

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.33789/talentos.11.2.202>

Efecto de la variación de fuentes de fertilización en el cultivo de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Chaucha roja en el rendimiento

Effect of variation in fertilization sources in the cultivation of microtubers of potato (*Solanum tuberosum*) variety Chaucha roja on yield



Carlos Anibal Romero Larrea 

Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador

romerolarreacarlos@gmail.com

Alberto Gutiérrez Albán 

Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador

Resumen: La papa Chaucha roja es un alimento de gran consumo en la Provincia de Tungurahua, sin embargo la semilla que emplean los agricultores para su cultivo posee problemas sanitarios que afectan el rendimiento de cultivo. La Universidad Técnica de Ambato obtuvo microtubérculos de Chacha roja proveniente de un cultivo aeropónico con el fin de mejorar la calidad sanidad de su semilla. La semilla obtenida de esta forma fue necesaria evaluar su cultivo en el suelo. Siendo el objetivo del estudio evaluar el efecto de varias fuentes de fertilización en el cultivo de los microtubérculos sembrados en el suelo. El estudio se realizó en la Granja Experimental Docente Querochaca de la Universidad Técnica de Ambato, ubicada en el cantón Cevallos en Tungurahua, Ecuador. Se emplearon seis tratamientos, que fueron: control T (200 kg de 18-46-00 a la siembra, 100 kg de Sulpomag a los 45 de la siembra y 100 kg de 15-15-15 a los 70 días de la siembra) que emplea normalmente el agricultor en la provincia del Tungurahua y los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 con proporciones que van desde 200 a 400 kg ha⁻¹ de Siembra Plus al inicio del cultivo, 100 a 200 kg ha⁻¹ de Engrose Plus a los 45 días de la siembra y de 100 a 200 kg ha⁻¹ de Ferti Especial Plus a los 70 días de la siembra. Se empleó un diseño de bloques al azar y por triplicado. Las parcelas de cada repetición recibieron veinticinco semillas de papa (22222 semillas ha⁻¹), separadas 0.5 m entre sí. Los resultados de la investigación mostraron que el tratamiento T4 fue el más eficaz, alcanzó un rendimiento de 9,68±0,47 tn de papas ha⁻¹ tras 137 días de cultivo, en el que se emplearon como fertilizantes 350 kg ha⁻¹ de Siembra Plus, 175 kg ha⁻¹ de Engrose Plus y 175 kg ha⁻¹ de Ferti Especial Plus. En conclusión, el rendimiento del cultivo de microtubérculos de Chaucha roja mejoró desde los tratamientos, T3, T4 y T5 cuando se compara con los abonos que emplea normalmente los agricultores en Tungurahua.

Palabras Clave: Fertilizantes edáficos, semilla de cultivo aeropónico, siembra al suelo.

Abstract: The Chaucha roja potato is a food of great consumption in the Province of Tungurahua, however the seed used by farmers for its cultivation has sanitary problems that affect crop yield. The Technical University of Ambato obtained microtubers of Chacha roja from an aeroponic cultivation in order to improve the sanitary quality of its seed. The seed obtained in this way was necessary to evaluate its cultivation in soil. The objective of the study was to evaluate the effect of various sources of fertilization on the cultivation of microtubers planted in soil. The study was carried out at the Querochaca Experimental Teaching Farm of the Technical University of Ambato, located in the Cevallos canton in Tungurahua, Ecuador. Six treatments were used, which were: T control (200 kg of 18-46-00 at sowing, 100 kg of Sulpomag at 45 days after sowing and 100 kg of 15-15-15 at 70 days after sowing) normally used by the farmer in the province of Tungurahua and treatments T1, T2, T3, T4 and T5 with proportions ranging from 200 to 400 kg ha⁻¹ of Siembra Plus at the beginning of the crop, 100 to 200 kg ha⁻¹ of Engrose Plus 45 days after sowing and 100 to 200 kg ha⁻¹ of Ferti Especial Plus 70 days after sowing. A randomized block design was used in triplicate. The plots of each replication received twenty-five potato seeds (22222 seeds ha⁻¹), spaced 0.5 m apart. The results of the investigation showed that the T4 treatment was the most effective, reaching a yield of 9.68±0.47 tn potatoes ha⁻¹ after 137 days of cultivation, in which 350 kg ha⁻¹ of Siembra Plus, 175 kg ha⁻¹ of Engrose Plus and 175 kg ha⁻¹ of Ferti Especial Plus were used as fertilizers. In conclusion, the yield of the red Chaucha microtuber crop improved from treatments T3, T4 and T5 when compared to the fertilizers normally used by farmers in Tungurahua.

Keywords: Edaphic fertilizers, aeroponic crop seed, soil sowing.

Citación sugerida: Romero Larrea, C., & Gutiérrez Albán, A. (2024). Efecto de la variación de fuentes de fertilización en el cultivo de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Chaucha roja en el rendimiento. *Revista de Investigación Talentos*, 11(2), 46-60. <https://doi.org/10.33789/talentos.11.2.202>

I. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum*) ocupa el tercer lugar en importancia como cultivo alimentario a nivel mundial después del arroz y el trigo, (Górska-Warsewicz et al., 2021). Su cultivo contribuye a la seguridad alimentaria, además de aumentar los ingresos de los hogares dedicados a labores agrícolas, y posee un alto grado de adaptabilidad y capacidad de producción (Campos & Ortiz, 2020), ha sido ampliamente sembrado en los países templados durante mucho tiempo, sin embargo su cultivo ha aumentado significativamente en zonas tropicales y subtropicales durante las últimas décadas (Wasilewska-Nascimento et al., 2020). Su producción satisface las necesidades alimentarias de una población considerable, debido a que es un alimento rico en nutrientes que incluye varios minerales importantes, proteínas, vitaminas y macronutrientes energéticos (Mikó et al., 2023).

En Ecuador, la papa se cultiva en 36 mil hectáreas, repartidas en 12 provincias del país, bajo un sistema de producción familiar que abastece la alimentación diaria de sus miembros y genera ingresos para el hogar (Monteros et al., 2010). El 76% de los productores de papa son minifundistas, que normalmente se encuentran en zonas marginales de baja producción y tienen unidades de menos de cinco hectáreas (Samaniego et al., 2020). El país alberga una gran variedad de papas nativas que han sido cultivadas en comunidades campesinas e indígenas durante milenios (Guapisaca et al.,

2024). Siendo, la escasez de semilla de papa de alta calidad uno de los mayores problemas de estos productores (Villavicencio et al., 2022).

Chaucha roja es una papa nativa que pertenece al grupo Phureja, se cultiva entre los 2000 y 3400 msnm, tiene la ventaja de ser precoz debido a que se produce en tres a cuatro meses (Rojas & Seminario, 2014). Aunque es de baja productividad, tiene buena adaptabilidad, bajos costos de producción, alta aceptación en el mercado, buena calidad culinaria y buenos costos. Sin embargo, el agricultor enfrenta a problemas con su semilla debido a su poca calidad sanitaria, que merma su producción (Pineda et al., 2021).

Actualmente se puede obtener minitubérculos (semilla prebásica) de papa Chaucha roja de alta calidad sanitaria que mejora los rendimientos e cultivo, mediante el método denominado aeroponía, que produce semilla de papa sin utilizar tierra. El proceso comienza con cultivos de tejidos creados mediante micropropagación in vitro, que produce plantas de papa altamente higiénicas. A continuación, estas plantas se transfieren a un proceso aeropónico en condiciones cuidadosamente controladas, que consiste en tanques especialmente diseñados con aire humedecido mediante la nebulización de una solución nutritiva (Villacreses, 2019).

Los beneficios de este sistema de producción aeropónico incluyen altas tasas de multiplicación y producción de semillas por unidad de superficie, así como el uso eficiente de productos químicos y agua. Sin embargo,

también presenta algunos inconvenientes, como la necesidad de sofisticados equipos de riego y la formación de personal para supervisar el sistema (García-Segura et al., 2021). La introducción de los minitubérculos de semilla, han acortado el ciclo de campo necesario para producir un número adecuado de papas semillas (Rykaczewska, 2016). Además, con estas semillas se pueden producir cultivos exitosos en el suelo, lo que permite una productividad óptima (Pérez & Andrade, 2024).

En esta investigación se emplearon semilla de minitubérculos de papa Chaucha roja obtenido en la Universidad Técnica de Ambato. Este tipo de semilla no había sido probada en un cultivo en suelo. Por lo que se consideró importante tener como objetivo de la investigación: evaluar el rendimiento en campo de los minitubérculos de Chaucha roja proveniente del sistema de producción aeropónico, empleando varias fuentes de fertilización. Siendo su hipótesis, lo siguiente: se puede mejorar el rendimiento de cultivo en campo de los microtubérculos de papa Chaucha roja cuando se emplea fertilizantes edáficos diferentes al que utiliza normalmente los agricultores en la provincia de Tungurahua.

II. Materiales y Métodos

Localización del Experimento

El estudio se realizó en el campus Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, que se halla situado en el cantón Cevallos, a una altitud de 2865 msnm, con coordenadas geográficas de 01° 22' 02" Latitud Sur 78° 36' 20' Longitud Oeste (INAMHI, 2016).

Semilla de Papa

Se empleó semilla prebásica de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Chaucha roja proveniente de un sistema de producción aeropónico obtenido por Villacreses (2019) en la Universidad Técnica de Ambato. El peso promedio de los minitubérculos de papa semilla fue de 4.9 ± 0.7 g, con dimensiones de 2.9 ± 0.3 cm de largo y 1.71 ± 0.12 cm de diámetro.

Diseño Experimental y Manejo del Experimento

El diseño del experimento fue de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones. Las parcelas experimentales tenían un tamaño de 21.6 m² (5.4 m x 4 m), con 5 surcos de plantación separados 0.9 m entre sí. Los tratamientos con dosis variables de fertilizante fueron T, T1, T2, T3, T4 y T5, como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1

Dosis de los fertilizantes en los diferentes tratamientos

Tratamientos	Dosis de fertilizantes en kg ha ⁻¹		
	Fertilización a la siembra	Fertilización a los 45 días	Fertilización a los 70 días
T (Testigo)	200 kg de (18-46-00)	100 kg de Sulpomag	100 kg de (15-15-15)
T1	200 kg de Siembra Plus	100 kg de Engrose Plus	100 kg de Ferti Especial Plus
T2	250 kg de Siembra Plus	125 kg Engrose Plus	125 kg de Ferti Especial Plus
T3	300 kg de Siembra Plus	150 kg de Engrose Plus	150 kg de Ferti Especial Plus
T4	350 kg de Siembra Plus	175 kg de Engrose Plus	175 kg de Ferti Especial Plus
T5	400 kg de Siembra Plus	200 kg de Engrose Plus	200 kg de Ferti Especial Plus

Antes de la siembra, se desinfectaron los minitubérculos de papa sumergiéndoles en una solución de fungicida Vitavax 200F (1 cc L⁻¹ de agua). Luego se sembraron en agujeros de 10 cm de profundidad cerca del surco. Se sembraron 25 minitubérculos en cada parcela de cada tratamiento y de cada réplica, colocando una semilla en cada hoyo, que estuvo separada a 0.5 m entre hoyos de cada planta. Se distribuyeron 5 semillas por cada surco y la parcela poseía 5 surcos con 0.9 m de separación de cada surco.

El abonado para cada tratamiento y las fechas de abonado se indica en la Tabla 1. El aporte se efectuó a los 70 días de la siembra y durante el cultivo se realizaron los respectivos deshierbes y controles sanitarios. Para el

tizón se empleó 2 kg ha⁻¹ de Curalancha (80 g de Cymoxanil Kg⁻¹ + 640 g de Mancozeb kg⁻¹ de fungicida) de la casa comercial Interoc y para el gusano blanco se usó 200 cm³ ha⁻¹ de Engeo (141 g Tiametoxam L⁻¹ + 106 g Lambdacialotrina L⁻¹ de insecticida) más 0.80 L ha⁻¹ de Curacron (500 g Profenofos L⁻¹ de insecticida) de la casa comercial Ecuaquímica. Al final del cultivo, se cosecharon las papas cuando las plantas presentaron al menos un 75% de senescencia.

Medición de Parámetros

Se realizaron las siguientes mediciones en las plantas: Porcentaje de emergencia a los 26 días después de la siembra (Bolaños, 2015). Altura y diámetro de la planta a los 94 días

de la siembra, cuando los cultivos tenían el 50% de floración (Jerez et al., 2017). En la cosecha, se determinó el número de tubérculos planta⁻¹, peso de los tubérculos kg planta⁻¹ y el rendimiento de cultivo en kg ha⁻¹ (Seminario et al., 2017).

Contenido de Clorofila

Toma de muestras

Se realizó a los 94 días después de la siembra, se recolectaron los folíolos de la tercera y cuarta hoja de cinco plantas de la hilera central de cada parcela, en horario de las 08:00 am (Lima et al., 2014).

Cuantificación de la Clorofila

Se efectuó de acuerdo al método de Lichtenthaler y Wellburn (1983) mencionado por Mora et al. (2011). Se pesaron 50 mg de hojas de papa en una balanza Mettler Toledo XS40025, para luego ser llevados a un mortero y molerlas con un pistilo añadiendo 4 mL de acetona al 80% enfriada previamente a 4 °C. La mezcla se colocó en un tubo de Eppendorf de 2 mL y se agregó acetona al 80% hasta la señal de 2 mL. Luego el tubo fue centrifugado en una centrífuga refrigerada marca Finsen a 5200 rpm durante 10 minutos. El extracto de clorofila centrifugado se colocó en un balón de 5 mL y se aforó con acetona al 80%. El extracto preparado se empleó en la medición de la absorbancia a 663 nm (A663) y 646 nm (A646) en un espectrofotómetro UV-Vis Thermo Scientific Evolution 201, utilizando como blanco acetona al 80%. Las concentraciones de clorofila a y clorofila b se

emplearon las siguientes formulas:

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g mL}^{-1} \text{ extracto de clorofila}) = 12.21 * A_{663} - 2.81 * A_{646} \quad [\text{Ecuación 1}]$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g mL}^{-1} \text{ extracto de clorofila}) = 20.13 * A_{646} - 5.03 * A_{663} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

$$\text{Clorofila total } (\mu\text{g mL}^{-1} \text{ extracto de clorofila}) = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

$$\text{Clorofila total } (\text{mg g}^{-1} \text{ hoja fresca}) = 0.1 * \text{Clorofila total } (\mu\text{g mL}^{-1} \text{ extracto de clorofila}) \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Determinación de los Grados SPAD de Clorofila

Se emplearon las ecuaciones de Uddling et al. (2007) que permite relacionar el contenido de clorofila total (mg g⁻¹ hoja fresca) con los Grados SPAD correspondientes al Medidor de Clorofila SPAD-502 y son la siguientes:

$$\text{Clorofila total } (\text{mg g}^{-1} \text{ hoja fresca}) = 0.409 e^{0.0342(\text{SPAD})} \quad [\text{Ecuación 5}]$$

$$\text{Grados SPAD} = (1/0.0342) * \text{Ln} (\text{Clorofila total}/0.409) \quad [\text{Ecuación 6}]$$

Donde SPAD se expresa en Grados y la Clorofila total en mg g⁻¹ hoja fresca.

Procesamiento de la información

En el análisis de datos se empleó el programa estadístico Statgraphics Centurión XVI en base a los análisis de variancia (ANOVA), seguido de las pruebas de Tukey, cuando

existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en los tratamientos. Los resultados se presentaron en tablas como media \pm desviación estándar.

III. Resultados y Discusión

Porcentaje de Emergencia de las Plantas

El porcentaje de emergencias de las plantas provenientes de la semilla de minitubérculos de papa Chaucha roja van desde $97.33 \pm 2.04\%$ en el tratamiento T1 al $100 \pm 0.00\%$ en los tratamientos T3 y T5 (Tabla 2). Con base en el análisis estadístico, se determinó que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos en la variable porcentaje de emergencia. Estos valores de emergencia son superiores a los reportados por Pavón (2014), quien encontró que plantas de semilla de papa Chaucha roja obtenidas de un cultivo de suelo y sembradas en los sectores Cutuglagua y Chimbacalle en Quito, provincia de Pichincha, Ecuador, exhibieron valores de 95.24% y 90.48% de emergencia respectivamente.

Altura de las Plantas

A los 94 días post plantación, la altura media en centímetros de las plantas de papa Chaucha roja varió entre 44.3 ± 1.1 cm en el tratamiento T1 hasta 45.9 ± 0.8 cm en el tratamiento T (Tabla 2). Gavilanes (2015) obtuvo alturas de la planta de Chaucha roja de 52.40 cm proveniente de semillas sembradas en suelo en la Estación Experimental Tunshi, parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. Se considera que

la variación de las alturas de las plantas se halla influenciado por factores genéticos, ambientales, así como la forma como interactúan entre fotosíntesis, respiración, transporte de asimilados, relaciones hídricas y nutrición (Jerez et al., 2017).

Diámetro de la Planta

Con respecto al diámetro (cm) de las plantas, van desde 44.3 ± 2.8 en el tratamiento T1 hasta 54.3 ± 2.0 en Tratamiento T (Tabla 2). Al realizar el análisis de varianza se obtuvo una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) entre tratamientos. El grupo de mayor diámetro, formado por los tratamientos T, T4, T5 y T3, y el grupo de menor diámetro, formado por T1 y T2. Cabe mencionar que la semilla de papa se sembró a 0.5 m de distancia entre sí, lo que provocó que las hojas de las plantas de los tratamientos T, T3, T4 y T5 se entrelacen entre sí debido a que los diámetros de sus plantas fueron superiores a 0.5 m.

Clorofila en Hojas de la Planta

La clorofila juega un papel crucial en las hojas de las plantas debido a que está relacionado con la fotosíntesis. Un nivel bajo de clorofila puede ser señal de estrés o escasez de nutrientes en las plantas, lo que dificulta la fotosíntesis y reduce la fijación de carbono (González, 2009); (Zaidan et al., 2024).

Tabla 2

Variables analizadas en el cultivo de minitubérculos de papa Chaucha roja

Variable analizada	Tratamientos ($\bar{x} \pm$ desviación estándar)						*p-valor
	T (Control)	T1	T2	T3	T4	T5	
Porcentaje de emergencia de las plantas a los 26 días de cultivo	98.67±2.04 a	97.33±2.04 a	98.67±2.04 a	100±0.00 a	98.67±2.04 a	100±0.00 a	0.5451
Altura de la planta (cm) a los 94 días de cultivo	45.9±0.8 a	44.40±1.0 a	44.3±1.1 a	44.7±1.6 a	45.3±1.3 a	45.7±1.1 a	0.416
Diámetro de la planta (cm) a los 94 días de cultivo	54.3±2.2 a	44.3±2.8 d	46.0±2.2 cd	49.5±2.9 abc	53.2±3.0 ab	53.1±2.3 ab	0.0052
Clorofila (mg g ⁻¹ hoja fresca) a los 94 días de cultivo	1.92±0.15 a	1.89±0.13 a	1.88±0.06 a	2.04±0.09 a	2.13±0.08 a	2.10±0.12 a	0.0583
Clorofila (Grados SPAD) a los 94 días de cultivo	45.09±0.2.37 a	44.69±2.09 a	44.66±0.96 a	46.90±1.25 a	48.19±1.06 a	47.80±1.64 a	0.0655

* p-valor provenientes del análisis de varianza con un nivel de confianza de 95%.

Nota. Letras diferentes en horizontal indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) en los tratamientos.

Figura 1

Papa Chaucha roja



Nota. Foto de la izquierda, 4.9 g de peso promedio de semilla de microtubérculos de papa Chaucha roja en la siembra. Fotos siguientes, Chaucha roja con pesos de hasta 43 g de papa en la cosecha.

A los 94 días de cultivo, la clorofila total (mg g⁻¹ de hoja fresca) varió desde 1.88±0.06 en el tratamiento T2 a 2.13±0.08 en el tratamiento T4. Del mismo modo, la clorofila expresada en grados SPAD varió entre 44.66±0.96 en el tratamiento T2 al 48.19±1.06 en el tratamiento T4. Los resultados de sus análisis de varianza muestran que no hay diferencias significativas (p<0.05) entre tratamientos, lo que indica que el contenido de clorofila de las hojas de la planta de papa es el mismo en todos los tratamientos.

En investigaciones de Amagua (2013) sobre la cantidad de clorofila en 30 genotipos de papa cultivados en el sector de Cutuglahua, Pichincha, Ecuador. Los resultados mostraron que los valores de clorofila variaron entre 45.8 y 46.8 grados SPAD, y señala que el genotipo de la papa afectó estos valores. En estudios de (Minotti, 1994) realizados en Estados Unidos, sobre la medición de clorofila en hojas de papa para evaluar el abonado de nitrógeno y las variedades de papa que dan mejores rendimientos de tubérculos comercializables, comprobó que los valores oscilaban entre 49 y 56 grados SPAD y menciona también, que la variación de los valores de SPAD dependía del año, la variedad y la ubicación del cultivo. En la presente investigación se tienen valores promedios que van desde 44.66 a 48.19 grados SPAD a los 94 días de cultivo, siendo estas cantidades cercanas a los reportados por Amagua (2013).

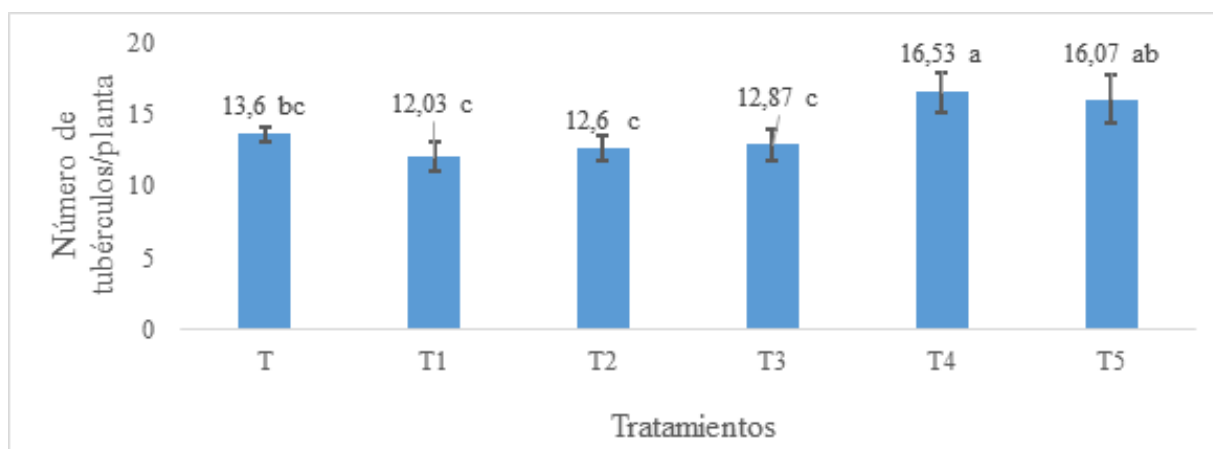
Número de Tubérculos Cosechados Planta⁻¹

La cosecha de las papas se efectuó a los 137 días después de la siembra, obteniéndose un

número de tubérculos de Chaucha roja desde 12.03±1.04 en el tratamiento T1 a 16.53±1.40 en el tratamiento T4 (Figura 2). Según el análisis de varianza se determinó que existe diferencia altamente significativa ($\alpha<0.01$) entre tratamientos. Los tratamientos con mayor número de tubérculos fueron T4 y T5, seguido por el grupo conformado por T, T1, T2 y T3. Al comparar con semillas de la misma variedad de papa, pero obtenida de cultivo en suelo, da como respuesta que el valor del número de tubérculos en el tratamiento T4 es comparable con lo reportado por Chávez (2013), quien menciona 16.63 tuberculos/planta de papa Chaucha roja obtenida en la localidad ecuatoriana de Pilahuín, Ambato, Tungurahua. Por el contrario, es menor a lo reportado por (Pavón, 2014), quien enumera 19 tubérculos/planta de Chaucha roja del sector de Cutuglagua perteneciente a Quito, Pichincha, Ecuador y de Gavilánez (2015), que indica 23.4 tubérculos/planta de papa Chaucha roja cultivadas en la Estación Experimental Tunshi, parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo de Ecuador. La diferencia del número de papas que existe entre los diferentes estudios puede deberse a lo señalado por Rousselle (1996), que afirma que el número de tubérculos en un cultivo está influenciado por factores del medio ambiente, principalmente fotoperiodo y temperatura.

Figura 2

Número de tubérculos de Chaucha roja cosechados planta⁻¹

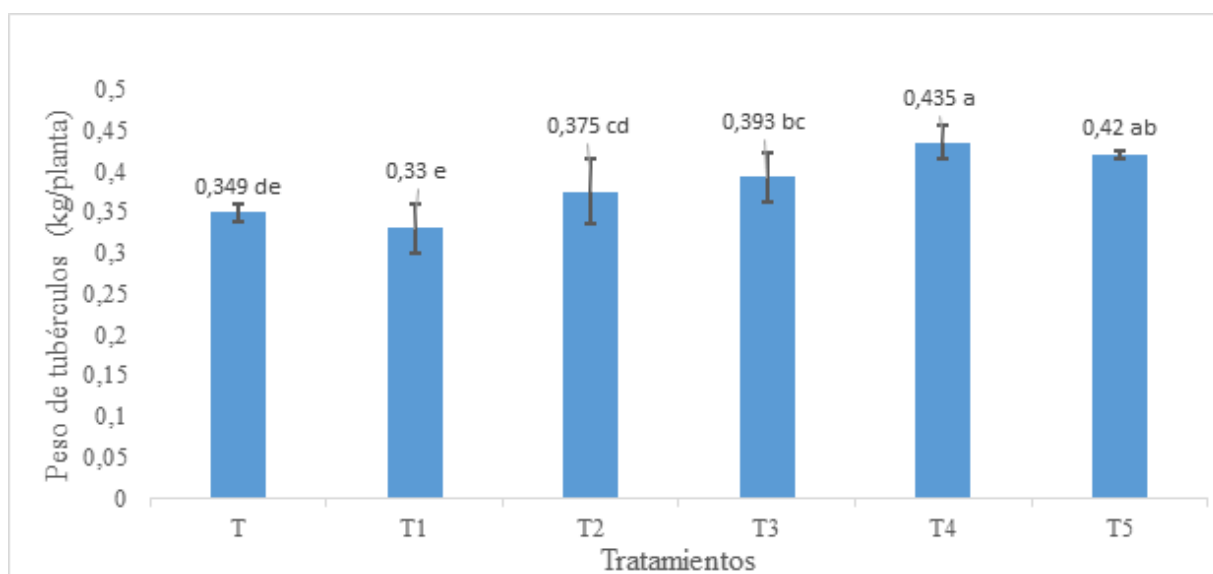


Letras diferentes indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) en los tratamientos.

Nota: Tratamiento T (control, con abonos que emplea normalmente el agricultor en la provincia de Tungurahua) y tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 abonos edáficos diferentes al control).

Figura 3

Peso de tubérculos de papa Chaucha roja planta⁻¹

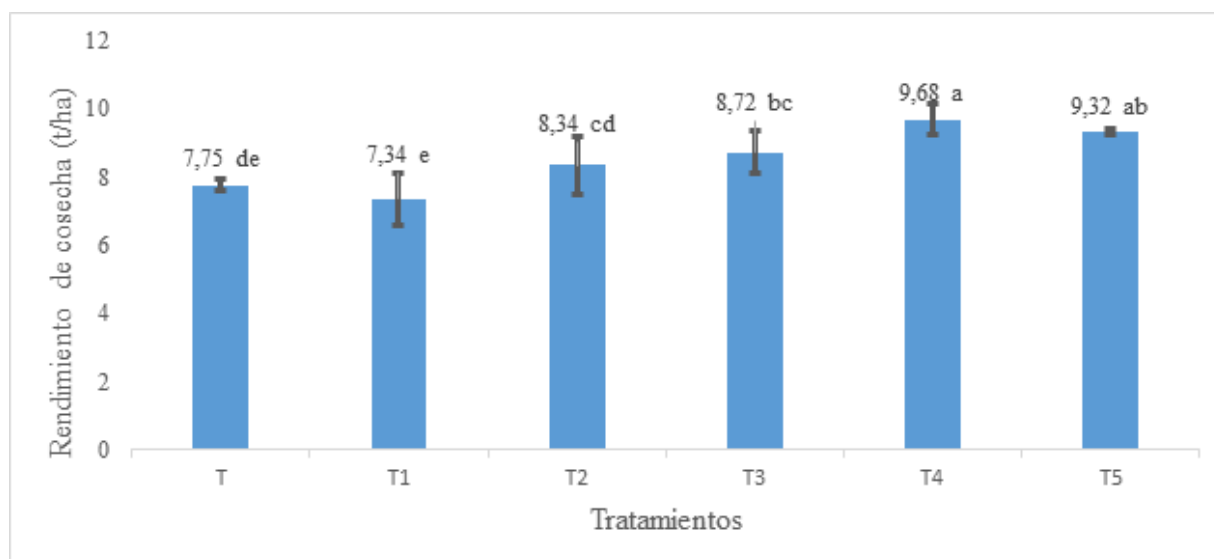


Letras diferentes indica diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en los tratamientos.

Nota: Tratamiento T (control con abonos que emplea normalmente el agricultor en la provincia de Tungurahua) y tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 abonos edáficos diferentes al control).

Figura 4

Rendimiento de papa Chaucha roja (t/ha)



Letras diferentes indica diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) en los tratamientos.

Nota: Tratamiento T (control con abonos que emplea normalmente el agricultor en la provincia de Tungurahua) y tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 abonos edáficos diferentes al control).

Peso de los Tubérculos Cosechados Planta⁻¹

El peso promedio de tubérculos cosechados, kg/planta, varió desde 0.33 ± 0.034 en el tratamiento T1 a 0.435 ± 0.021 en el tratamiento T4 (Figura 3). Al efectuar el análisis de varianza se determinó que existe diferencia altamente significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos. El análisis de Tukey dio que, los tratamientos con el mayor peso de tubérculos de Chaucha roja fueron: el T4 y T5, seguido por el grupo conformado por T2 y T3 y el último grupo, por T y T1. El peso máximo de tubérculo cosechado en el tratamiento T4 del estudio, 0.435 kg/planta, es comparable con los resultados de Romero (2013), quien reporta 0.45 y 0.42 kg de papa /planta de semillas de Chaucha roja obtenidas

de cultivo en suelo y sembradas en Pusniag y Santa Fe de Galán respectivamente, sectores pertenecientes al cantón Guano, provincia de Chimborazo, Ecuador. Sin embargo, es menor a lo reportado por Pavón (2014), que menciona 0.49 kg de papa /planta de papa Chaucha roja cultivada en Cutuglagua, Quito y por (Chávez, 2013), que menciona 0.525 kg de papa/planta de Chaucha roja provenientes de la localidad de Pilahuín, Ambato, Tungurahua de Ecuador. El hecho de haber utilizado microtubérculos en el estudio puede haber contribuido a la variación en los pesos de papa por planta en comparación con los otros investigadores, debido a que ellos emplearon semillas de papa obtenidas de cultivos en suelo.

Rendimiento del Cultivo de Papa Chaucha Roja

En el rendimiento del cultivo de papa Chaucha roja, t ha⁻¹, se determinó valores desde 7.34±0.75 en el tratamiento T1 a 9.68±0.47 en el tratamiento T4 (Figura 4). Al efectuar el análisis de varianza se encontró que existe diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) entre tratamientos y de acuerdo a los resultados del análisis de Tukey, los tratamientos más efectivos fueron T4 y T5, los cuales fueron seguidos por los grupos conformados por T2 y T3 y el último grupo constituido por T y T1. El valor de rendimiento del tratamiento T4 del estudio es cercano al obtenido por Rojas y Seminario (2014), que reportaron promedios de 10.9 ± 6.5 t/ha, cuando emplearon semillas de papa Chaucha roja obtenidas de cultivos en suelo y sembradas en los terrenos de la Universidad de Cajamarca Perú. Sin embargo, es menor al señalado por Monteros et al. (2010), quienes mencionan 14 t/ha, cuando sembraron semilla de papa Chaucha roja también obtenidas de un cultivo en suelo y sembradas en Cotopaxi y Chimborazo.

Los rendimientos bajos en el cultivo de papa Chaucha roja en comparación con otras variedades, que pueden llegar a más de 40 t/ha, son compensados por la calidad de papa en sus preparados y con un precio más alto en el mercado con relación a las papas mejoradas (Seminario et al., 2017).

IV. Conclusiones

Los microtubérculos de papa Chaucha roja proveniente de un cultivo aeropónico, al ser cultivados en suelo, poseen altos porcentajes de emergencia que superan los 97 %. Son plantas pequeñas si se compara con las alturas que alcanzan otras variedades de papa, esto se debe a las características genéticas de su variedad.

Los microtubérculos de papa Chaucha roja del estudio producen rendimientos similares a los obtenidos por algunos autores cuando usan semillas de la misma papa obtenidas de cultivos en suelo en campo.

Tras una cuidadosa consideración, se determinó que el tratamiento T4 fue el mejor tratamiento, en el cual se empleó como fertilizantes: 350 kg de Siembra Plus a la siembra, 175 kg de Engrose Plus a los 45 días de la siembra y 175 kg de Ferti Especial Plus a los 70 días de la siembra. Obteniéndose 9.68 t/ha de papa Chaucha roja y 16.53 tubérculos/planta. Rendimiento de cultivo superior cuando se compara con el uso de abonos que emplea normalmente los agricultores en Tungurahua.

V. Referencias Bibliográficas

Amagua, J. (2013). *Respuesta a bajas temperaturas de treinta genotipos de papa (Solanum spp.), bajo condiciones controladas. Cutuglahua, Pichincha*. [Tesis, pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Recuperado de <http://www.dspace>.

- uce.edu.ec/bitstream/25000/2028/1/T-UCE-0004-29.pdf
- Bolaños, A. F. (2015). *Evaluación de diferentes orígenes de semilla de papa (Solanum tuberosum L.) provenientes de tres sistemas de producción en dos localidades de la sierra ecuatoriana*. [Tesis pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4541/1/T-UCE-0004-7.pdf>
- Campos, H., & Ortiz, O. (2020). *The Potato Crop Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. (Springer, Ed.). Recuperado de <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5>
- Chávez, D. (2013). *Evaluación agronómica y nutricional de ocho variedades nativas y tres mejoradas de papa (Solanum tuberosum L.) Pichincha, Tungurahua*. [Tesis pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/410>
- García-Segura, D. R. Valdez-Aguilar, L. A., Ramírez-Rodríguez, H., Zermeño-González, A. & Cadena-Zapata, M. (2021). Producción de mini tubérculos de papa en aeroponía en comparación con suelo y polvo de coco. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.902>
- Gavilánez, L. (2015). *Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (Solanum tuberosum L.)*. [Tesis pregrado, Escuela Superior del Chimborazo]. Recuperado de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4265/1/13T0809%20.pdf>
- González, A. (2009). Aplicación del medidor portátil de clorofila en programas de mejora de trigo y cebada. *Agroecología*, 4, 111-116. <https://digitum.um.es/jspui/bitstream/10201/23846/1/117241-464971-1-PB.pdf>
- Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Kaczorowska, J. & Laskowski, W. (2021). Vegetables, Potatoes and Their Products as Sources of Energy and Nutrients to the Average Diet in Poland. *Int J Environ Res Public Health*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph18063217>
- Guapisaca, A. H., Mora, M. J. y Buñay, M. F. (2024). Revitalización del cultivo y consumo de variedades nativas de *Solanum tuberosum* en la parroquia Tutupali, Cantón Cuenca- Ecuador. *ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 23(8), 535 – 550. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.284>
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) (2016). *Boletín Climatológico Semestral 2016*. Quito, Ecuador: INAMHI. Recuperado de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_

- sem.pdf
- Jerez, E; Martín, R y Morales, D. (2017). Evaluación del crecimiento y composición por tamaño de tubérculos de plantas de papa para semilla. *Cultivos Tropicales*, 4(38). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400015
- Lichtenthaler, H., & Wellburn, A. (1983). Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*(11), 591-592. <https://doi.org/10.1042/bst0110591>
- Lima, R., Mello, R., Reyes-Hernández, A. y Caione, G. (2014). Efecto del horario de medición, posición y porción de la hoja en los índices de clorofila en la papa. *Idesia* , 4(32), 23-28. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000400004>
- Mikó , P., Percze, A., Kovács, A. & Kend, Z. (2023). Effects of repeated replanting on yield, dry matter, starch, and protein content in different potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. *Open Agriculture*(8), 20220246. <https://doi.org/10.1515/opag-20>
- Minotti, P., Halseth, D., & Sieczka, J. (1994). Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. *Hortscience*, 12(29), 1497-1500. doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.29.12.1497>
- Monteros, C., Yumisaca, F., Andrade, J. y Reinoso, I. (2010). Catalogo. Cultivares de papas nativas Sierra Centro Norte del Ecuador. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/b>
- Mora, M., Peralta, J., López, H., García, R. y González, J. (2011). Efecto del ácido ascórbico sobre crecimiento, pigmentos fotosintéticos y actividad peróxidasa en plantas de crisantemo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 2(12), 73-81. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17nspe2/v17nspe2a8.pdf>
- Pavón, C. (2014). *Adaptación de cinco variedades de papa (Solanum sp.) en tres localidades con manejo orgánico. Quito, Pichincha*. Tesis pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2497/1/T-UCE-0004-66.pdf>
- Pérez, W., y Andrade, J. (2024). *Producción de tubérculos-semilla de papa calidad prebásica y básica. Procedimiento Operativo Estándar (POE)*. Lima, Perú: Centro Internacional de la papa. doi:<https://doi.org/10.4160/cip.2024.02.002>
- Pineda , L.P; Seminario, J.F. et al., H. A. (2021). Multiplicación y reducción del crecimiento in vitro de papa chaucha (*Solanum tuberosum* L.

- grupo Phureja). *Manglar*, 2(18), 123-128. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.016>
- Rojas, L., y Seminario, J. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5, 165 – 175. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n4/a01v5n4.pdf>
- Romero, D. (2013). *Comportamiento agronómico, de poscosecha, calidad nutricional y potencial para seguridad alimentaria de 10 cultivares nativos y mejorados de papa (Solanum tuberosum) en Ilapo y Santa Fe de Galán*. [Tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica Nacional] Recuperado de <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/2797/1/13T0764%20.pdf>
- Rousselle, P. (1996). *La patata, producción, mejoras, plagas y enfermedades, utilización*. Paris, Francia: Mundi Prensas.
- Rykaczewska, K. (2016). Field performance of potato minitubers produced in aeroponic culture. *Soil and Environment*, 11(6), 522-526. <https://doi.org/10.17221/419/2016-PSE>
- Samaniego, I., Espín, S., Cuesta, X., Arias, V., Rubio, A., Llerena, W., Angós, I. & Carrillo, W. (2020). Analysis of environmental conditions effect in the phytochemical composition of potato (*Solanum tuberosum*) Cultivars. *Plants*, 9: 815.(9), 815. doi:<https://doi.org/10.3390/plants9070815>
- Seminario, J., Seminario-Cunya, A., Domínguez, A. & Escalante, B. (2017). Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo Phureja. *Scientia Agropecuaria*, 3(8), 181 – 191. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.01>
- Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K. & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynth Res.*(91), 37-46. <https://doi.org/10.1007/s11120-006-9077-5>
- Villacreses, V. (2019). *Incidencia de la densidad de plantación en la producción de semilla prebásica de papa (Solanum tuberosum L) variedad chaucha en el sistema aeropónico, en la granja experimental Querochaca, Tungurahua, Ecuador*. [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29466/1/Tesis-228%20%20Ingenier%20%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20629.pdf>
- Villavicencio, A., Hwan, Ch., Cho, K., Bae, R., Peñaherrera, D., Narváez, G., López, V., Camacho, J., Suquillo, J., Yumisaca, F., Asaquibay, C., Nieto,

M., Ortega, D., Quimbiamba, V., Torres, C., Naranjo, E., Cuenca, S. & Alvarez, R. (2022). Sustainable Potato Production in the Mountain Area of Ecuador, an Approach to Increase Productivity with Small Scale Farmers. *Agricultural Sciences*, 10(13). <https://doi.org/10.4236/as.2022.1310066>

Wasilewska-Nascimento, B., Boguszewska-Mańkowska, D. & Zarzyńska, K. (2020). Challenges in the Production of High-Quality Seed Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) in the Tropics and Subtropics. *Agronomy*, 2(10), 260. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020260>

Zaidan, G., Aied, K. & Alkurtany, A. (2024). Assessing the compost of *Prosopis farcta* and *Alhagi maurorum* as organic fertilizer for potato growth and yield (*Solanum tuberosum* L.). *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 2(24), 178-196. <https://doi.org/10.25130/tjas.24.2.13>

Recibido: 22 de octubre, 2024

Revisado: 3 de diciembre, 2024

Aceptado: 30 de diciembre, 2024