

**Efecto de los Hongos Micorrícos Arbusculares (HMA) en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*)**

**Efecto de los Hongos Micorrícos Arbusculares (HMA) en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*)**

**Autores:**

Ing. Alexei Lara- Millares<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-3639-8554>

Dr. C. Adrian Montoya - Ramos<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0003-3691-2143>

Ing. Jonathan Cuadro - Lopez<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-4162-0770>

MSc. Benito Monroy - Reyes<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0009-0000-3922-7171>

**Filiación institucional:** <sup>1</sup>Universidad de Guantánamo, Avenida Che Guevara km 1.5 Carretera de Jamaica, Guantánamo, Cuba. <sup>2</sup>Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, Camino Ing. Ramón Padilla Sánchez, 2100, Predio Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México.

**Email:** [montoya@cug.co.cu](mailto:montoya@cug.co.cu), [alexeilm@gmail.com](mailto:alexeilm@gmail.com), [bmonroy17@gmail.com](mailto:bmonroy17@gmail.com)

**Fecha de Recibido:** 4 jul. 2025

**Fecha de Aprobado:** 9 sept. 2025

**Resumen**

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “17 de Mayo”, del polo productivo del Valle de Caujérí del municipio “San Antonio del Sur”. Se utilizó la variedad de papa Alouette propuesta por el Instituto Indio Hatuey. La fertilización se realizó de fondo en el momento del trasplante con fórmula completa (NPK) como lo indica el paquete tecnológico para todos los tratamientos. Se obtuvo que la aplicación de la cepa de (HMA) *Glomus cubense* y el testigo de producción mostraron los mejores valores en el crecimiento y rendimiento de la variedad de papa Alouette en el valle de Caujérí con un rendimiento de 18, 8 t. ha<sup>-1</sup> y utilidades por un valor de \$233900.

**Palabras clave:** *Glomus cubense*; *Solanum tuberosum*; hongos micorrízicos arbusculares.

**Abstract**

This study aimed to evaluate the effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) application on the growth and yield of potato (*Solanum tuberosum L.*) crops at the "17 de Mayo" Agricultural Production Cooperative, located in the Caujérí Valley production area of the municipality of San Antonio del Sur. The Alouette potato variety, developed by the Hatuey Indian Institute, was used. Fertilization was applied as a base dressing at transplanting with a complete NPK formula, as specified in the technological package for all treatments. The results showed that the application of the *Glomus cubense* AMF strain and the control group exhibited the best growth and yield values for the Alouette potato variety in the Caujérí Valley, with a yield of 18.8 t ha<sup>-1</sup> and profits of \$233,900.

**Keywords:** *Glomus cubense*; *Solanum tuberosum*; Arbuscular Mycorrhizal Fungi.

## **Introducción**

El cultivo de papa en diversas partes del mundo, como en los andes del Perú son tubérculos indispensables e importantes para la alimentación de la humanidad como dieta humana y de la seguridad alimentaria. Por tanto, son cultivos altamente demandados, por los que es necesario su monitoreo permanente de rendimiento para garantizar su calidad antes de la comercialización, procesamiento y otras actividades posteriores a la cosecha, como acciones primordiales que los consumidores y procesadores de alimentos deben tener información oportuna y veraz (Sánchez, Hashim , Shamsudin , & Mohd Nor, 2020).

En Cuba el Ministerio de la Agricultura ha trazado la estrategia de producir de manera intensiva gran cantidad de alimentos como respuesta a la creciente demanda de la población y a la escasez de insumos, la que en una gran parte recae sobre el sector privado, sin embargo, el mismo no ha sido favorecido con el suministro de este producto, lo cual podría mejorar sensiblemente los resultados que hoy se obtienen (Álvarez *et al.*, 2017).

El creciente interés en relación con la utilización de los hongos micorrizógenos viene dado, fundamentalmente, porque la simbiosis micorrícica aumenta de forma marcada la absorción de nutrientes como el nitrógeno, potasio, calcio, zinc, magnesio y especialmente el fósforo, mejora el transporte y la absorción del agua en el vegetal y contrarresta el ataque de patógenos por la estimulación de los mecanismos de defensa bioquímica, mientras que los efectos beneficiosos de la inoculación con las bacterias rizosféricas se deben, entre otras, a su habilidad para producir sustancias como antibióticos, vitaminas y hormonas vegetales, y proveer a la planta de elementos tan importantes como el nitrógeno (Koide, 1993; Bustamante *et al.*, 2010; Tamayo *et al.*, 2015b).

Teniendo en cuenta estos antecedentes y la significativa importancia que tiene el cultivo de la papa para la provincia de Guantánamo y específicamente en el valle de Caujérí, se ha definido como objetivo, evaluar el efecto de la aplicación de hongos micorrícos arbusculares (HMA) en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*).

## **Materiales y métodos**

### **Ubicación**

El trabajo se desarrolló en la Cooperativa de Producción Agropecuaria “17 de Mayo”, de la localidad en el polo productivo del Valle de Caujérí del municipio” San Antonio del Sur” sobre un suelo pardo sialítico mullido carbonatado, en la campaña de frío de 2020 a 2021 que coincide con el periodo poco lluvioso.

Se utilizó la variedad de papa Alouette propuesta por el Instituto Indio Hatuey. Se inoculó 1 gramo por nido de cada cepa de (HMA) estudiada. La fertilización se realizó de fondo en el momento del trasplante con fórmula completa (NPK) como lo indica el paquete tecnológico para todos los tratamientos. Se utilizaron como portadores de N, P y K la urea, el superfosfato triple y el cloruro de potasio, a una dosis de 100-60-125 kg. ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

## Tratamientos

- T1**- Aplicación de 100% NPK (Testigo absoluto producción)
- T2**- Aplicación de 100% NPK + *Rhizoglomus intraradices*
- T3** – Aplicación de 100% NPK + *Glomus cubense*
- T4** – Aplicación de 100% NPK + *Funeliformis mosseae*

## Variables evaluadas

### Variables de crecimiento:

- Altura de las plantas (cm.): estas fueron medidas a partir de los 90 días después del trasplante, haciendo uso de una regla graduada, midiéndose desde ras de tierra hasta el ápice.
- **Diámetro del tallo (mm)**: estas fueron medidas a partir de los 60 y 90 días después del trasplante, haciendo uso de un pie de rey.
- Número de hojas por planta (U) se contaron todas las hojas de las plantas de cada tratamiento y se calcularon las medias.

**Variables de componentes del rendimiento:** se evaluaron en el momento de la cosecha y fueron las siguientes:

- Peso y calibre del tubérculo (g): 20 tubérculos por tratamiento fueron medidos con un pie de rey electrónico en el momento de la cosecha.
- Rendimiento: ( $t. ha^{-1}$ ) con las medias de tubérculos por plantas y el peso de los mismos más el número de plantas, se determinó el rendimiento real.

## Diseño experimental y análisis estadístico

Los resultados experimentales fueron sometidos a Análisis de Varianza según el diseño empleado de bloque al azar con cuatro tratamientos y cinco réplicas por tratamiento. En los casos en que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, las comparaciones de medias se realizaron según el test de rangos múltiples de Duncan para el 5% de probabilidad de error (Duncan, 1955). Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete STATGRAPHICS Versión 5.1 y los resultados fueron evaluados económicoamente.

## Resultados y discusión

### Análisis de la altura de las plantas de papa.

En la respuesta altura de las plantas de papa (Tabla 1), se encontró diferencias significativas de los tratamientos estimulados con (HMA) en comparación con el testigo, observándose que el tratamiento (3) que se corresponde con la aplicación de 100% de NPK + *Glomus cubense* ofreció una mejor respuesta para esta variable de crecimiento, en los dos momentos de medición.

**Tabla 1. Efecto de los tratamientos evaluados en la variable altura**

Momentos de medición	Altura de la planta	
	45 días	60 días
	Media ± EEx	Media ± EEx
(T1) Aplicación de 100% NPK (Testigo)	18,8 ± 3,906c	41 ± 2,817c
(T2) Aplicación de 100% NPK + <i>Rhizoglomus intraradices</i>	18,3 ± 2,312c	40 ± 1,925c
(T3) Aplicación de 100% NPK + <i>Glomus cubense</i>	22,3 ± 2,784a	55 ± 1,201a
(T4) Aplicación de 100% NPK + <i>Funeliformis mosseae</i>	20,1 ± 1,379b	46 ± 1,572b

**Media seguida de letras desiguales difieren significativamente de ( $p<0.05$ )**

Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los informados por Matos, (2011) para esta variable con el empleo de micorrizas en papa. Los resultados indicaron también que las inoculaciones con HMA promovieron, en todos los casos, el crecimiento y desarrollo de las posturas, aún cuando no siempre se lograron alcanzar las dimensiones requeridas para considerarlas con un vigor adecuado. La papa (*Solanum tuberosum L.*) es una de las principales fuentes de alimentación humana (Gopal y Khurana, 2006), después del trigo (*Triticum aestivum L.*), maíz (*Zea mays L.*) y arroz (*Oriza sativa L.*) (FAO, 2012). A nivel mundial se siembran más de 18 millones de hectáreas y la papa ocupa el cuarto lugar en importancia económica (FAOSTAT, 2016).

### Análisis del diámetro del tallo de las plantas de papa.

En la siguiente Tabla (2) se muestra la respuesta de la variable de crecimiento diámetro del tallo hasta los 45 y 60 días, donde se pudo apreciar que hubo diferencias significativas en los tratamientos con HMA en comparación con el testigo. Se aprecia que el tratamiento (3) que se corresponde con la aplicación de 100% de NPK + *Glomus cubense*, ofrece una mejor respuesta para esta variable de crecimiento, en todos los momentos de medición.

**Tabla 2. Efecto de los tratamientos evaluados en la variable diámetro del tallo**

Momentos de medición	Diámetro del tallo (mm)	
	45 días	60 días
	Media ± EEx	Media ± EEx
(T1) Aplicación de 100%	20,5 ± 1,195c	25,4 ± 1,550c

NPK (Testigo)		
(T2) Aplicación de 100% NPK + <i>Rhizoglomus intraradices</i>	18,9 ± 0,065c	24,7 ± 0,378c
(T3) Aplicación de 100% NPK + <i>Glomus cubense</i>	29,9 ± 0,243a	35,6 ± 0,781 <sup>a</sup>
(T4) Aplicación de 100% NPK + <i>Funeliformis mosseae</i>	25,5 ± 0,306b	31,0 ± 0,894b

**Media seguida de letras desiguales difieren significativamente de ( $p<0.05$ )**

Las micorrizas con su acción, facilitan la interacción suelo–planta, por lo que propicia el desarrollo de la rizosfera, la cual elabora hormonas de crecimiento y otras muchas sustancias útiles al vegetal (Martin *et al.*, 2012; 2014; Martínez *et al.*, 2015). Según Tamayo *et al.*, (2014) el efecto más evidente de los HMA está en su papel sobre la nutrición de las plantas, representado en los efectos sobre el crecimiento y la producción de las plantas. Numerosos eventos del ciclo de vida de las plantas se ven favorecidos con el establecimiento de la simbiosis con hongos micorrizógenos; favoreciendo el crecimiento, la reproducción y la tolerancia a la sequía y la resistencia a patógenos (Barea *et al.*, 1993; Tamayo *et al.*, 2015ab), pero todos están influenciados de forma directa o indirecta con la nutrición de la planta.

**Análisis de la variable: Número de hojas de papa.**

En la respuesta del Número de hojas de papa (Tabla 3), se encontró diferencias significativas de los tratamientos estimulados con HMA en comparación con el testigo, aunque se debe destacar que dos de las cepas mostraron resultados inferiores al testigo. Y se aprecia que el tratamiento (3) que se corresponde con la aplicación de 100% de NPK + *Glomus cubense* ofrece una mejor respuesta para esta variable de rendimiento, en todos los momentos de medición, aunque no difiere del tratamiento testigo.

**Tabla. 3. Efecto de los distintos tratamientos en la variable Número de hojas de papa**

Número de hojas (60 días)		Tratamientos			
Variedad de papa		(T1) Aplicación 100% NPK (Testigo)	(T2) Aplicación 100% NPK + <i>Rhizoglomus intraradices</i>	(T3) Aplicación de 100% NPK + <i>Glomus cubense</i>	(T4) Aplicación de 100% NPK + <i>Funeliformis mosseae</i>

Media ± EEx	31,20± 0,116a	34,18±0,102a	32,72±0,303a	29,12±0,200ab
-------------	---------------	--------------	--------------	---------------

**Media seguida de letras desiguales difieren significativamente de ( $p<0.05$ )**

Con respecto a la fertilización, Martin *et al.*, (2012) señalan que ciertas cantidades de fertilizantes nitrogenados aportadas al suelo, tanto en forma amoniacal como nítrica, tienden a disminuir el pH rizosférico, pudiendo provocar un efecto deprimente de la actividad infectiva del hongo, una reducción de la infectividad de los propágulos y cambios en la comunidad de hongos, pero sobre todo, se afecta más la microflora presente en suelos de baja fertilidad.

Los resultados de biomasa de hoja concuerdan con lo mencionado por ZebARTH y Ros (2007), quienes señalan que una adecuada aportación de nitrógeno es requerida para mejorar la capacidad del dosel en la intercepción de luz, debido a la participación crítica del nitrógeno en el desarrollo vegetativo y acumulación de biomasa. Por otro lado, Coraspe *et al.* (2008), mencionan que la acumulación de N en los tubérculos aumentó con las dosis de N variando de 252.31 a 355.82 mg planta<sup>-1</sup>, mientras que en la parte aérea la variación fue menor, de 103.92 a 172.11 mg planta<sup>-1</sup>. Se debe destacar que la obtención de plantas con óptimo crecimiento en presencia de nutrientes minerales se debe al incremento en eficiencia de los procesos de absorción de estos por las plantas micorrizadas y por tanto al aumento del coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes (Rivera y Fernández, 2003).

#### **Análisis del peso y calibre de los tubérculos de papa**

En la respuesta del peso y calibre de los tubérculos de papa (Tabla 4), se encontraron diferencias significativas de los tratamientos estimulados con HMA en comparación con el testigo. Se aprecia que el tratamiento (3) que se corresponde con la aplicación de 100% de NPK + *Glomus cubense* ofrece una mejor respuesta para esta variable de rendimiento, en todos los momentos de medición.

**Tabla 4. Efecto de los tratamientos evaluados para del peso y calibre de los tubérculos**

<b>Peso y calibre de los tubérculos</b>		
<b>Tratamientos</b>	<b>Peso de los tubérculos (g)</b> <b>Media ± EE</b>	<b>Calibre de los tubérculos (mm)</b> <b>Media ± EE</b>
(T1) Aplicación de 100% NPK (Testigo)	831,3 ±1,043b	43,12±0,201 <sup>a</sup>
(T2) Aplicación de 100% NPK + <i>Rhizoglomus intraradices</i>	629,1 ± 0,378b	30,18±0,510b
(T3) Aplicación de 100% NPK + <i>Glomus cubense</i>	836,2 ± 1,436a	46,20± 0,302 <sup>a</sup>

(T4) Aplicación de 100% NPK + <i>Funeliformis mosseae</i>	628,7 ± 0,378b	34,72±0,320b
---	----------------	--------------

**Media seguida de letras desiguales difieren significativamente de ( $p<0.05$ )**

Por otra parte, se plantea que, en condiciones de estrés hídrico, la micorrización juega un papel esencial en activar la difusión de iones y agua hacia las raíces de las plantas hospederas, mejorando la nutrición nitrogenada y la absorción de fósforo, lo que permite a las plantas soportar las condiciones de sequía y recuperarse con mayor facilidad.

Bharadwaj, Lundquist & Alström (2007) evalúan suelos de rizosfera de 12 especies de plantas diferentes cultivadas como monocultivos en el norte de Suecia se usaron como inóculo en la papa para investigar los rasgos micorrícos.

Además, las esporas de *Glomus geosporum* estuvieron presentes en los suelos de las cuatro plantas en el experimento de la trampa de papa. Se obtuvieron secuencias de ADNr de LSU a partir de esporas de hongos de AM del sitio de recolección o experimento de trampa de papa y raíces de papa colonizadas inoculadas con suelo de *L. vulgare*. (Uzoh & Babalola, 2018).

El impacto de los hongos micorrícos arbusculares (HMA) sobre el crecimiento y los rasgos fisiológicos de las plantas de fenogreco (*Trigonella foenum-graecum L.*), expuestas a concentraciones variables de sal (NaCl 0 75 y 150 mm) - (Kaushik, et al, 2018), posibilitó que los resultados revelaran que la mayor concentración de sal provocarán una disminución en el crecimiento; sin embargo, la inoculación con HMA mejoró el crecimiento, contenido de prolina, niveles de antioxidante, enzimas y fosfatasa en las plantas de fenogreco, en comparación con el cultivo testigo. Se concluye que las plantas de fenogreco inoculadas con HMA fue efectiva tolerante a la salinidad.

Por otra parte, Cosme et al., (2018) indican que la interacción simbiótica generalizada entre las plantas y los hongos micorrizales arbusculares (AM) se basa en un diálogo molecular complejo con beneficios recíprocos en términos de nutrición, crecimiento y protección. Las supuestas plantas no hospederas pueden ser colonizadas por hongos AM y desarrollar fenotipos rudimentarios de AM (RAM). Aquí hacemos un acercamiento a la familia de la mostaza (Brassicaceae), que alberga hospedadores AM, no hospedadores y especies no hospedadas supuestas, tales como *Arabidopsis thaliana*, para la cual se ha descrito colonización RAM condicional. Alertemos que los fenotipos RAM y los elementos genómicos redundantes del A la "caja de herramientas" simbiótica le faltan enlaces que pueden ayudar a desentrañar las limitaciones genéticas que impulsan la evolución de la incompatibilidad simbiótica.

### **Análisis del rendimiento de las plantas de papa.**

En la respuesta del rendimiento de las plantas de papa (Tabla 5), se encontró un rendimiento superior del testigo y el tratamiento (3) en relación con el resto de los tratamientos estimulados con HMA, donde destaca el tratamiento (3) que se corresponde con la aplicación de 100% de NPK + *Glomus cubense* ofrece una respuesta satisfactoria para esta variable de rendimiento.

**Tabla 5. Efecto de los tratamientos evaluados para la variable rendimiento**

Momento de la cosecha	Rendimiento			
	Tratamientos			
	(T1) Aplicación de 100% NPK (Testigo)	(T2) Aplicación de 100% NPK + <i>Rhizoglomus intraradices</i>	(T3) Aplicación de 100% NPK + <i>Glomus cubense</i>	(T4) Aplicación de 100% NPK + <i>Funeliformis mosseae</i>
t.ha <sup>-1</sup>	17,7	12,5	18,8	12,9

El proceso de tuberización ocurre durante el periodo vegetativo, en ese período, bajo la superficie del suelo, las puntas de los estolones comienzan a ensancharse, dando paso a la formación de los tubérculos. Este fenómeno ocurre aproximadamente 30 días después de la emergencia en variedades precoces, entre 35 y 45 días para variedades intermedias, y entre 50 y 60 días en aquellas de tipo tardío. No obstante, por las condiciones climáticas imperantes en Cuba, las variedades empleadas en su mayoría resultan ser precoces, tal es el caso de la variedad Alouette empleada en este estudio.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Alva *et al.* (2002); Giorgetta *et al.* (1993), quienes mencionan que el N es muy importante para el rendimiento de papa y que el P es importante en la generación de estolones y el rendimiento. El N es uno de los principales factores que incide en los rendimientos de la papa y se considera que la clave para aumentar el tamaño de los tubérculos, sin sacrificar su calidad, está en la aplicación adecuada de la fertilización nitrogenada (Ramírez *et al.*, 2004).

En papa, Aguilar y Carrillo (2006), mencionan que antes de la tuberización los fotoasimilados se destinan principalmente para desarrollar hojas, tallos y raíces, y la fuerza de la demanda de las hojas es mayor que la de otro órgano; con el inicio de la tuberización esta tendencia cambia y a medida que los tubérculos crecen, su demanda por asimilados aumenta. Asimismo, se puede observar que los mejores tratamientos en peso seco de tubérculo contenían niveles de 200 y 250 mg L<sup>-1</sup> de nitrógeno, concuerda con lo mencionado por Sharifi *et al.* (2005) quienes localizaron, además que la absorción de la mayoría de N por la planta se produjo a los 76 días después de la emergencia; a partir, de entonces, la translocación de N del dosel a los tubérculos ocurre en respuesta a crecimiento del tubérculo.

Por otro lado, los tratamientos con mayor biomasa de hoja y tallo fueron los que tuvieron la mayor biomasa de tubérculo, contrario a Hancock *et al.* (2014), que señalan una menor acumulación de biomasa en hojas y tallos, asegura una mayor proporción hacia los tubérculos, esta afirmación se aplica en una nutrición balanceada, pues es de conocimiento que aplicaciones en exceso de nitrógeno alargan el ciclo de cultivo y disminuyen el rendimiento de papa (Rocha y Quijano, 2015).

Trabajos similares evaluaron la inoculación de hongos micorrícos vesículo arbusculares Glomus sp. en diferentes cultivos como papa, papaya y fenogreco Fernández *et al.*, 2019; Esmeralda *et al.*, 2012; Kaushik *et al.*, 2018) tienen resultados favorables, lo que fortalece los trabajos sobre la aplicación del hongo micorrícos en la agricultura, facilitando la recuperación de suelos degradados, mejorando el suministro de nutrientes como nitrógeno y fósforo a las plantas siendo una alternativa saludable para el medio ambiente (Basu, Rabara, & Negi, 2018; Strullu-Derrien, 2018).

De acuerdo con Rivera y Fernández, (2003); Tamayo *et al.*, (2015a). Los resultados obtenidos en los diferentes grupos de experimentos apoyan los conceptos más generales que relacionan la efectividad de la micorrización con un suministro óptimo de nutrientes, en relación con las necesidades de las plantas no micorizadas, pero alertan, además, sobre la necesidad de nutrientes para que la micorrización garantice los requerimientos de las plantas; de no existir este en el sustrato, la acción de dichos microorganismos será ineficiente.

De investigaciones realizadas en diferentes regiones se obtuvo que el peso de tubérculo por planta (PT) en Ágata y Rosita fue de 655.04 y 651.49 g, respectivamente y ambas difirieron estadísticamente de Lucero y Fianna. Este comportamiento podría explicarse por las diferencias genéticas que hay entre cultivares, especialmente las relacionadas con su ciclo biológico; Rosita es tardía y las otras tres son tempranas. Pérez *et al.* (2010) reportaron valores de 627.38 a 204.13 g y Seminario *et al.* (2017) de 68.3 a 987.3 g. Rosita presentó el mayor peso fresco de follaje (548.74 g) y difirió estadísticamente de las restantes. Estos resultados contrastan con los de Pérez *et al.* (2009), quienes registraron de 111 a 280.2 g.

Fianna, Lucero y Ágata tuvieron índices de cosecha (66, 70 y 71%) estadísticamente mayores a los de Rosita (50%). Estos resultados son similares a los obtenidos por Rojas y Seminario (2014, entre 53 y 77%). En la actualidad los fitomejoradores han dado mayor importancia al incremento del índice de cosecha ya que una mayor partición de biomasa a los tubérculos contribuirá a mayor rendimiento por hectárea. Pérez *et al.* (2009) reportaron valores de 38 a 72.22%.

Los resultados anteriores muestran que las papas son muy eficientes en la transformación de insumos, agua y luz a materia verde o seca y específicamente a la producción de tubérculos por planta y por hectárea. En rendimiento por hectárea los cuatro cultivares mostraron un comportamiento similar. Estos rendimientos se obtuvieron en condiciones de temporal, pero fueron menores a la media nacional ( $24.4 \text{ t ha}^{-1}$ ) y estatal ( $29.71 \text{ t ha}^{-1}$ ). En las sierras y Valles Altos de México el potencial de rendimiento es menor con relación a los del norte del país y en la región del Bajío.

### **Análisis de la evaluación económica del cultivo de la papa.**

En la evaluación económica del cultivo de la papa (Tabla 6),

**Tabla 6. Efecto de los tratamientos evaluados desde el punto de vista económico**

Tratamientos	Rend. (t.ha <sup>-1</sup> )	Precio/t. (\$)	Valor de Producción (\$)	Costo total (\$)	Utilidades (\$)
(T1) Aplicación de 100% NPK (Testigo)	17,7	12800	226560	6740	219820
(T2) Aplicación de 100% NPK + <i>Rhizoglomus</i> <i>intraradices</i>	12,5	12800	160000	6740	153260
(T3) Aplicación de 100% NPK + <i>Glomus cubense</i>	18,8	12800	240640	6740	233900
(T4) Aplicación de 100% NPK + <i>Funeliformis</i> <i>mosseae</i>	12,9	12800	165120	6740	158380

Lo anteriormente expresado reafirma que la aplicación de HMA es una práctica agrícola que cada día cobra más fuerza dentro de la llamada “Agricultura de Bajos Insumos”, debido no solo a su bajo costo de producción, sino porque constituye una tecnología “Limpia”, no contaminante del medio ambiente y que permite incrementar sustancialmente los rendimientos agrícolas con bajos gastos de producción.

## Conclusiones

La aplicación de la cepa de (HMA) *Glomus cubense* y el testigo de producción mostraron los mejores valores en el crecimiento y rendimiento de la variedad de papa Alouette en el valle de Caujerí. La variante más adecuada a aplicar es la cepa de (HMA) *Glomus cubense* combinado con el paquete tecnológico de fertilizante mineral donde se obtiene un rendimiento de 18, 8 t. ha<sup>-1</sup> y ofrece utilidades de \$233900.

## Bibliografía

- Aguilar, A. J. L., Martínez, H. J. J., Volke, H. V., Etchevers, B. J., Sánchez, G. P., & Avendaño, S. R. (2001). Acumulación y distribución de la materia seca en papa cultivada con fertilización por goteo superficial y subsuperficial. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(1), 9-16.

- Aguilar, M., & Carrillo, J. (2006). Análisis de crecimiento y relaciones fuente demanda de variedades de papa (*Solanum tuberosum*). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(2), 145-149.
- Alva, K., Hodges, T., Boydston, R. A., & Collins, H. P. (2002). Dry matter and nitrogen accumulations and partitioning in two potato cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 25(8), 1621-1630. <https://doi.org/10.1081/PLN-120006048>
- Basu, S., Rabara, R. C., & Negi, S. (2018). AMF: The future prospect for sustainable agriculture. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 102, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2017.11.007>
- Becerra, S., & Nústez, C. E. (2007). Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivo “Criolla Guaneña”. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 14(1), 51-60.
- Devaux, A., Vallejos, J., Hijmans, R., & Ramos, J. (1997). Respuesta agronómica de dos variedades de papa (*tuberosum* y *andigenum*) a diferentes niveles de fertilización mineral. \*Revista Latinoamericana de la Papa, 9/10\*(1), 123-139.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1–42.
- FAOSTAT. (2016). *Base de datos estadísticos de la FAO*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org/site/336/default.aspx>
- Fernández Bidondo, L., Almasia, N., Bazzini, A., Colombo, R., Hopp, E., Vázquez-Rovere, C., & Godeas, A. (2019). The overexpression of antifungal genes enhances resistance to rhizoctonia solani in transgenic potato plants without affecting arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Crop Protection*, 124, 104837. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.031>
- Flores, L. R., Sánchez, F., Rodríguez, E., Colinas, T., Mora, R., & Lozoya, H. (2009). Densidad de población en el cultivo hidropónico para la producción de tubérculos-semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 15(3), 251-258.
- Garcia, K., Doidy, J., Zimmermann, S. D., Wipf, D., & Courty, P. E. (2016). Take a trip through the plant and fungal transportome of mycorrhiza. *Trends in Plant Science*, 21(11), 937-950. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.07.010>
- Luna, M. R., Espinosa, C. K., Trávez, T. R., Ulloa, M. C., Espinoza, C. A., & Bejarano, A. A. (2015). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L.) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencia y Tecnología*, 9(1), 11-16.
- Macías, V. L. M., Reyes, M. L., & Robles, E. F. J. (2006). *Guía para cultivar papa en Aguascalientes* (Folleto Técnico No. 13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Pabellón.
- Martín, G. M., Rivera, R., Pérez, A., & Arias, L. (2012). Respuesta de la *Canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (cepa INCAM-4), su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 33(2), 20-28.
- Rivera, R., Fernández, F., Fernández, K., Ruiz, L., Sánchez, C., & Riera, M. (2007). Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystem. In C. Hamel & C. Plenchette (Eds.), *Mycorrhizae in crop production* (pp. 151–196). Haworth Press. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1771.2162>