenidos, el T3 (AATC + ácido fólico + aminoácidos) generó mejores resultados. Este tratamiento produjo el mayor número de tallos por planta (2,85), mayor altura (55,26 cm), mayor número de tubérculos (13,53 por planta) y los mayores pesos de tubérculillos de primera (49,63 g) y segunda categoría (73,57 g). Los **resultados** demuestran que el uso de bioestimulantes, especialmente T3, mejora significativamente la producción de semillas prebásicas en ambientes andinos, representando una alternativa viable para pequeños agricultores que buscan obtener semillas de alta calidad y libres de patógenos.

**Palabras clave:** Desarrollo rural; Papas nativas; Pequeños agricultores; Semilla prebásica; Tecnología agrícola

### ABSTRACT

The **objective** of this study was to evaluate the effect of biostimulants on the production of pre-basic potato (*Solanum goniocalyx*) seeds from seedlings grown in vitro in phyto-tent modules under high Andean conditions in Huánuco, Peru. Three types of biostimulants were evaluated: Bio auxins + Amino acids (T2), AATC + Folic acid + Amino acid (T3), and Amino acids + Nitrogens + Phytohormone (T4), within a randomized complete block experimental design that included 4 treatments and 12 experimental units. Among the findings obtained, T3 (AATC + folic acid + amino acids) generated the best results. This treatment produced the highest number of stems per plant (2.85), the greatest height (55.26 cm), the highest number of tubers (13.53 per plant), and the highest weights of first (49.63 g) and second category (73.57 g) tubers. The **results** demonstrate that the use of biostimulants, especially T3, significantly improves prebasic seed production in Andean environments, representing a viable alternative for small farmers seeking high-quality, pathogen-free seeds.

**Key words:** Rural development; Native potatoes; Small farmers; Prebasic seed; Agricultural technology

### RESUMO

O **objetivo** do estudo foi avaliar o efeito de bioestimulantes na produção de sementes pré-básicas de batata (*Solanum goniocalyx*), a partir de mudas cultivadas in vitro em módulos do tipo fito-tenda, sob condições andinas elevadas em Huánuco, Peru. Foram avaliados três tipos de bioestimulantes: Bioauxinas + Aminoácidos (T2), AATC + Ácido fólico + Aminoácido (T3) e Aminoácidos + Nitrogênios + Fitohormônio (T4), dentro de um delineamento experimental de blocos casualizados que incluiu 4 tratamentos e 12 unidades experimentais. Dentre os achados obtidos, o T3 (AATC + ácido fólico + aminoácidos) gerou melhores resultados. Este tratamento produziu o maior número de hastes por planta (2,85), maior altura (55,26 cm), maior número de tubérculos (13,53 por planta) e os maiores pesos de tubérculos de primeira (49,63 g) e segunda categoria (73,57 g). Os **resultados** demonstram que o uso de bioestimulantes, especialmente T3, melhora significativamente a produção de sementes pré-básicas em ambientes andinos, representando uma alternativa viável para pequenos agricultores que buscam sementes de alta qualidade e livres de patógenos.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento rural; Batatas nativas; Pequenos agricultores; Semente pré-básica; Tecnologia agrícola

## INTRODUCCIÓN

La producción de semillas certificadas de papa es esencial para garantizar rendimientos altos, estabilidad productiva y sanidad vegetal, especialmente en regiones altoandinas con condiciones climáticas desafiantes. Sin embargo, en Perú, menos del 0,2% de los agricultores utilizan semillas certificadas, lo que limita el rendimiento y la calidad del cultivo. Esta situación se agrava por el uso predominante de sistemas informales de semilla, con alto riesgo de acumulación de patógenos (1). Ante ello, el uso de plántulas in vitro libres de virus, combinadas con tecnologías de producción como módulos tipo fitotoldo y el empleo de bioestimulantes, representa una alternativa accesible y eficaz para pequeños productores. El uso de plantas cultivadas in vitro para generar tuberculillos de papa (*Solanum gonicalyx*) en calidad de semilla prebásica, juega un papel fundamental especialmente en los países andinos como es el Perú (2). Países con desafíos ante el cambio climático (3).

Dentro del país son pocos los productores oficiales de semillas de papa que cultivan y emplean semillas certificadas, lo cual beneficia principalmente a un grupo restringido de agricultores (4-6). A pesar de que el cultivo de papa constituye el 25% del Producto Interno Bruto (PIB) del sector agrícola y se encuentra presente en 19 de los 24 departamentos del Perú, los agricultores de la zona altoandina, valles interandinos y en

numerosas comunidades campesinas en conjunto llegan a utilizar apenas un 0, 2% de semilla certificada (2,7). Aproximadamente el 95% de la superficie cultivada de papa se ubica en la zona altoandina, entre los 3000 y 4200 metros sobre el nivel del mar, empleando variedades nativas de semillas de tubérculos y semillas modernas introducidas a los sistemas de producción en los últimos 50 años (4).

Esto implica que los productores de esta región siguen dependiendo de tubérculos semilla obtenidos a través de sistemas de semilla informales, guardadas en sus casas o intercambian semillas a nivel local como trueques; estas semillas presentan deficiencias en términos de sanidad, resultando en una significativa disminución de los rendimientos (8,9).

La generación de semillas de papa de alta calidad, como las categorías prebásica y básica para garantizar la calidad genética y fitosanitaria, es generada a partir de plantas cultivadas in vitro, las cuales se derivan del cultivo de meristemas (1,10,11); estas plantas in vitro son empleadas para producir tuberculillos en condiciones ex vitro (12), en invernadero o en instalaciones y laboratorios especializados para la rápida multiplicación de las variedades más solicitadas en el mercado (13, 10, 14) o en módulos creados con el propósito de generar semilla prebásica de papas nativas y variedades mejoradas, orientados hacia agricultores de pequeña escala en Perú,

esta tecnología fue desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) mediante el Programa Nacional de Raíces y Tuberosas de la Estación Experimental Agraria Santa Ana – Junín.

El secreto está en el uso de plántulas in vitro, cultivadas en un ambiente controlado, el mismo que viene siendo adoptado por los pequeños agricultores, quienes en su afán de disponer de semillas de buena calidad optan por copiar el diseño de estos módulos tipo fitoteldo (cobertura de sombra) muy utilizado en las zonas rurales porque tiene costos de inversión moderados en su instalación (15). Así como también la institución pone a disposición de los agricultores manuales de diseño y acompañamiento, para los agricultores de pequeña escala, tanto en la zona altoandina, así como en todo el país, siguiendo los lineamientos del INIA. Esta tecnología permite a los agricultores cultivar su propia semilla de alta calidad, a precios accesibles y de las variedades que elijan, sumado a ello y para maximizar la producción de semillas, los bioestimulantes son una alternativa prometedora al aumentar la absorción de los nutrientes disponibles y estimular la mayor generación de tubérculos (16).

Sin embargo, son escasos las experiencias en el uso de estos módulos, así como la ocupación de bioestimulantes para producir semilla prebásica de papas, a nivel de pequeños agricultores. En

consecuencia, es crucial fortalecer las capacidades de los productores y usuarios de semillas de calidad mediante la implementación de metodologías, donde se adquiera conocimiento a través de prácticas participativas y experiencias prácticas (8).

La presente investigación se justifica por la necesidad urgente de mejorar la disponibilidad y calidad de semillas prebásicas en zonas rurales, fortaleciendo así la seguridad alimentaria, el ingreso de pequeños agricultores y la conservación nativa de variedades de papa. Adicionalmente, estudios previos han demostrado que los bioestimulantes pueden mejorar el desarrollo vegetativo y la producción de tubérculos (4) pero aún existen escasas evidencias sobre su efectividad en sistemas de producción con plántulas in vitro en módulos rústicos. Por ello, este estudio busca generar evidencia científica que permita optimizar estos sistemas y fomentar su adopción a nivel comunitario.

Así que el propósito de este estudio fue evaluar el efecto de bioestimulantes en la producción de semillas prebásicas de papa (*Solanum goniocalyx*) utilizando plántulas cultivadas In Vitro, en condiciones de módulos especiales empleando plántulas cultivadas en condiciones in vitro, en la comunidad altoandina de Jesús, región Huánuco, donde el agricultor enfrenta condiciones climáticas y edáficas difíciles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio tuvo lugar en una comunidad campesina situada a altitud de 3 500 msnm (10° 04' 44,8" O y 76° 37' 55,6" S), perteneciente al distrito de Jesús, región Huánuco, Perú. A través del diseño experimental aleatorio (DCA) que incluía cuatro tratamientos y tres repeticiones, con una población total constituida por 1200 plántulas, distribuidas en 96 plántulas por tratamiento. En cada unidad experimental se incluyeron 32 plantas, de las cuales se seleccionaron aleatoriamente 20 para las evaluaciones respectivas.

El módulo tipo fitoteldo (cobertura de sombra) para la producción de semilla prebásica de papa con capacidad de 700 plántulas fueron diseñados e instalado siguiendo la metodología de Ramos y Toykin (17).

Las plántulas de papa *in vitro* fueron adquiridas de una empresa que cuenta con certificación del Instituto Nacional de Investigación Agraria- INIA para producir plántulas libres de patógenos y la confirmación de estos a través

de pruebas inmunológicas como la ELISA que descartan la presencia de virus.

El proceso de aclimatación consistió en el paso de un ambiente in vitro a ex vitro que se extendió a lo largo de 25 días. Este período implicó la preparación de un entorno con una iluminación limitada, con el fin de prevenir el deterioro de las plántulas por efecto de insolación o luz directa. Se tomaron precauciones para evitar la entrada de posibles patógenos al invernadero Figura 1. En la antesala del módulo se instaló un pediluvio de 60 cm<sup>2</sup> con una solución desinfectante (cal agrícola) para desinfectar los zapatos, reemplazándola cada 15 días. Se desinfectaron las paredes (malla), el techo y el piso del módulo con cipermetrina para evitar ingreso de plagas. Para prevenir la *Phytophthora infestan* se utilizó Mancozeb junto con Cymoxanil (30g/20l) y para controlar la *Alternaria solani* con Difenconazole (250 g/l) + Propiconazole (250 g/l) a una dosis de 5cc/20l de agua.



**Figura 1.** Aclimatación de plántulas in vitro y trasplante de las plántulas en bandejas con celdas para promover su crecimiento y enraizamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tallos a los 50 días después del trasplante

La variable número de tallos por planta permite estimar el potencial de brotación secundaria, aspecto crucial en la formación de estructuras reproductivas en la papa. En esta investigación, se registraron diferencias marcadas entre los tratamientos. El tratamiento T3 mostró el promedio más alto de tallos por planta con 2.88, seguido de T4 con 2.85 y T2 con 2.70. El tratamiento testigo (T1), que no recibió bioestimulantes, presentó el valor más bajo con 2.17 tallos por planta.

Estos datos evidencian que la aplicación de bioestimulantes favorece la emisión de tallos secundarios, lo cual sugiere una mejor respuesta morfogénica de las plántulas in vitro ante estímulos hormonales y nutricionales externos. Las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), lo cual valida que el incremento en el número de tallos no fue producto del azar, sino del efecto real de los tratamientos aplicados.

**Tabla 1.** Número de tallo/ planta a los 50 días.

| Tratamientos       | Medias(und) | 0,05            | 0,01 |
|--------------------|-------------|-----------------|------|
| T3                 | 2,88        | a               | a    |
| T4                 | 2,85        | a               | a    |
| T2                 | 2,70        | b               | b    |
| T1                 | 2,17        | c               | c    |
| EE $\pm$ 0,02 Und. | CV=1,22 %   | p-valor <0,0001 |      |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

### Altura de planta a los 100 días después del trasplante

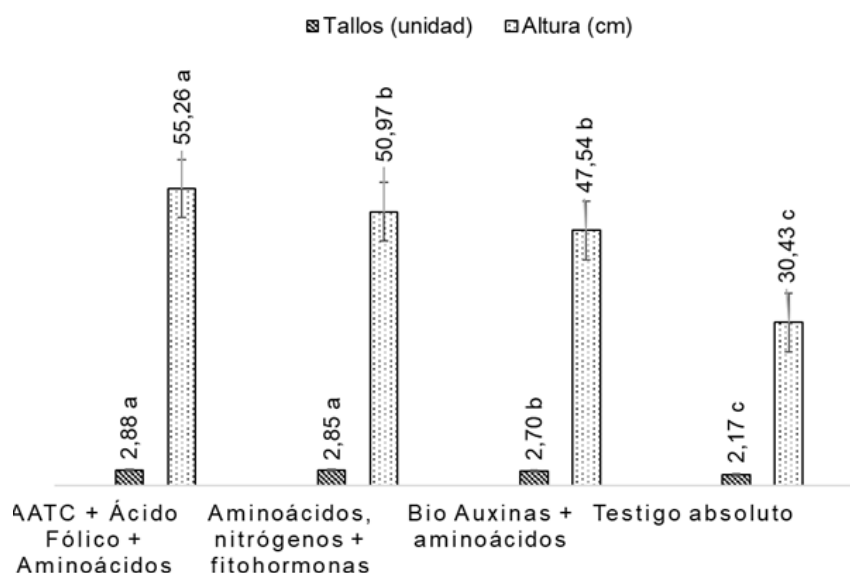
La altura de la planta es un parámetro que permite observar la respuesta en crecimiento vegetativo a lo largo del tiempo. En este caso, se encontró que el tratamiento T3 obtuvo la mayor altura promedio con 55.26 cm, lo cual representa un crecimiento notoriamente superior al del

testigo T1, que apenas alcanzó los 30.43 cm. Los tratamientos T4 y T2 alcanzaron alturas intermedias de 50,97 cm y 47,54 cm, respectivamente.

Este comportamiento indica que los bioestimulantes aplicados influyeron positivamente en la elongación de los tejidos aéreos, probablemente favoreciendo procesos fisiológicos como la división y expansión celular.

Las diferencias encontradas fueron significativas desde el punto de vista estadístico ( $p < 0.05$ ), lo cual confirma el efecto positivo de los tratamientos, en

particular del T3, sobre el crecimiento estructural de las plántulas.

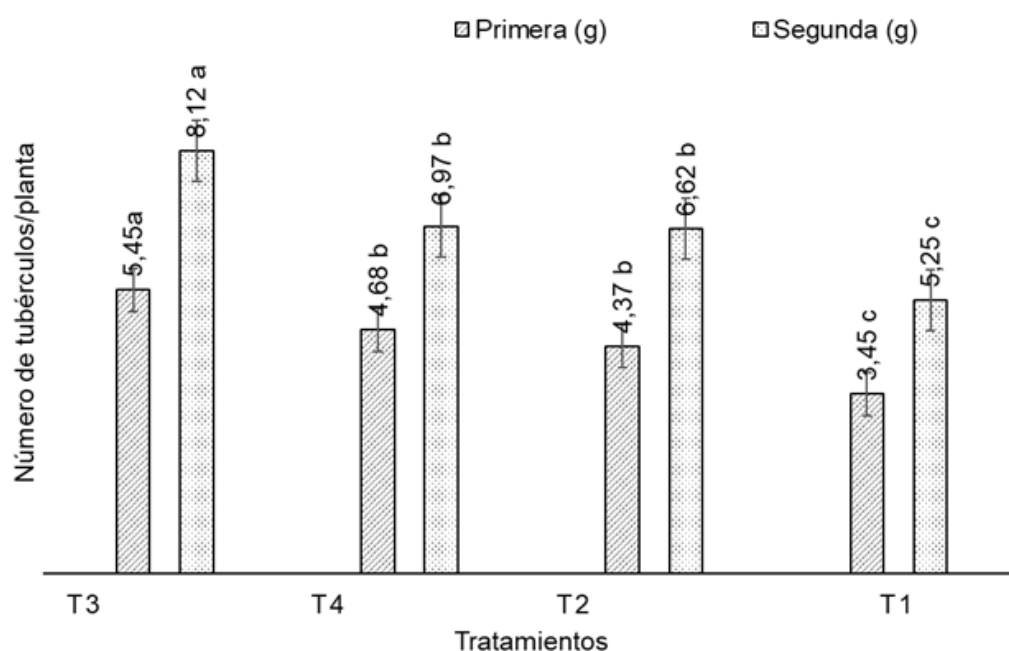


**Figura 1.** Número promedio de tallos a los 50 días y altura de la planta a los 100 días después del trasplante, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

## Tuberculillos de primera y segunda categoría por planta

El número total de tubérculos producidos por planta es uno de los indicadores más importantes al evaluar la eficiencia de un sistema de producción de semilla prebásica. En este estudio, el tratamiento T3 volvió a sobresalir con un promedio de 13,53 tubérculos por planta, mientras que T4 y T2 alcanzaron 11,65 y 10,99 tubérculos respectivamente. El tratamiento testigo (T1) se mantuvo por debajo de los demás con un valor de 8,00 tubérculos por planta.

Estas cifras reflejan el impacto positivo de los bioestimulantes sobre la formación de estolones y la diferenciación de estos en tubérculos. Se puede observar una relación directa entre el mayor número de tallos y el mayor número de tubérculos por planta, lo que sugiere que un mayor desarrollo vegetativo podría estar vinculado con una mayor capacidad de formación de órganos de reserva. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).



**Figura 3.** Promedios número de tuberculillos de primera y segunda categoría por planta, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

La calidad de los tubérculos producidos fue evaluada a través de su clasificación en dos categorías: primera y segunda. En tuberculillos de primera categoría, T3 presentó el mayor valor con 5,45 unidades por planta, seguido por T4 (4,68) y T2 (4,37). El testigo T1 mostró una producción reducida con solo 3,45 unidades por planta.

En tuberculillos de segunda categoría, nuevamente T3 lideró con un promedio de 8,12, seguido por T4 (6,97) y T2 (6,62). El testigo tuvo el valor más bajo con 4,55 tubérculos por planta. Estos resultados indican que la aplicación de bioestimulantes no solo incrementó la cantidad total de tubérculos, sino que también favoreció la producción de unidades de mayor calidad

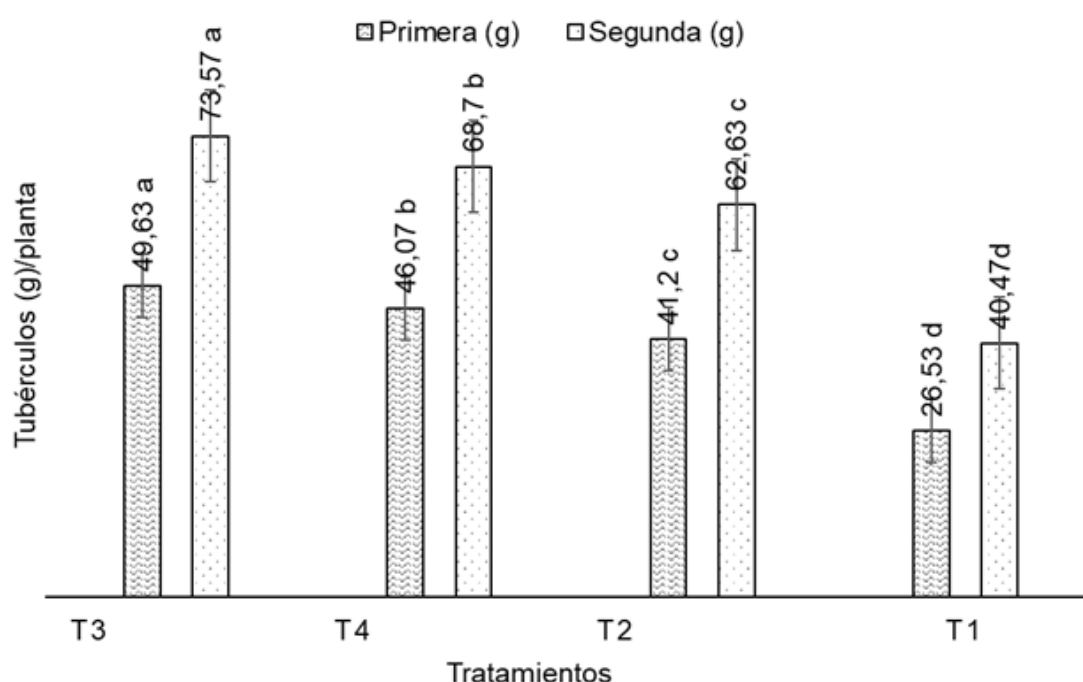
(primera categoría), lo cual es un aspecto clave en la producción de semilla. Las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas para ambas categorías ( $p < 0,05$ ).

### **Peso de tuberculillos de primera y segunda categoría por planta**

El peso promedio de los tuberculillos se midió como un indicador indirecto del llenado de los órganos de reserva, reflejando el uso eficiente de fotosintatos. En la primera categoría, T3 obtuvo el mayor peso con 49,63 g por planta, seguido de T4 (46,07 g) y T2 (42,15 g). El testigo T1 presentó el menor peso con 26,53 g por planta.

En la segunda categoría, T3 también lideró con 73,57 g por planta, mientras que T4 y T2 obtuvieron 68,70 y 63,42 g respectivamente. El testigo T1 registró el menor valor con 34,21 g por planta. Estos valores muestran que las plantas tratadas con bioestimulantes, especialmente el T3, no solo producen más tubérculos, sino que

además estos alcanzaron un mejor desarrollo en términos de tamaño y peso. Este parámetro es de especial importancia en semilla prebásica, ya que las semillas de mayor peso poseen más reservas nutricionales, lo que mejora el vigor de emergencia en la siguiente generación.



**Figura 4.** Promedios peso de tuberculillos de primera y segunda categoría por planta, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

## Discusión

El número de tallos por planta es un indicador determinante del vigor inicial de la planta de papa, ya que cada tallo representa un posible punto de origen para la formación de estolones y, en consecuencia, de tubérculos. En este estudio, los tratamientos T3 y T4 promovieron significativamente una mayor cantidad de tallos,

comparados con el testigo. Esta mejora en la emisión de tallos se explica por la acción sinérgica de los bioestimulantes, especialmente los aminoácidos, el ácido fólico y las fitohormonas, que intervienen en procesos fisiológicos clave como la división celular y la activación de yemas axilares. En particular, el ácido fólico favorece la síntesis de nucleótidos y coenzimas, fundamentales

para la multiplicación celular, mientras que los aminoácidos contribuyen a la síntesis de proteínas estructurales y funcionales en etapas tempranas del desarrollo vegetativo.

Estos hallazgos coinciden con los resultados de Benavides (19), quien reportó que su tratamiento T9 (doble aplicación foliar de bioestimulantes) generó el mayor número de tallos por planta (3), evidenciando un patrón similar al obtenido con T3. Este paralelismo refuerza la hipótesis de que la aplicación adecuada de bioestimulantes potencia la capacidad morfogenética de las plántulas cultivadas *in vitro*.

La altura de la planta es un reflejo directo del desarrollo estructural y de la capacidad fotosintética. El tratamiento T3 alcanzó la mayor altura, superando al resto de tratamientos y al testigo. Esto sugiere que T3 no solo mejora el crecimiento inicial, sino que prolonga la actividad metabólica durante el ciclo vegetativo.

La acción combinada de aminoácidos y ácido fólico puede haber contribuido al fortalecimiento de los tejidos conductores y al alargamiento celular, especialmente en los entrenudos. Estudios como el de Ancajima Guzmán (20), han señalado que los bioestimulantes influyen positivamente en la arquitectura aérea de la planta, al mejorar la captación y asimilación de nutrientes esenciales como nitrógeno y potasio, esenciales para la elongación celular.

Este mayor desarrollo vertical también puede favorecer la intercepción de luz y, por tanto, mejorar el rendimiento fotosintético, lo cual influye en la formación y llenado de tubérculos en fases posteriores.

La capacidad de una planta para formar numerosos tubérculos es fundamental en la producción de semilla prebásica. En este estudio, el tratamiento T3 superó ampliamente al resto, seguido por T4 y T2, con resultados muy por encima del testigo. Este aumento significativo puede explicarse por el mejor estado fisiológico y la mayor actividad hormonal de las plantas tratadas con T3, lo que estimula la formación de estolones estructuras subterráneas a partir de las cuales se originan los tubérculos. El ácido fólico también podría estar relacionado con una mayor actividad meristemática en regiones subterráneas, mientras que los aminoácidos facilitan la síntesis de enzimas que regulan el crecimiento y la diferenciación celular (21-23).

En comparación con Chappa et al. (24), que reportaron entre 1.92 y 6.42 tubérculos por planta en sistemas convencionales, los resultados obtenidos en este estudio duplican ese rango, demostrando la eficacia del sistema modular con plántulas *in vitro* bajo bioestimulación. T3 también presentó el mayor número de tuberculillos de primera y segunda categoría, superando significativamente al resto. Esta diferenciación por categorías es

clave, ya que los tuberculillos de primera tienen mayor valor comercial y agronómico al cumplir con características ideales de forma, calibre y sanidad.

La explicación radica en que los bioestimulantes no solo estimulan la cantidad, sino también la calidad de la producción. Una planta vigorosa, con buen desarrollo aéreo y radicular, puede sostener un mayor número de estructuras de reserva (tubérculos) con características homogéneas. Además, el equilibrio hormonal proporcionado por los tratamientos puede haber promovido una maduración más uniforme de los tubérculos. Este hallazgo también tiene implicancias prácticas, ya que permite obtener semillas más homogéneas y adaptables a distintos sistemas productivos, con mayor potencial de aceptación por programas de certificación (25,26).

En cuanto al peso de los tuberculillos, T3 alcanzó los valores más altos en la primera categoría y en la segunda. El peso mayor indica que no solo se formaron más tubérculos, sino que éstos alcanzaron un llenado más completo. Esto se puede atribuir a una mayor eficiencia fotosintética potenciada por la mayor altura de planta ya un mejor transporte de fotoasimilados hacia los órganos de reserva. Los aminoácidos y fitohormonas presentes en el tratamiento T3 favorecen este proceso, al estimular enzimas clave involucradas en la síntesis de almidón y el transporte de sacarosa (27,28).

Tubérculos más pesados implican una semilla con más reservas, lo que mejora el vigor de la próxima generación, reduce las fallas de emergencia y aumenta la uniformidad del cultivo. Esto es especialmente valioso en sistemas de producción de semillas, donde la homogeneidad y calidad son requisitos fundamentales. El presente estudio demuestra que el uso del bioestimulante T3, aplicado a plántulas in vitro cultivadas en módulos tipo fitoteldo, es altamente eficaz para mejorar parámetros clave en la producción de semilla prebásica. La novedad radica en integrar tecnologías accesibles (módulos rústicos) con biotecnología (cultivo in vitro) y bioestimulación. Esta combinación no ha sido suficientemente explorada en zonas altoandinas y puede ser replicada fácilmente por pequeños agricultores (29).

El alcance de los resultados sugiere una vía práctica para descentralizar la producción de semilla de calidad, promover la autosuficiencia agrícola, conservar variedades nativas y reducir la dependencia del sistema informal. No obstante, el estudio presenta limitaciones: fue realizado en una sola comunidad altoandina, con un solo ciclo agrícola y número limitado de unidades experimentales. Por tanto, se recomienda su validación en distintas zonas agroecológicas y bajo condiciones más variables.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el uso de bioestimulantes tiene un efecto positivo significativo en el crecimiento y desarrollo de las plántulas de papa (*Solanum tuberosum*), particularmente en variables agronómicas como el número de tallos por planta y la altura de las mismas. Entre los tratamientos evaluados, el tratamiento T3, compuesto por una combinación de Ácido Alfa Ceto Carboxílico (AATC), ácido fólico y aminoácidos, y el tratamiento T4, que incluye aminoácidos, nitrógeno y fitohormonas, fueron los más efectivos. Ambos tratamientos promovieron un mayor número de tallos y una mayor altura de las plántulas en comparación con el tratamiento control y otros tratamientos evaluados.

En cuanto al rendimiento, el tratamiento T3 mostró un desempeño superior al resto, destacando significativamente en la producción de tubérculos. Este tratamiento no solo incrementó el número de tubérculos por planta, sino que también favoreció un mayor peso tanto en tubérculos de primera como de segunda categoría, lo que evidencia su potencial para mejorar el rendimiento comercial del cultivo.

Estos hallazgos sugieren que la aplicación de bioestimulantes, especialmente aquellos que combinan componentes como el AATC, el ácido fólico y los aminoácidos, puede ser una estrategia agronómica efectiva para optimizar la producción

de papa. Esto es particularmente relevante en regiones con condiciones agroclimáticas desafiantes, como las zonas altoandinas del Perú, donde los factores ambientales limitan el desarrollo óptimo del cultivo. En este contexto, el uso adecuado de bioestimulantes podría contribuir no solo a mejorar la productividad, sino también a fortalecer la seguridad alimentaria y la economía de los productores locales.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Namugga P, Aijuka S, Arinda O, Mateeka B, Barekye A. Early generation seed starter materials and approaches to seed production: challenge for improving the potato seed system in Uganda. *Crop Sci.* 2023. <https://doi.org/10.1002/csc2.20969>
2. Tapia M, Lorenzo J, Mosqueda O, Escalona M. Obtención de microtubérculos y minitubérculos como semilla pre-básica en tres cultivares peruanos de papa. *Biotechnol Veg.* 2017;17(3). <https://n9.cl/k8m1w>
3. Aguilar-Luis M, Sanchez J, Mercado W, Orihuela J. Sustainable agriculture in Peru based on agrobiodiversity and climate-smart agriculture—evaluation of a case study with small farmers in an Andean basin. *J Ecol Eng.* 2024; 25(4):278-93. <https://doi.org/10.12911/22998993/185221>
4. Pinedo-Taco R, Egusquiza-Bayona P, Anderson-Berens D. Use of quality potato seeds in family farming systems in the highlands zones of Peru. 2021. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99397>
5. Collier P, Dercon S. African agriculture in 50 years: smallholders in a rapidly changing world?. *World Dev.* 2014;63:92-101. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.10.001>

6. Raimi A, Adeleke R, Roopnarain A. Soil fertility challenges and biofertiliser as a viable alternative for increasing smallholder farmer crop productivity in sub-Saharan Africa. *Cogent Food Agric.* 2017;3(1):1400933. <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1400933>
7. Dominguez C. Emerging concepts in plant breeding and their use for the design of seed delivery and dissemination strategies: a systematic review. 2023. <https://doi.org/10.4160/cip.2023.12.005>
8. Egúsqiza R. La papa en el Perú. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2014. <https://n9.cl/h3h9j>
9. Forbes G, Charkowski A, Andrade-Piedra J, Parker M, Schulte-Geldermann E. Potato seed systems. In: *The Potato Crop*. Cham: Springer; 2020. 431–47. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_12)
10. Obedi N. Production of potato quality seeds in mountainous region of Central Africa. In: *Advances in Root Vegetables Research*. London: IntechOpen; 2023. <https://doi.org/10.5772/intechopen.107126>
11. Tessema L, Tesfaye M. Understanding and managing seed degeneration in potato: implications for potato resilient seed system and food security. *CABI Rev.* 2023. <https://doi.org/10.1079/cabireviews.2023.0049>
12. Mba C, Diop N, Diulgheroff S, Furman B, Hugo W, McGuire S, et al. Managing plant genetic resources for food and agriculture as global commonwealth. In: *Transformation of Agri-Food Systems*. Singapore: Springer; 2024. 63–76. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-8014-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-99-8014-7_6)
13. Pineda-Taco R. Innovaciones tecnológicas con metodología de ECA en producción y adopción de uso de semilla certificada en sistemas de agricultura familiar. *Tierra Nuestra.* 2019;13(1):77–86. <https://doi.org/10.21704/rtn.v13i1.1294>
14. Escalante G, Quiñones C, Cancino S. Evaluación de la eficacia de un protocolo de micropropagación en dos variedades de papa. *Bistua Rev Fac Cienc Bás.* 2024;22(1):1–6. <https://doi.org/10.24054/bistua.v22i1.2710>
15. Espinoza-Ticona Y, Lozano F, Moreano-Alarcón L, Calixto-Muñoz JJ, Quilca GC. Pre-treatments and drying methods on the physicochemical and sensory characteristics of wild mushrooms from Apurímac–Peru. *Chil J Agric Anim Sci.* 2023;39(3):276–87. <https://doi.org/10.29393/CHJAA39-24PDYG50024>
16. Ramírez-López H. Respuesta productiva del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. Var. Diacol Capiro, a la aplicación de bioestimulantes foliares [Tesis de pregrado]. Perú: Univ. Ciencias Agropecuarias; 2022. <https://n9.cl/68fup>
17. Ramos Z, Mayco M. Módulos para producir semilla pre básica de papas nativas y variedades mejoradas a nivel de pequeños agricultores. 2020. <https://n9.cl/p8o2i>
18. Seminario J, Seminario A, Domínguez A, Escalante B. Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa del grupo Phureja. *Sci Agropecu.* 2017;8(3):181–91. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.01>
19. Benavides R. Rendimiento de la papa grupo Phureja, cultivar amarillis redonda, con tres dosis de humus y tres niveles de bioestimulante foliar [Tesis de pregrado]. 2019. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. <https://n9.cl/spnmra>
20. Ancajima L. Aplicación de bioestimulantes en el cultivo de papa en condiciones del valle del Cañete [Tesis de pregrado]. 2016. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://n9.cl/4rsqiq>
21. Huarcaya P. Efecto de diferentes tipos de sustrato en la producción de semilla prebásica de papa en Acobamba – Huancavelica [Tesis]. Huancavelica: Univ. Nac. de Huancavelica; 2014.
22. Cervantes R. Comportamiento de dos variedades de papa para producción de semilla pre básica según sistema clásico, hidropónico, aeropónico e hidroaeropónico [Tesis]. Huancavelica: Univ. Nac. de Huancavelica; 2013.
23. Rojas L, Seminario J. Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha de la región Cajamarca. *Sci Agropecu.* 2014;5(1):165–75.

- 24.** Chappa N, Coronel F, Chávez S, García L, Chuquizuta T. Comportamiento productivo y viabilidad económica de papa var. Huayro proveniente de cultivo in vitro en dos sistemas de producción de semilla pre básica. *Rev Cient Pakamuros*. 2021;9(3):14–28. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i3.215>
- 25.** Arellano M, García M, Villavicencio E, García S. Producción de plántulas y semilla prebásica de variedades comerciales de papa libres de enfermedades. México: INIFAP; 2010.
- 26.** Kawakami T, Oohori H, Tajima K. Seed potato production system in Japan, starting from foundation seed of potato. *Breed Sci*. 2015;65(1):17–25. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.65.17>
- 27.** Rajendran S, Domalachenpa T, Arora H, Li P, Sharma A, Rajauria G. Hydroponics: exploring innovative sustainable technologies and applications across crop production, with emphasis on potato mini-tuber cultivation. *Heliyon*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26823>
- 28.** Singh B, Sharma S. Sistemas de producción de semillas de papa: entonces y ahora. *Diario de la papa*. 2018;45(1).
- 29.** Donnelly D, Coleman W, Coleman S. Potato microtuber production and performance: a review. *Am J Potato Res*. 2003; 80:103–15. <https://doi.org/10.1007/BF02870209>