

Producción de tubérculos de yemas presentes en cáscara de papa con abonamiento de cepas de *Trichoderma* sp

Production of tubers from buds present in potato peel with fertilization of *Trichoderma* sp

Juan Inquilla Mamani^{1*}, Luis Pauro Flores², Nora Ortiz Calcina³ y Rosario Isabel Bravo Portocarrero⁴

Resumen

El consumo de papa se realiza en todo el Altiplano de Puno y entre los desechos orgánicos producidos diariamente en el hogar se encuentra la cáscara de papa. El objetivo de la investigación es la producción de tubérculos a partir de yemas presentes en cáscaras de papa con cuatro cepas de *Trichoderma* sp. El estudio se realizó bajo un diseño experimental con cuatro cepas de *Trichoderma* sp., en forma al azar con un total de 5 tratamientos distribuidas con dos repeticiones con un total de 12 unidades experimentales, se seleccionó las cáscaras de papa con yemas, incluyendo un abonamiento con cuatro cepas nativas y comerciales de *Trichoderma*, para favorecer el crecimiento de plántulas, dándose mayor valor a la “producción orgánica”. Los resultados encontrados evidencian que la mayor cantidad de tubérculos se logró con cepa de *Trichoderma* sp. 3 con 121.50 tubérculos/2.4m² (10.13 tubérculos/planta); seguido de la cepa de *Trichoderma* sp. 5 con 107.50 tubérculos/2.4m² (8.96 tubérculos/planta), los cuales estadísticamente fueron similares y superiores a los demás tratamientos. Mientras el testigo tuvo menor cantidad de tubérculos con 18.50 tubérculos/2.4m² (1.54 tubérculos/planta). Por tanto, en la práctica milenaria de la sabiduría andina rescatamos el uso de cepas nativas de *Trichoderma* sp., para así contribuir en la solución de los problemas humano-ambientales y el uso sostenible de la cascara de papa en la región.

Palabras clave: Cáscara de papa, rendimiento, tubérculos, *Trichoderma*, Yemas.

Abstract

Potato consumption occurs throughout the Altiplano of Puno and among the organic wastes produced daily at home is potato peelings. The objective of this research is the production of tubers from buds present in potato peels with four strains of *Trichoderma* sp. The study was carried out under an experimental design with four strains of *Trichoderma* sp, in a randomized way with a total of 5 treatments that were distributed with two repetitions with a total of 12 experimental units, the potato peels with buds were selected, including a fertilization with four native and commercial strains of *Trichoderma*, some of them were codified since the species has not yet been identified, to support the growth of seedlings so, in this way, it gives value to the “organic production”. The results found evidenced that the greater quantity of tubers was obtained with the strain of *Trichoderma* sp. 3 with 121.50 tubers/2.4m² (10.13 tubers/plant). Followed by the strain of *Trichoderma* sp. 5 with 107.50 tubers/2.4m² (8.96 tubers/plant), which statistically were similar and superior to the other treatments, while the control had less quantity of tubers with 18.50 tubers/2.4m² (1.54 tubers/plant). Therefore, in the millenary practice of Andean wisdom, we rescued the use of native strains of *Trichoderma* sp. in order to contribute to the solution of human-environmental problems and the sustainable use of potato peelings in the region.

Keywords: Potato peel, tubers, *Trichoderma*, yield, yolks.

Recibido: 12/11/2021

Aceptado: 12/04/2022

Publicado: 16/05/2022

Sección: Artículo original

*Autor correspondiente: jinquilla@unap.edu.pe

Introducción

En el Perú, la papa es alimento básico en sus diversas formas y múltiples colores, también se realiza su transformación para el consumo humano; respecto a su manejo en el campo, no hay mucha diferencia por la zona geográfica, forma de producción y el periodo vegetativo. La papa es el tercer cultivo alimenticio más importante en el mundo, luego del arroz y del trigo. Según el Centro de Investigación de la Papa (CIP), alrededor de 1.4 millones de personas consumen este tubérculo regularmente, y la producción mundial alcanza los 300 millones de toneladas métricas (IDEXCAM, 2018).

Los estudios de FAOSTAT (2020), indican que, en el año 2018, de los 21 países de América Latina, Perú se

encuentra en la posición 16 con una producción de 5,132 toneladas, con un rendimiento de papa con 15.76 t/ha, estando a nivel de volúmenes de producción en el tercer

¹Universidad Nacional del Altiplano de Puno-Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2540-9091>

²Universidad Nacional del Altiplano de Puno-Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0431-4643>

³Universidad Nacional del Altiplano de Puno-Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3772-7564>

⁴Universidad Nacional del Altiplano de Puno-Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5186-7569>

Como citar: Inquilla Mamani, J., Pauro Flores, L., Ortiz Calcina, N., y Bravo Portocarrero, R. I. (2022). Producción de tubérculos de yemas presentes en cáscara de papa con abonamiento de cepas de *Trichoderma* sp. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(2), 122-130. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2022.370>



lugar después de Estados Unidos con una producción de 20,807 toneladas y 49,76 t/ha en rendimiento, Canadá. 5,791 toneladas de producción y 43.18 t/ha en Rendimiento (Chepeliev, 2020). Los factores asociados a la mejora del rendimiento del cultivo están: uso de fertilizantes, abonos, y sistemas de riego apropiados, el cultivo de papa es cultivada en 19 de las 25 regiones del país, principalmente en zonas alto andinas, entre los 3300 y 4000 m.s.n.m., como la región Puno, la producción de la papa alcanza 822.0 toneladas por campaña y Lambayeque con menor producción de 2.9 toneladas (MINAGRI, 2020). Actualmente en Puno existen alrededor de 40 000 hectáreas de cultivo de papa, produciendo 225 000 toneladas y un rendimiento promedio de 9.6 toneladas/ha (Cabrera et al., 2020).

La producción de la papa se realiza a lo largo del país, el 95% de la producción de este tubérculo se realiza en condiciones ambientales de tipo seco (sierra) y el 5% lo realiza bajo condiciones de riego (costa) (Inostroza, 2020; Pintado, 2011). La papa, como cultivo está ampliamente diseminado en los países de la región Andina, y gran parte de la producción de tubérculos proviene de pequeños agricultores. También se reconoce que, en el proceso productivo, los tubérculos semilla son los componentes más importantes para potenciar los niveles de producción. Este cultivo está limitado por los altibajos sobre la producción de tubérculos por unidad de área, porque esto puede deberse a la calidad del tubérculo semilla utilizada (Dávila, 2014). Los métodos de multiplicación acelerada se han usado en los programas de semilla desde los inicios de los años 1980 y se han popularizado tanto que en la actualidad forman parte integral de los programas de semilla y en las últimas décadas la producción de semilla de papa ha experimentado grandes avances, gracias al desarrollo de los métodos de multiplicación rápida, utilizando secciones de tallo enraizadas o plántulas in vitro propagadas masivamente (Ezeta, 2001).

En la literatura científica, existen diversos estudios que dan cuenta el uso de la cascara de papa, para diferentes procesos desde la preparación de carbones activados mediante activación química con ácido fosfórico para la adsorción de cromo hexavalente [Cr (VI)] de efluentes de tenerías (Vunain et al., 2021), para caracterizar los compuestos fenólicos sin antocianina y antocianina de las cáscaras de papa (Sampaio et al., 2021). Asimismo, se ha encontrado estudios que tratan la biomasa residual de cascara de patata (PWB) a base de almidón utilizando como sustrato potencial para la producción de hidrógeno a través de la fermentación oscura por la cepa productora de amilasa termófila *Parageobacillus thermoglucosidasius* KCTC 33548 (Singhvi et al., 2021). El residuo de cascara de papa (PP) se utilizó para la remoción del colorante aniónico Cibacron Blue P3R de una solución acuosa, activado con ácido fosfórico (PPa) y calcinado a 800 ° C (PPc). La capacidad de absorción para la sorción del colorante CB

sigue este orden: calcinado> activado> materiales nativos. El biocarbón de cascara de patata (PPc) puede considerarse un adsorbente prometedor para eliminar los tintes persistentes del agua (Bouhadjra et al., 2021). En la misma perspectiva (Gholami y Rahimi, 2021) estudiaron las características del biocarbón de cascara de papa (PPB) y el biocarbón de cascara de papa modificado (MPPB), y sus efectos sobre la adsorción y fraccionamiento de algunos metales pesados en suelos ácidos contaminados. Los resultados de este estudio mostraron que el MPPB se puede utilizar como un adsorbente ecológico y de bajo costo para la inmovilización de metales pesados en suelos ácidos contaminados.

Otro grupo de estudios utilizaron la cascara de la papa, para usos agroindustriales para producción de conidios fúngicos, la fertilización del suelo, extractos fenólicos de cascara de papa (PhE) para desarrollar bioplásticos para envasado de alimentos, para extender la vida útil de las gambas durante el almacenamiento en comparación con el empaque de polietileno (Sala et al., 2021; Majee et al., 2021; Lopes et al., 2021; Shruthy et al., 2021). Varios investigadores reportan que *Trichoderma* spp. tiene varios mecanismos de acción de como agente de biocontrol e interacción con la planta, como la habilidad para parasitar hongos fitopatógenos, por la producción de enzimas hidrolíticas de la pared celular (glucanasas, quitinasas y proteasas); la competencia por el espacio y nutrientes que se da en la rizosfera; así como la capacidad de promover el desarrollo de plantas (Yedidia et al., 2001) y raíces (Contreras et al., 2009), también influye en el aumento de la captación de nutrientes y la eficacia como fertilizante en la planta (Altomare et al., 1999), asimismo como el fortalecimiento de resistencia a estreses ambientales (Harman, 2007).

En la actualidad son limitados los estudios sobre la obtención de tubérculos de yemas presentes en cascara de papa con abonamiento de cepas de *trichoderma* sp. Una alternativa de producir tubérculos con buena sanidad, es utilizando la multiplicación rápida por medio de yemas, pero procedente de la cascara de papa, los cuales poseen yemas axilares. Los brotes como medio de propagación pueden reducir el nivel de infección de virus y generar tubérculos igual o mayor que los tubérculos semilla que le dieron origen; al obtener un gran número de tubérculos semilla a partir de brotes el beneficiado directo será el agricultor y su familia, debido a que invertirá menos e incluso reduciría los costos en el uso de tubérculo semilla, por ello es necesario determinar el rendimiento potencial de este medio de propagación (Dávila, 2014). Se conoce, que la cascara de papa después de ser pelada del tubérculo, es usada frecuentemente como alimento para el ganado porcino en sector rural y otras veces como un desecho, sin saber que se podría utilizar como material de propagación vegetativa de plántulas de papa para su posterior trasplante, ya que posee yemas axilares en los nudos.

Dentro de una producción orgánica la utilización eficiente de los productos biológicos y orgánicos empleados en la producción de hortalizas *Trichoderma* spp., posee varios mecanismos de acción como agente de biocontrol e interacción con la planta, como la habilidad para parasitar hongos fitopatógenos, por la producción de enzimas hidrolíticas de la pared celular (glucanasas, quitinasas y proteasas); la competencia por el espacio y nutrientes que se da en la rizosfera; así como la capacidad de promover el desarrollo de plantas (Yedidia et al., 2001), citado por (García et al., 2012) y raíces (Contreras et al., 2009); también influye en el aumento de la captación de nutrientes y la eficacia como fertilizante en la planta (Altomare et al., 1999); asimismo como el fortalecimiento de resistencia a estreses ambientales (Harman, 2007). Los métodos de multiplicación acelerada se han usado en los programas de semilla desde los inicios de los años 1980 y se han popularizado tanto que en la actualidad forman parte integral de los programas de semilla y en las últimas décadas la producción de semilla de papa ha experimentado grandes avances, gracias al desarrollo de los métodos de multiplicación rápida, utilizando secciones de tallo enraizadas o plántulas in vitro propagadas masivamente (Ezeta, 2001).

En consecuencia, *Trichoderma* tiene varias potencialidades como biocontrolador y como biofertilizante, por ello, aún se realizan estudios para conocer sus beneficios en los diferentes cultivos dentro del país aún, teniendo presente que su efectividad varía por la dependencia del accionar de la cepa, y su calidad como producto aplicado (García et al., 2012). Por lo tanto, es importante conocer su

acción como promotor sobre el rendimiento de tubérculos de papa a través de yemas presentes en cáscara de papa. Por tanto, siendo la cáscara de papa una fuente de material de propagación vegetativa, lo cual no es aprovechado como fuente de propagación para la producción de plántulas; la presente investigación pretende mostrar que, de la cáscara de papa se puede obtener plántulas, las cuales al ser transplantadas en campo definitivo y abonadas con cepas de *Trichoderma* sp., se puede obtener mejores rendimientos de tubérculos para el agricultor en pequeña escala. Finalmente, es importante la elaboración de políticas públicas pensadas desde los territorios y con la participación activa de los actores locales, para un desarrollo real de los diferentes pisos ecológicos andinos (Haller y Branca, 2020). Asimismo, en la misma perspectiva Escobar, Branca y Haller (2020) sostienen el espíritu de la perspectiva montológica, consideramos la transdisciplinariedad como una característica necesaria en los estudios de montaña y, específicamente, sobre los Andes.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en un terreno en la Localidad de Salcedo – Puno entre los meses de noviembre del 2017 a abril del 2018. El material experimental fue cáscara de papa con yemas laterales y terminales procedentes de tubérculos de papas nativas de la variedad imilla de diferentes colores. Se utilizó cepas de *Trichoderma* nativas y comerciales, algunas de las cuales están codificadas por número ya que aún no se ha identificado la especie (Tabla 1). Estas cepas están siendo producidas en sustrato cebada en el Megalaboratorio de Sanidad Vegetal de la UNA-Puno.

Tabla 1. Cepas de *Trichoderma* sp. usadas en la investigación.

Nº	Cepa de <i>Trichoderma</i> sp.	Tipo de cepa	Aislamiento del órgano	Cultivo de quinua /variedad	Procedencia	Región
1	<i>Trichoderma</i> sp. 5	Nativa	Tallo	Kankolla	Puno	Puno
2	<i>Trichoderma viride</i>	Comercial	-	-	-	Lima
3	<i>Trichoderma</i> sp. 3	Nativa	Tallo	Salcedo INIA	Camacani	Puno
4	<i>Trichoderma</i> sp. 126	Comercial	S.E.	S.E.	Cusco	Cusco

S.E.= Sin Especificar

Las dosis de las cepas de *Trichoderma* sp. como tratamientos en estudio fueron: S1: Testigo (Sin aplicación), S2: Cepa de *Trichoderma viride* (0.4kg/m²), S3: Cepa de *Trichoderma* sp.5 (0.4 kg/m²), S4: Cepa de *Trichoderma* sp.126 (0.4kg/m²) y S5: Cepa de *Trichoderma* sp.3 (0.4 kg/m²). El área experimental fue de 24.0 m², la unidad experimental fue de 2.4 m². El distanciamiento entre surcos fue de 0.80 m y entre plantas fue de 0.25 m. El número de plantas fue de 12 en 3.00 m de largo. El diseño experimental para la investigación fue completamente al azar con 6 tratamientos en estudio (Cepas de *Trichoderma* sp, más un testigo), conducidos bajo dos repeticiones, con un total de 12 unidades experimentales.

La conducción del experimento consistió en dos fases:

Primera fase. - Obtención de plántulas de papa a partir de yemas de cáscara de papa (Figura 1). Primeramente se recicló bandejas de yogurt luego se desinfectó con alcohol de 70°, posteriormente se utilizó como sustrato tierra negra de un kilo por bandeja, a continuación se mezcló la tierra con cepas de *Trichoderma* sp, según tratamiento a razón de 0.16g/bandeja, enseguida se repartió el sustrato por cada hoyo, se plantó la cáscara de papa con yema por hoyo, a los 15 días se produjo el crecimiento de yemas y en 30 días se obtuvo plántulas con 5 a 7 hojas y tallos de 5 a 10 cm de altura (Figura 2).



Figura 1. Obtención de plántulas de papa a partir de yemas de cáscara de papa. **A:** Selección de yemas con cáscara de papa, **B:** Siembra de cáscara de papa con yemas, **C y D:** Observación de crecimiento de brotes y crecimiento de plántulas de papa a los 15 días.

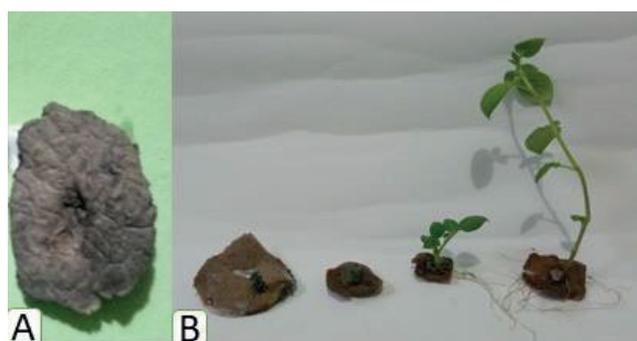


Figura 2. Proceso de crecimiento de yemas presentes en cáscara de papa. **A:** Brote saliente en yema lateral, **B:** Crecimiento de plántula a partir de brotes presentes en yemas.

Segunda fase. - Transplante de plántulas a campo definitivo (Figura 3). En el mes de octubre se inició con la preparación del terreno, mes de noviembre se inició con el trasplante de plántulas a campo definitivo, las plántulas

se colocaron alternando por colores de la variedad Imilla en los surcos, los distanciamientos de siembra entre surcos fueron de 0.80 m y 0.25 m entre plántulas, y como abono orgánico para la siembra se incorporó a los surcos cepas de *Trichoderma* sp., y durante los meses de enero y febrero se realizó el aporque respectivo y en mes de mayo se hizo la cosecha.

Siendo las variables de medición o respuesta:

- Cantidad de tubérculos de papa (Número tubérculos/planta).
- Rendimiento de tubérculos de papa (kg/planta)

Los datos evaluados fueron analizados mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan ($P \leq 0.05$) utilizando el software estadístico InfoStat versión estudiantil 2018.



Figura 3. Transplante de plántulas a campo definitivo. **A:** Área del experimento, **B:** surcado, **C:** Incorporación al suelo como abono; cepas de *Trichoderma* sp., **D:** Extracción de plántulas de papa con pan de tierra a campo definitivo, **E:** Etapa de inicio de floración, **F:** Etapa de maduración, **G:** cosecha, **H:** Obtención de tubérculos, **I:** Pesado de tubérculos por planta, **J:** Producción de tubérculos.

Resultados

Producción de tubérculos a partir de yemas de cáscara de papa abonadas con cepas de *Trichoderma* sp.

Existe diferencias en la producción de tubérculos cosechados, argumentándose que los resultados se deben al efecto de las cepas de *Trichoderma* sp. por sus diferencias en su efectividad como promotor de crecimiento vegetal y desarrollo vegetativo, lográndose mejores resultados al compararlo con el testigo. También, las diferencias de los resultados, se deben a las características del esqueje de brote, la variedad, la dosis de abonamiento y las condiciones ambientales del lugar de investigación, los cuales influyeron en la cantidad de tubérculos. En la tabla 2, el análisis de varianza para cantidad de tubérculos producidos a partir de plántulas procedentes de yemas de cáscara de papa y abonamiento de cepas de *Trichoderma* sp., muestra que en entre los tratamientos en estudio existe diferencias estadísticas altamente significativas ya que el valor de p-valor (0.0035) es menor al nivel de significación 0.01, indicando que entre las medias de los tratamientos hay diferencias reales en cantidad de tubérculos, pero no indica el orden de mérito, por lo que se realizará una prueba de comparación de medias para conocer el orden de mérito en base a la significancia estadística; además el coeficiente de variación (CV) igual a 21.19% nos indica que la homogeneidad del material experimental utilizado es aceptable, por lo tanto los datos experimentales son confiables (Vásquez, 2013).

Tabla 2. Análisis de varianza para cantidad de tubérculos producidos a partir de plántulas procedentes de yemas de cáscara de papa con cepas de *Trichoderma* sp.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Trat.	4	108.3399	27.0850	18.29**	0.0035
Error	5	7.4030	1.4806		
Total	9	115.7429			
CV=21.19%					

** = Diferencias estadísticas altamente significativas.

En la tabla 3, se observa la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para los tratamientos en estudio sobre cantidad de tubérculos producidos, la mayor cantidad de tubérculos se logró con cepa de *Trichoderma* sp. 3 con 121.50 tubérculos/2.4m² (10.13 tubérculos/planta). Seguido de la cepa de *Trichoderma* sp. 5 con 107.50 tubérculos/2.4m² (8.96 tubérculos/planta), los cuales estadísticamente fueron similares y superiores a los demás tratamientos, *Trichoderma viride* tuvo 59.50 tubérculos (3.17 tubérculos/planta), *Trichoderma* sp 126 tuvo 38 tubérculos/2.4m² (3.17 tubérculos/planta), y el testigo tuvo menor cantidad de tubérculos con 18.50 tubérculos/2.4m² (1.54 tubérculos/planta).

Tabla 3. Prueba de Tukey para tratamientos en estudio sobre cantidad de tubérculos por efecto de las cepas de *Trichoderma* sp.

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio Tubérculos ¹	
		planta	2.4 m ²
1	S5 (<i>Trichoderma</i> sp. 3)	10.13	121.50 ^a
2	S3 (<i>Trichoderma</i> sp. 5)	8.92	107.50 ^{a b}
3	S2 (<i>Trichoderma viride</i>)	4.96	59.50 ^{b c}
4	S4 (<i>Trichoderma</i> sp. 126)	3.17	38.00 ^c
5	S1 (Testigo)	1.54	18.50 ^c

¹ Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

Rendimiento de tubérculos a partir de yemas de cáscara de papa con cepas de *Trichoderma* sp.

Se ha observado también diferencias en los resultados obtenidos por la aplicación de las cepas de *Trichoderma* sp., estas diferencias se pueden atribuir a las características del esqueje del brote, la variedad, dosis de incorporación del *Trichoderma* sp y a las condiciones medio ambientales del lugar de investigación, los cuales influyeron en la cantidad de tubérculos. En la tabla 4, el análisis de varianza para rendimiento de tubérculos a partir de yemas de cáscara de papa con cepas de *Trichoderma* sp., muestra que en el experimento entre los tratamientos en estudio existe diferencias estadísticas altamente significativas ya que el valor de p-valor (0.0128) es menor al nivel de significación 0.01, indicando que entre las medias de los tratamientos hay diferencias reales en rendimiento de tubérculos producidos, pero no indica el orden de mérito, por lo que se realizará una prueba de comparación de medias para conocer el orden de mérito en base a la significancia estadística; además el coeficiente de variación (CV) igual a 18.71% nos indica que la homogeneidad del material experimental utilizado es aceptable, por lo tanto los datos experimentales son confiables.

Tabla 4. Análisis de varianza para rendimiento de tubérculos producidos a partir de plántulas procedentes de yemas de cáscara de papa con cepas de *Trichoderma* sp.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Trat.	4	0.0459	0.0115	10.83**	0.0128
Error	5	0.0053	0.0011		
Total	9	0.0512			
CV=18.71%					

** = Diferencias estadísticas altamente significativas

En la tabla 5, se observa la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para los tratamientos en estudio sobre el rendimiento de tubérculos; el mayor rendimiento de tubérculos se logró con la cepa de *Trichoderma* sp. 3 con 3.28 kg/2.4m² (0.27 kg/planta), seguido de la cepa de *Trichoderma* sp. 5 con 2.55 kg/2.4m² (0.21 kg/planta), *Trichoderma viride* tuvo 2.10 kg/2.4m² (0.18 kg/planta), *Trichoderma* sp 126 con

1.83 kg/2.4m² (0.15 kg/planta), los cuales estadísticamente son similares, y el testigo tuvo menor rendimiento con 0.80 kg/2.4m² (0.07 kg/planta).

Tabla 5. Prueba de Tukey para tratamientos en estudio sobre rendimiento de tubérculos

Orden de mérito	Tratamiento	Promedio Rendimiento de tubérculos ¹ (kg)	
		planta	2.4 m ²
1	S5 (<i>Trichoderma</i> sp. 3)	0.27	3.28 ^a
2	S3 (<i>Trichoderma</i> sp. 5)	0.21	2.55 ^a
3	S2 (<i>Trichoderma viride</i>)	0.18	2.10 ^{a b}
4	S4 (<i>Trichoderma</i> sp. 126)	0.15	1.83 ^{a b}
6	S1 (Testigo)	0.07	0.80 ^b

¹ Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

Los resultados en peso de tubérculos también respaldados por (CIP-Centro Internacional de la papa, 2008) quien, menciona que el peso está muy ligado al genotipo (variedad), se pueden modificar ligeramente por el manejo de la semilla o con algunas prácticas de campo, cuanto menos tiempo esté en el campo un cultivo, menor será el riesgo de contaminación. Los materiales precoces son cosechados más temprano, aunque en las variedades tardías el ciclo puede reducirse eliminando el follaje, una vez que los tubérculos han alcanzado el tamaño semilla, aun cuando el cultivo no haya llegado a su completa madurez (Otiniano, 2017).

Brotman y Gupta (2010), manifiestan que diversos aislados de *Trichoderma* estimulan el crecimiento vegetal de planta, porque son capaces de sintetizar determinados compuestos del tipo hormonal. Además, producen diferentes ácidos orgánicos que reducen el pH, solubilizando el fósforo, así como otros nutrientes, de esta forma mejora el desarrollo de la planta (Verma et al., 2007).

Discusión

En cuanto a la cantidad de tubérculos producidos a partir de plántulas procedentes de yemas de cáscara de papa con cepas de *Trichoderma* sp., se evidencian diferencias entre los diferentes estudios. Lo obtenido por Dávila (2014), ha sido 10.33 tubérculos por brote bajo dos aplicaciones de ácido gibbélico, 8.33 tubérculos bajo una aplicación de gibbélico, y de 7.00 tubérculos en el testigo, en condiciones de campo. Quispe et al., (2018) obtuvo de 4 a 5 tubérculos por planta bajo el trasplante de plántulas de 5 a 6 cm de altura en diferentes variedades de papa. Baltazar (2014), en su estudio reporta 12 tubérculos por planta obtenidos del esqueje de brote apical, 7 tubérculos del esqueje medio y 8 tubérculos del esqueje basal. Asimismo, Choque (2019) da a conocer que se tuvo 11.55, 10.52 y 8.46 en las variedades de papa Saq'ampaya, Imillia negra y Waych'a al usar brotes de papa con 4 a 10 hojas. Las diferencias de los resultados, se

deben a las características del esqueje de brote, la variedad, la dosis de abonamiento y las condiciones ambientales del lugar de investigación, los cuales influyeron en la cantidad de tubérculos.

Ticona (2015) obtuvo menor cantidad de tubérculos por planta, al usar brotes del primer y segundo desbrote por esqueje apical, medio y basal, donde la mayor cantidad lo obtuvo con brotes del segundo desbrote del esqueje basal con 3.59 tubérculos, esqueje medio con 2.93 tubérculos y esqueje apical con 2.81 tubérculos; siendo menor la cantidad de tubérculos con brotes del primer desbrote, donde el esqueje apical tuvo 2.20 tubérculos, esqueje basal con 1.90 tubérculos y esqueje medio con 1.72 tubérculos. La diferencia se debe a que usaron un nivel de fertilización mineral en las platabandas de producción de 15-15-15, utilizando como fuentes de nutrientes Urea y Bayfolan, además de la variedad de papa nativa.

Cubillos y Valero, (2009), manifiestan que diferentes especies de *Trichoderma* se utilizan para el control de hongos patógenos del suelo, pero también tienen un efecto promotor sobre el crecimiento del cultivo por la producción de fitohormonas y solubilización de fosfatos, lo cual ha incentivado al mejor desarrollo en la producción de tubérculos. Por su parte Liu (1995), menciona que *Trichoderma* tiene un efecto inductor sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, además estimula la presencia de hormonas reguladoras de crecimiento que actúan como estimulantes en tejidos meristemáticos primarios en partes jóvenes (Castro y Rivillas, 2005).

Además, los resultados entre las cepas de *Trichoderma* son respaldados a lo conseguido por García et al., (2012), quienes al aplicar tres cepas de *Trichoderma asperellum* (M-18, M-4, M11) al momento de la siembra en el surco para el cultivo de papa con microtubérculos variedad andina, lograron 5 tubérculos/planta con las cepas M-18 y M-4 y 6 tubérculos/planta con la cepa M-11 y la mezcla de las tres cepas, el testigo tuvo 4 tubérculos/planta. La incorporación de *Trichoderma* al suelo, se da como la biofertilización por su capacidad de promover el desarrollo de plantas; aumento de la captación de nutrientes y la eficacia al actuar como fertilizante en la planta (Altomare et al., 1999), dando lugar un efecto en el incremento de la productividad del cultivo.

Por otra parte, al analizar el rendimiento de tubérculos producidos de plántulas procedentes a partir de yemas de cáscara de papa con cepas de *Trichoderma* sp., los estudios precedentes muestran similares resultados a lo encontrado en la investigación. Quispe et al., (2018), obtuvo de 0.137 a 0.201 kg/planta bajo el trasplante de plántulas de 5 a 6 cm de altura en variedades de papa; en la misma perspectiva Baltazar (2014), reporta 0.55 kg/planta por planta obtenidos del esqueje de brote apical, 0.40 kg/planta y 0.39 kg/planta

del esqueje basal. Asimismo, Choque (2019), encuentra valores similares al estimar el rendimiento 0.31, 0.28 y 0.25 kg/planta en las variedades de papa Saq'ampaya, Waych'a y Millia negra al usar brotes de papa con 4 a 10 hojas.

Sin embargo, a lo obtenido por Dávila (2014), difiere en sus resultados al obtener 0.65 kg/planta bajo dos aplicaciones de ácido gibérelico, 0.45 kg/planta bajo una aplicación de gibérelico, y de 0.53 kg/planta en el testigo, en condiciones de campo. Las diferencias de los resultados en peso de tubérculos, se deben a las características del esqueje del brote, la variedad, dosis de abonamiento y condiciones ambientales del lugar de investigación, los cuales influyeron en la cantidad de tubérculos. Estos resultados son similares a lo obtenido por (Ticona, 2015), al usar brotes del primer desbrote por esqueje apical, medio y basal, la mayor cantidad obtuvo con brotes del esqueje basal con 3.91 kg/2.4 m², esqueje medio con 2.52 kg/planta y esqueje apical con 3.22 kg/planta; pero fue mayor peso con brotes del segundo desbrote, donde el esqueje apical tuvo 4.56 kg/planta, esqueje basal con 4.10 kg/planta y esqueje medio con 2.50 kg/planta. Los resultados alcanzados entre las cepas de *Trichoderma* son respaldados a lo obtenido por García *et al.*, (2012), quienes al aplicar tres cepas de *Trichoderma asperellum* (M-18, M-4, M11) al momento de la siembra en el surco para el cultivo de papa con microtubérculos variedad andina, lograron diferentes rendimientos de tubérculos, con la cepa M-18 logró 0.45 kg/m² y con la cepa M-4 logró 0.40 kg/m²; mientras que con la cepa M-11 consiguió 0.60 kg/m² y con la mezcla de las tres cepas obtuvo 0.6 kg/m² siendo superiores al testigo con 0.15 kg/m².

Conclusiones

La mayor cantidad de tubérculos se logró con cepas nativas, la cepa *Trichoderma* sp.3 hasta 10 tubérculos/planta, con el mayor rendimiento de tubérculos hasta 0.27 kg/planta; seguido de la cepa de *Trichoderma* sp.5 hasta 8.92 tubérculos/planta, con un rendimiento de 0.21 kg/planta; mientras, el testigo tuvo menor cantidad de tubérculos con 1.54 tubérculos/planta y un menor rendimiento con (0.07 kg/planta). Por tanto, el uso de la tecnología -cepa de *Trichoderma* sp.- ayudará a la economía familiar a minimizar los costos de producción y al productor para la preparación del suelo, fertilización, manejo de riesgos climáticos, tratamiento de semilla y almacenamiento y procesamiento adecuado. Finalmente, la investigación se vincula con los saberes andinos y la investigación de montaña sobre la relación entre hombre, cultura y medio ambiente.

Agradecimiento

Agradecemos a la Sra. Raymunda Calcina Vda de Ortiz, por cedernos el área de terreno para la ejecución de la investigación.

Al Instituto de Investigación Producción Vegetal (IIPV) y el Instituto de Investigaciones Socioeconómicas y de Agrobiodiversidad (IISA) de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, por su apoyo con el asesoramiento del diseño experimental para la investigación.

Referencias

- Altomare, C., Norvell, W. A., Björkman, T., y Harman, G. E. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth- promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(7), 2926–2933. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.7.2926-2933.1999>
- Baltazar, V. (2014). *Evaluación del efecto de tres niveles de vermicompuesto en la tuberización de papa (Solanum tuberosum) a partir de tres cortes del esqueje de brote en Irupata. provincia Bustillos de Potos* (Tesis Doctoral dissertation). 1–79.
- Bouhadjra, K., Lemlikchi, W., Ferhati, A., y Mignard, S. (2021). Enhancing removal efficiency of anionic dye (Cibacron blue) using waste potato peels powder. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-020-79069-5>
- Brotman, Y., y Gupta, J. (2010). *Trichoderma*, 20(9), 2. doi:10.1016/j.cub.2010.02.042
- Cabrera, H.; Gastelo, M.; Otiniano, R.; Pacheco, M. y Janampa, A. (2020). *Variedades de Papa Resiliente al Cambio Climático, para la Seguridad Alimentaria del Perú*. PREMIO NACIONAL INIA – CARAL 2020. pp: 175 – 182. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1250>
- Castro, A. M., y Rivillas, C. A. (2005). Biorregulación de *Rhizoctonia solani* en germinadores de café. *Avances Técnicos Cenicafe*, 336(1), 1–8. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0336.pdf>
- Choque, G. N. (2019). *Evaluación potencial productiva de papas nativas (Solanum spp.) para semilla - tubérculo a partir de brotes en ambiente protegido en dos comunidades del municipio de Tiahuanacu*. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/23793>
- Centro Internacional de la papa - CIP. (2008). *CIP | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/fuente-informacion/centro-internacional-papa-cip>
- Contreras, H. A., et al., (2009). *Trichoderma virens*, a Plant Beneficial Fungus, Enhances Biomass Production

- and Promotes Lateral Root Growth through an Auxin-Dependent Mechanism in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 149(3), 1579–1592. <https://doi.org/10.1104/PP.108.130369>
- Cubillos, J., Valero, N., y Mejía, L. (2009). Trichoderma harzianum como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 81-86. <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v27n1/v27n1a11.pdf>
- Chepeliev, M. (2020). The GTAP 10A Data Base with Agricultural Production Targeting Based on the Food and Agricultural Organization (FAO) Data. <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/10267.pdf>
- Dávila, A. J. (2014). Crecimiento radial aéreo y radicular de papa (*Solanum tuberosum* L.) En la var. Canchán mediante brotes y tubérculos. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4640/browse?value=Brotes&type=subject>
- Escobar-Mamani, F., Branca, D. y Haller, A. (2020). Investigación de montaña sobre y para la región andina. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(4), 311–312. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.191>.
- Ezeta, F. N. (2001). Producción de semilla de papa en Latinoamérica. *Books.Google.Com*, 12(1), 1–1.
- García, R. G., Arcia, M. A., Pérez, M. R., y Riera, R. F. (2012). Efecto de *Trichoderma* sobre el desarrollo de papa y el biocontrol de *Rhizoctonia* bajo tres tiempos de inicio de aplicación. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100007
- Gholami, L., y Rahimi, G. (2021). Efficiency of CH4N2S-modified biochar derived from potato peel on the adsorption and fractionation of cadmium, zinc and copper in contaminated acidic soil. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 16. <https://doi.org/10.1016/J.ENMM.2021.100468>
- Haller, A., y Branca, D. (2020). Montología: una perspectiva de montaña hacia la investigación transdisciplinaria y el desarrollo sustentable. *Revista De Investigaciones Altoandinas*, 22(4), 313–322. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.193>
- Harman, G. E. (2007). Myths and Dogmas of Biocontrol Changes in Perceptions Derived from Research on *Trichoderma harzianum* T-22. 84(4), 377–393. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.4.377>
- Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio de Lima - IDEXCAM. (2018). *Papa, milenario producto andino*. Lima, Perú. 36p. Consultado el 25/09/2021; 07:28 pm. Recuperado de web: <https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/estudio4/papa,%20milenario%20producto%20andino.pdf>
- FAOSTAT Food and Agriculture Data. (2020) Database updated September. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Lima, M. I., Bellé, C., Casa, C. V. H., Da Silva, P. A. y Bauer, G. C. (2016). *Reação de cultivares de batata aos nematoides-das-galhas*. Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas - Brasil. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153104/1/Arione-da-Silva-Reacao-de-cultivares-de-batata-aos-nematoides.pdf>
- Inostroza, J. (2020). *Manual de papa para la Araucanía: Manejo y Plantación*. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/32024>
- Liu, W. (1995). The colouration of nematode in plant tissue. *Ci.Nii.Ac.Jp*. <https://ci.nii.ac.jp/naid/10017158271/>
- Lopes, J., Gonçalves, I., Nunes, C., Teixeira, B., Mendes, R., Ferreira, P., y Coimbra, M. A. (2021). Potato peel phenolics as additives for developing active starch-based films with potential to pack smoked fish fillets. *Food Packaging and Shelf Life*, 28. <https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2021.100644>
- Majee, S., Halder, G., Mandal, D. D., Tiwari, O. N., y Mandal, T. (2021). Transforming wet blue leather and potato peel into an eco-friendly bio-organic NPK fertilizer for intensifying crop productivity and retrieving value-added recyclable chromium salts. *Journal of Hazardous Materials*, 411. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2021.125046>
- MINAGRI - Sierra y selva exportadora (2020). *Cadena papa: Producción, Comercialización, Mercados y Oportunidades*. Unidad de Inteligencia Comercial – Sierra y Selva Exportadora. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/Análisis%20de%20Mercado%20-%20Papa%202020.pdf>
- Otiniano, R. (2017). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la sierra norte del Perú* (p. 32). <https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/manual-del-cultivo-de-papa.pdf>

- Pintado, H. L. (2011). *Manual del cultivo de papa la Sierra sur*. http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2395/1/MANUAL_90.pdf
- Quispe, A., Hilari, V. H., Casazola, J. L., y Mamani, F. (2018). Producción de semilla de tres variedades de papa nativa (*Solanum andigenum* sp.) a partir de brotes por trasplante directo e indirecto, en ambiente protegido de la UAC-Tiahuanacu. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(1), 59–70. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182018000100008&lng=es&nrm=iso
- Sala, A., Vittone, S., Barrena, R., Sánchez, A., y Artola, A. (2021). Scanning agro-industrial wastes as substrates for fungal biopesticide production: Use of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma harzianum* in solid-state fermentation. *Journal of Environmental Management*, 295. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.113113>
- Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Dias, M. I., Pereira, et al., (2021). Phenolic composition and cell-based biological activities of ten coloured potato peels (*Solanum tuberosum* L.). *Food Chemistry*, 363. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.130360>
- Shruthy, R., Jancy, S., y Preetha, R. (2021). Cellulose nanoparticles synthesised from potato peel for the development of active packaging film for enhancement of shelf life of raw prawns (*Penaeus monodon*) during frozen storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(8), 3991–3999. <https://doi.org/10.1111/IJFS.14551>
- Singhvi, M., Maharjan, A., Thapa, et al., (2021). Nanoparticle-associated single step hydrogen fermentation for the conversion of starch potato waste biomass by thermophilic *Parageobacillus thermoglucosidasius*. *Bioresource Technology*, 337. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2021.125490>
- Ticona, S. R. (2015). *Producción de semilla pre - básica de papa (Solanum tuberosum L.) a partir de esquejes de brote de invernadero*. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/5636>
- Vásquez, V. (2013). *Experimentación agrícola...* - Google Académico. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=18.%09Vásquez%2C+V.+%282013%29.+Experimentación+agrícola.+Soluciones+con+SAS.&btnG=
- Verma, M., Brar, S. K., Tyagi, et al., (2007). Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*, 37(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/J.BEJ.2007.05.012>
- Vunain, E., Njewa, J. B., Biswick, T. T., y Ipadeola, A. K. (2021). Adsorption of chromium ions from tannery effluents onto activated carbon prepared from rice husk and potato peel by H₃PO₄ activation. *Applied Water Science*, 11(9), 150. <https://doi.org/10.1007/S13201-021-01477-3>
- Yedidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y., y Chet, I. (2001). Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil*, 235(2), 235–242. <https://doi.org/10.1023/A:1011990013955>