

Artículo de investigación científica y tecnológica

Efecto del aporque en el rendimiento y la rentabilidad en cultivares nativos de papa

 Gilberto Rodríguez Soto¹,  Rember Emilio Pinedo Taco^{1*},  Franklin Sulca Salazar¹

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú

* Autor de correspondencia: Universidad Nacional Agraria La Molina. Avenida La Molina s/n. Facultad de Agronomía, Departamento de Fitotecnia, tercer piso-La Molina. Apartado postal 12-056. Lima, Perú. rpinedo@lamolina.edu.pe

Recibido: 28 de enero de 2020

Aceptado: 10 de julio de 2020

Publicado: 19 de noviembre de 2020

Editor temático: Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Para citar este artículo: Rodríguez Soto, G., Pinedo Taco, R. E., & Sulca Salazar, F. (2020). Efecto del aporque en el rendimiento y la rentabilidad en cultivares nativos de papa. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), e1798. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1798

Resumen

En el cultivo de papa, la oportunidad y el número de aporques tienen relación directa con el rendimiento, la calidad comercial y los costos de producción. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del número de aporques en las características biométricas y agronómicas (altura de planta, número de tallos, número de estolones, rendimiento total, rendimiento comercial) y el índice de rentabilidad de tres cultivares nativos de papa: Huayro, Peruanita y Tumbay. Los factores estudiados fueron los tres cultivares de papa y dos momentos de aporque; el diseño fue de bloques completos al azar con arreglo factorial 3×2 en cuatro repeticiones. La interacción cultivar por número de aporques fue altamente significativa para las variables rendimiento total y rendimiento comercial. En los tres cultivares, al realizar uno o dos aporques se constató el efecto favorable en mayores rendimientos total y comercial. El cultivar Huayro obtuvo los mayores rendimientos total (kg/ha) y comercial (kg/ha) cuando fue aporcado en dos oportunidades ($p < 0,001$). Con el aporque cero se observaron pérdidas en el rendimiento total de 86,02 %, 3,67 % y 47,89 % en los cultivares Huayro, Peruanita y Tumbay, respectivamente. En el análisis económico, el cultivar Tumbay, con un solo aporque, obtuvo el mayor índice de rentabilidad; un segundo aporque en los cultivares Huayro y Tumbay no se justifica económicamente.

Palabras clave: aporque, papas, productividad, rendimiento de cultivos, técnicas de cultivo

Hilling effect on yield and profitability of native potato cultivars

Abstract

In potato cropping, the opportunity and the number of hillings are directly related to yield, commercial quality, and production costs. The research was carried out with the aim of establishing the effect of the number of hillings on biometric and agronomic characteristics (plant height, number of stems, number of stolons, total yield, and commercial yield) and the profitability index of native potato cultivars. The factors under study were three native potato cultivars: Huayro, Peruanita, and Tumbay, and two hilling moments. The study was conducted under a completely randomized block design with a 3x2 factorial arrangement, and four repetitions. The cultivar interaction by the number of hillings carried out was highly significant for total yield and commercial yield. In the three cultivars, when carrying out one or two hillings, the favorable effect was found in higher total and commercial yields. Concerning the Huayro cultivar, the highest total (kg/ha) and commercial yields (kg/ha) were found when it was hilled on two occasions ($p < 0.001$). With zero hilling, total yield losses of 86.02 %, 3.67 %, and 47.89 % were observed in the cultivars Huayro, Peruanita, and Tumbay, respectively. In the economic analysis, the Tumbay cultivar recorded the highest rate of return with a single hilling. For the cultivars Huayro and Tumbay, a second hilling was economically unjustified.

Keywords: crop yield, culture techniques, hilling, potatoes, productivity

Introducción

En el contexto actual de cambio climático, degradación de recursos, escasez de fuentes de energía y población mundial creciente, no existe otra alternativa que intensificar la producción agrícola (Gómez-Calderón et al., 2018). Este proceso debe ser sostenible en términos económicos, ambientales, sociales e institucionales (Toledo, 2016).

Bajo este enfoque de desarrollo sostenible, las prácticas de cultivo requerirán de cultivares adaptados a distintas condiciones agroclimáticas, alternativas tecnológicas que contribuyan al uso eficiente de los recursos y métodos de producción que incorporen prácticas eficaces —como la agricultura de conservación— para mejorar los procesos biológicos en el suelo con mínima alteración mecánica y facilitar la retención de los residuos de cosechas y otros materiales de origen vegetal en el suelo (Aliaga et al., 2017; Cadena et al., 2012; García et al., 2018; Nyawade et al., 2019).

La labranza intensiva es un problema creciente y constituye una amenaza para la sostenibilidad del cultivo de papa en todo el mundo (Cadena et al., 2012; Villalobos-Araya et al., 2009). Por consiguiente, serán necesarias alternativas tecnológicas que permitan una aceptable productividad con el menor costo posible como, por ejemplo, la reducción del número de aporques en los cultivos de papa (Caycho-Ronco et al., 2009).

La práctica del aporque consiste en acumular tierra en forma de camellón o alomado en la base del tallo de cada planta (Sulca, 2016) de manera que se formen surcos, los cuales servirán para labores de riego y facilitarán la evacuación del exceso de aguas lluvias (Condori-Mamani et al., 2017; Egúsqüiza, 2014; Sulca, 2016; Toledo, 2016).

En las zonas altoandinas, el aporque se aprovecha también para el control de malezas tempranas (Reategui et al., 2019) y, según Aliaga et al. (2017), generalmente se realiza de forma manual en dos oportunidades. Sin embargo, en algunas zonas productoras de Bolivia tradicionalmente se realiza un solo aporque a los 60 días después de la siembra (dds). Con respecto a la oportunidad y el número de aporques, Egúsqüiza (2014) afirmó que esta labor se debe efectuar antes del inicio de formación de tubérculos, aunque se deben tener en cuenta las características del cultivar y las condiciones climáticas. En cultivares de periodo vegetativo corto, el aporque se anticipa a las papas tardías; por lo general, en las zonas de sierra, esta práctica se realiza cuando las plantas alcanzan los 25 cm de altura (Aliaga et al., 2017; Sulca, 2016).

Dado que en los rendimientos no solo es determinante el número de aporques, sino también el momento en que se realizan (Aliaga et al., 2017; Chala, 2016; Egúsqüiza, 2014), es recomendable manejar las curvas de tuberización para favorecer una mayor productividad (López et al., 1980; Sulca, 2016). Precisando en

días, Egúsqüiza (2014) y Reategui et al. (2019) indicaron que el primer aporque se debe realizar entre los 50 dds y 60 dds y el segundo aporque entre los 75 dds y 93 dds.

En cultivos de papa a nivel de la costa, se recomienda un solo aporque. En cambio, en sistemas de producción de papa en sierra bajo riego y secano, se recomiendan dos aporques cuando las características físicas del suelo no favorecen la conservación de forma y altura de los camellones, lo cual puede afectar la calidad comercial de los tubérculos de papa (López et al., 1980; Sulca, 2016; Toledo, 2016).

Existe consenso en que el aporque no afecta el rendimiento, pero sirve para evitar el tumbado de las plantas, formar y mantener las líneas de los surcos, y evitar que los tubérculos se descubran y verdeen o resulten afectados por las heladas. Asimismo, un aporque bien realizado puede disminuir las pérdidas económicas por el daño de plagas como el tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (Oomycota: Peronosporales: Peronosporaceae), la polilla *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) y los gusanos de tierra (*Premnotrypes* spp.) (Canqui & Morales, 2009; Inostroza, 2009; Montaldo, 1984; Sandoval, 1989). Al respecto, Sulca (2016) indica que, a mayor número de aporques, menor daño de larvas en tubérculos.

Con base en este análisis, la presente investigación buscó evaluar el número de aporques necesarios para lograr alta productividad y rentabilidad en especies nativas de papa en la zona de estudio.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en la localidad de Huaccoto (distrito de Talavera, departamento de Apurímac, provincia Andahuaylas), ubicada a 3.794 m s. n. m. en las coordenadas geográficas 73°28'42.7"O y 13°43'42.4"S. Las condiciones agroclimáticas fueron favorables para el cultivo de papa durante la fase experimental, con una temperatura media de 8,7 °C, precipitación acumulada de 647 mm y humedad relativa de 77,1 % (Sulca, 2016). Las características del suelo donde se realizó el experimento fueron: pH fuertemente ácido (4,72), bajo en materia orgánica (0,82 %), medio en fósforo (8,3 ppm) y potasio (173 ppm).

Se aplicaron 15 t/ha de gallinaza (estiércol de gallina) como abonado de fondo y una dosis de 150-250-150 kg/ha de NPK como fertilizante complementario. Se emplearon las dosis antes indicadas porque el cultivo de papa responde favorablemente a la aplicación de abonos orgánicos (gallinaza, compost) en combinación con fertilizantes químicos (García et al., 2011; Luna et al., 2016). El 50 % del nitrógeno se aplicó en la siembra y el 50 % restante se administró en el primer aporque, aproximadamente 70 días después de la siembra (Reategui et al., 2019; Sulca, 2016), para facilitar la disponibilidad de nutrientes solubles del suelo y cumplir con los requerimientos mínimos del cultivo.

Factores en estudio

Cultivares

Se emplearon tubérculos-semilla, categoría no certificada, de tres cultivares nativos provenientes de campos de producción local, cuyo peso fluctuaba entre 60 g y 80 g (Sulca, 2016). Los cultivares seleccionados

se siembran tradicionalmente en la zona altoandina de Perú desde los 3.000 hasta los 3.800 m s. n. m. (Egúsqüiza, 2014). El cultivar (cv.) Huayro (*Solanum x chaucha*), de ploidía $2n = 3x = 36$, se cultiva a partir de los 3.300 m s. n. m. y puede alcanzar rendimientos de 25-30 t/ha; el cv. Peruanita (*Solanum goniocalyx*), de ploidía $2n = 2x = 24$, se siembra a partir de los 3.300 m s. n. m. con periodo vegetativo intermedio, y el cv. Tumbay o “qillu runtus” (*Solanum goniocalix*), de ploidía $2n = 2x = 24$, se cultiva desde los 3.000 m s. n. m. con periodo vegetativo intermedio (Centro Internacional de la Papa & Federación Departamental de Comunidades Campesinas, 2006).

Número de aporques

Se estudiaron tres modalidades: sin aporque (A0), con un aporque (A1) y con dos aporques (A2). La modalidad sin aporque (A0) fue considerada como testigo para las comparaciones posteriores. El momento oportuno para realizar el primero y el segundo aporque se estableció de acuerdo con el tamaño de la planta (momento ideal) y las características varietales (Egúsqüiza, 2014). El primer aporque se realizó en plantas de aproximadamente 30 cm de altura (70 días), mientras que el segundo aporque se realizó a los 100 días después de la siembra, en plantas de 40 cm de altura (Sulca, 2016). Ambas labores se realizaron de forma manual, empleando la herramienta denominada localmente como *lampa*. El primer aporque facilitó la eliminación de las malezas tempranas y mejoró las condiciones físicas para el cultivo (Reategui et al., 2019). El segundo aporque se realizó para favorecer el mayor desarrollo de los tubérculos y evitar que los estolones alcanzaran la superficie y se convirtieran en nuevos tallos (Egúsqüiza, 2014).

El experimento se llevó a cabo en secano, la precipitación acumulada fue de 647 mm y la humedad relativa promedio de 72,7 % entre los meses de noviembre y mayo, condiciones favorables para la incidencia de plagas. Para el control de gusanos de tierra (*Premnotrypes* spp.), insectos del área foliar (*Epitrix* spp.) y nematodos (*Globodera pallida*), se realizaron tres aplicaciones de cipermetrina, oxamilo y carbendazina, respectivamente, hasta antes del primer aporque. Para controlar las enfermedades foliares (*Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*), fueron necesarios cuatro controles con una mezcla de cymoxanil y mancozeb.

Diseño experimental

La parcela experimental se instaló teniendo en cuenta la pendiente, la gradiente de fertilidad y las variaciones en la calidad física del suelo, con un diseño de bloques completos al azar (Cadena et al., 2012) y en arreglo factorial $3C \times 3A$ con nueve tratamientos y cuatro repeticiones en un área de 806,4 m² (tabla 1). En cada unidad experimental se instalaron 72 plantas.

Tabla 1. Factores en estudio y clave de tratamientos

| Factores en estudio | | Clave de tratamientos | | |
|---------------------|------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| Cultivares (C) | Número de aporques (A) | | | |
| C1 = Huayro | A0 = Cero aporques | C1A0 = T1 | C2A0 = T4 | C3A0 = T7 |
| C2 = Peruanita | A1 = 1 aporque | C1A1 = T2 | C2A1 = T5 | C3A1 = T8 |
| C3 = Tumbay | A2 = 2 aporques | C1A2 = T3 | C2A2 = T6 | C3A2 = T9 |

Fuente: Elaboración propia

La evaluación de las variables biométricas y agronómicas en los tres cultivares nativos se realizó entre 120-150 dds, adecuando las evaluaciones al comportamiento y el periodo vegetativo del material genético utilizado (Condori-Mamani et al., 2017; Marmolejo & Ruiz, 2018).

VARIABLES DE EVALUACIÓN

Altura de planta

La evaluación de esta variable se realizó entre los 100-162 dds en 10 plantas del surco central elegidas al azar de cada parcela experimental (Huayro a los 162 dds, Peruanita a los 125 dds y Tumbay a los 110 dds) (Sulca, 2016). Se registró la longitud del tallo principal desde el cuello de la planta hasta la yema terminal (Aliaga et al., 2017; Bautista et al., 2018; Jerez et al., 2017; Sánchez & Meza, 2015; Schulz et al., 2019; Sulca, 2016).

Cobertura foliar

Esta variable se evaluó en distintos momentos de acuerdo a la fenología de cada cultivar: Huayro a los 130 dds, Peruanita a los 110 dds y Tumbay a los 105 dds. En los surcos centrales de cada parcela, se registró la cobertura foliar en 10 plantas (Aliaga et al., 2017; Sulca, 2016). Se empleó una rejilla con 50 cuadrículas (1,0 m × 0,5 m). Para hallar el porcentaje de cobertura vegetal, se consideró el número de cuadrículas en las que se observaba más del 50 % de área verde; luego, mediante un procedimiento matemático simple, se dividió este valor entre el número total de cuadrículas y el resultado se multiplicó por 100 (Sulca, 2016).

Número de tallos

En los tres cultivares, la evaluación se realizó a los 162 dds. Se contó el número de tallos principales por cada planta —extraídas de un surco lateral en cada parcela— originados en cada tubérculo-semilla (Jerez et al., 2017; Sulca, 2016).

Número de estolones

Este parámetro se evaluó a los 110 dds en el cv. Huayro, mientras que en Peruanita y Tumbay se realizó a los 100 dds. Se consideró el número de estolones principales por planta y se registraron los datos en dos grupos con estolones de tamaño mayor a 10 cm y un grupo con segmentos menores a 10 cm (Sulca, 2016).

Rendimiento

La cosecha se realizó manualmente a los 203 dds (Sulca, 2016). Para evitar el efecto borde, solo se consideraron los dos surcos centrales por parcela (Schulz et al., 2019; Seminario et al., 2017; Zuñiga et al., 2018). Para hallar el rendimiento (t/ha), se consideró el peso de los tubérculos hallados en cada unidad experimental en relación con la densidad de plantas por hectárea. Luego, se convirtió este valor a peso por hectárea en función del valor total (Bautista et al., 2018; Sánchez & Meza, 2015). El peso de los tubérculos seleccionados se consideró como el peso o rendimiento total; luego, para hallar el rendimiento comercial, se clasificaron en categorías extra primera y segunda desde 20 g hasta 500 g (Sánchez & Meza, 2015).

Evaluación económica

Análisis económico

Para los tres cultivares analizados se halló el costo de producción por hectárea. Asimismo, se estimó el valor bruto de la producción y, a partir de este, se generaron datos para hallar la utilidad neta y el índice de rentabilidad (Sulca, 2016). Antes del análisis de varianza, se realizó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$) y la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene, para comprobar que las varianzas de las variables dependientes se aproximaran a la igualdad (Rubio-Hurtado & Berlanga-Silvente, 2012). Después, cada variable se sometió a un análisis de varianza. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de comparación de rango múltiple de Duncan (confiabilidad de 95 %) (Rojas & Seminario, 2014). Todo el análisis se realizó con el *software* estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2013).

Resultados y discusión

Análisis de varianza

Se constataron los efectos altamente significativos ($p \leq 0,001$) de los factores cultivar, número de aporques e interacción cultivar \times aporque, para los rendimientos total y comercial en los tres cultivares nativos. En general, se observó que al realizar dos aporques, los cultivares Huayro, Peruanita y Tumbay presentaron los mayores rendimientos con 34,6 t/ha, 28,2 t/ha y 28,1 t/ha, respectivamente. Sin embargo, no se registró diferencia al comparar los resultados obtenidos con uno o cero aporques (figura 1).

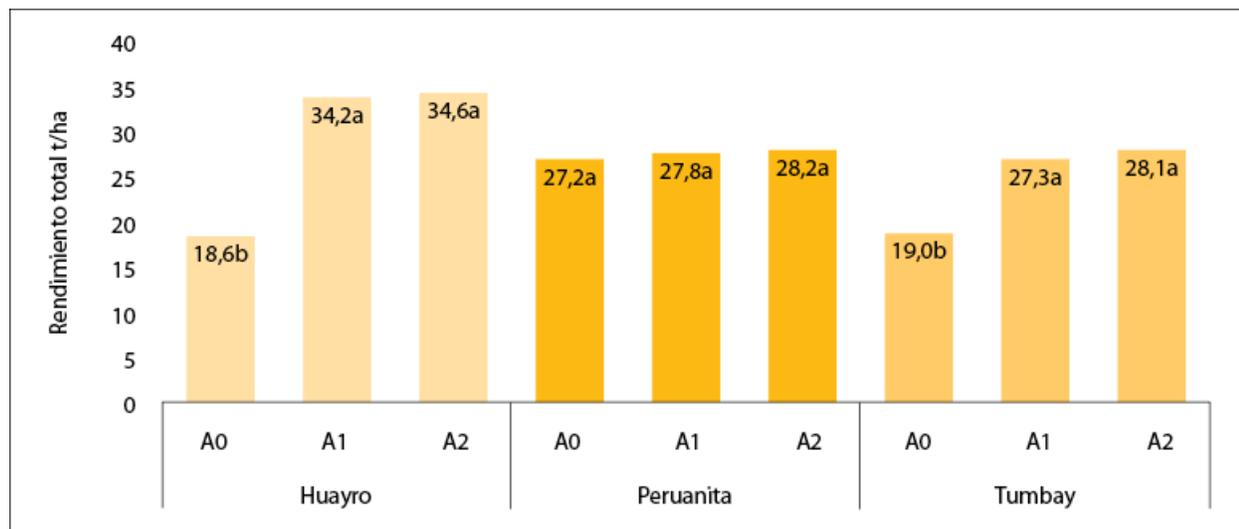


Figura 1. Rendimiento total en t/ha por cultivares. A0. Cero aporques; A1. Un aporque; A2. Dos aporques. Fuente: Elaboración propia

En el cv. Huayro, cuando se realizó un aporque y cero aporques, los rendimientos totales disminuyeron en 1,17 % y 86,02 %, respectivamente, en relación con el efecto de dos aporques. En el cv. Peruanita, los dos aporques no generaron ventajas significativas, pues con un aporque y cero aporques el rendimiento se redujo solo en 1,44 % y 3,67 %, respectivamente; por lo tanto, como indican Estrada (2013) y Aliaga et al. (2017), un solo aporque bien realizado puede ser suficiente. En el caso del cv. Tumbay, realizar dos aporques significó un incremento del rendimiento de 2,93 % y 47,89 % respecto a un aporque y cero aporques, respectivamente.

En los sistemas de producción tradicional de la provincia de Andahuaylas, generalmente se realizan dos aporques y, según Maldonado et al. (2011), el rendimiento promedio de los cultivares Huayro, Peruanita y Tumbay es de 15,56 t/ha, 15,02 t/ha y 22,97 t/ha, respectivamente. Por su parte, Seminario et al. (2017) hallaron rendimientos de 18,91 t/ha y 8,06 t/ha en los cultivares Tumbay y Peruanita, respectivamente. En el cultivar Huayro, Campos (2014) constató un rendimiento de 23,86 t/ha con dos aporques. En todos los casos encontrados en la literatura existente, los rendimientos fueron menores en comparación con los obtenidos en el presente estudio.

Así, el número de aporques depende principalmente del cultivar que se utiliza y si el aporque se realiza en el momento y la forma adecuados, se favorece una mayor tuberización y, por consiguiente, el incremento de los rendimientos totales (Campos, 2014; Chala, 2016; Egúsqiza, 2014; Maldonado et al., 2011). Como afirmó Egúsqiza (2014), el aporque es una actividad necesaria con efecto positivo en el rendimiento total del cultivo.

Se puede inferir que estas diferencias de rendimiento total entre los tres cultivares se deben a las características varietales, las condiciones climáticas, la oportunidad y el número de aporques (Egúsqiza, 2014; Sulca, 2016). Así, Chala (2016) observó que, con dos y tres aporques, el rendimiento total de

tubérculos aumentó en un 15,5 % y un 24,7 %, respectivamente, sobre el control, debido al mayor volumen de tierra suelta disponible para formar raíces, estolones y tubérculos.

En el rendimiento comercial, el tratamiento T3 (Huayro con dos aporques) obtuvo el mayor valor frente los cultivares Peruanita y Tumbay ($p < 0,001$). Al analizar los resultados por cultivares, en Huayro el rendimiento comercial se reduce a 0,10 % y 129,58 % cuando se realizan uno y cero aporques, respectivamente. En el cultivar Tumbay, el T9 (con dos aporques) produjo 14,4 t/ha, mientras que con uno y cero aporques, el rendimiento comercial se redujo en un 0,70 % y un 176,92 %, respectivamente. En el cultivar Peruanita, como ocurrió en los cultivares Huayro y Tumbay, con dos aporques se obtuvo un rendimiento superior al de cero aporques y se observó reducción del rendimiento comercial en 14,16 % y 40,22 % cuando se realizó un aporque y cero aporques, respectivamente (figura 2). Como indica Egúsquiza (2014), el aporque es una labor imprescindible para evitar pérdidas en la calidad comercial de los tubérculos. Las plantas de papa que no son aporcadas o tienen aporques inadecuados por falta de una buena capa de tierra protectora y estabilizadora son propensas al tumbado, la fácil infestación de plagas en los tubérculos, el verdeado y la pudrición por exposición solar (Chala, 2016; Egúsquiza, 2014; Montaldo, 1984).

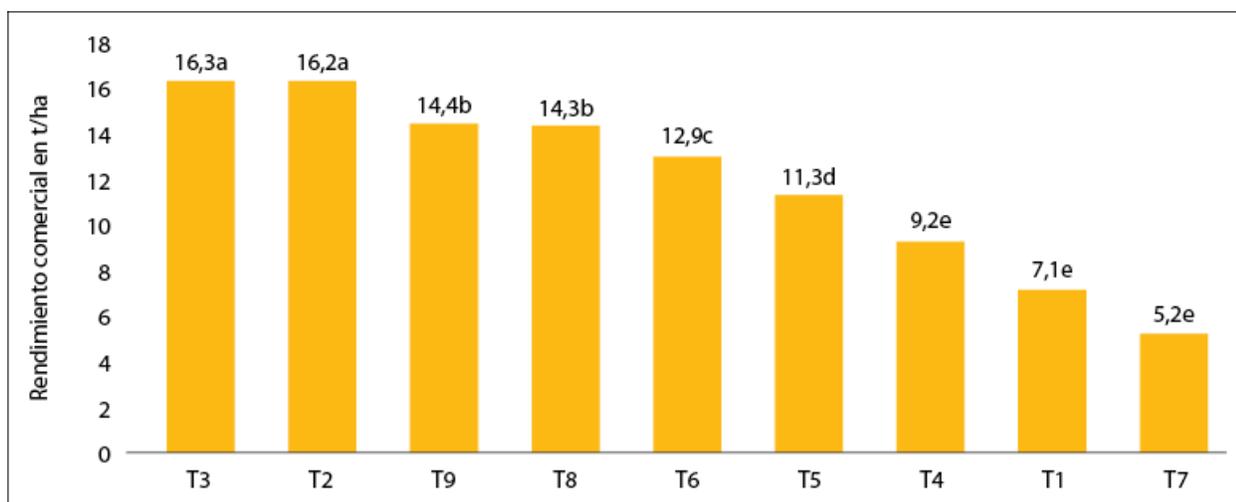


Figura 2. Rendimiento comercial (t/ha) en la interacción cultivar × número de aporques.

Fuente: Elaboración propia

En cultivares tardíos como el cv. Huayro, no realizar aporques oportunos puede afectar la calidad comercial hasta en un 30 %, debido a que la formación de estolones y tubérculos ocurre a partir de los 100 dds. Por otro lado, en los cultivares Peruanita y Tumbay, estas pérdidas pueden alcanzar hasta el 50 % porque la formación de estolones y tubérculos comienza a los 60 días; por lo tanto, para evitar pérdidas de calidad comercial, los aporques deben ser diferenciados de acuerdo al cultivar y las condiciones climáticas (Campos, 2014; Egúsquiza, 2014; Maldonado et al., 2011).

Aunque la interacción cultivar × número de aporques no tuvo un efecto significativo sobre los factores del rendimiento (altura de planta, cobertura foliar, número de tallos y número de estolones), en el efecto individual de cultivares en promedio de número de aporques, los mayores valores de estas variables se registraron en el cultivar Huayro (50,76 cm, 67,78, 6,33 y 50,75, respectivamente). Para el efecto de número

de aporques, al no realizar ningún aporque (A0) se halló el mayor valor para altura de planta, número de tallos principales y número de estolones por planta. Este resultado se puede deber a que la labor de aporque implica la remoción de capas de tierra y, como consecuencia, el corte involuntario de estolones subterráneos y estolones que se pueden convertir en futuros tallos (Egúsquiza, 2014). Tal vez por esta razón, en algunas zonas altoandinas el aporque se realiza de forma manual en dos oportunidades, aunque en algunas regiones productoras de Bolivia tradicionalmente se realiza un solo aporque a los 60 dds (Aliaga et al., 2017).

En cuanto al número de tallos, la media en el presente estudio fue seis tallos por planta. Por su parte, Rojas y Seminario (2014) informaron cinco tallos por planta en promedio para cultivares nativos; sin embargo, este valor puede variar en función del cultivar, el estado fisiológico del tubérculo-semilla al momento de la siembra y la densidad de plantación (Silva et al., 2017). En general, cuanto mayor sea el número de tallos por planta o por área, mayor será el número de tubérculos y el rendimiento total, aunque puede disminuir el tamaño de los tubérculos (Toledo, 2016).

Análisis económico

Al adicionar las prácticas de aporque al cultivo de papa en los tres cultivares estudiados, el costo de producción se incrementa. Los costos de producción de los diferentes tratamientos varían en función del número de jornales que se requieren para el primero y segundo aporque. Para realizar un primer aporque pueden ser necesarios hasta 27 jornales, mientras que un segundo aporque requiere hasta 15 jornales (Sulca, 2016).

En el cv. Tumbay con un aporque (T8) se halló el mayor índice de rentabilidad (120,8%), debido al mayor rendimiento comercial y el precio en el mercado local (figura 3). Un aporque como mínimo garantiza la calidad y la productividad del cultivo de papa, aunque esta labor implica el incremento del costo de producción (Egúsquiza, 2014).

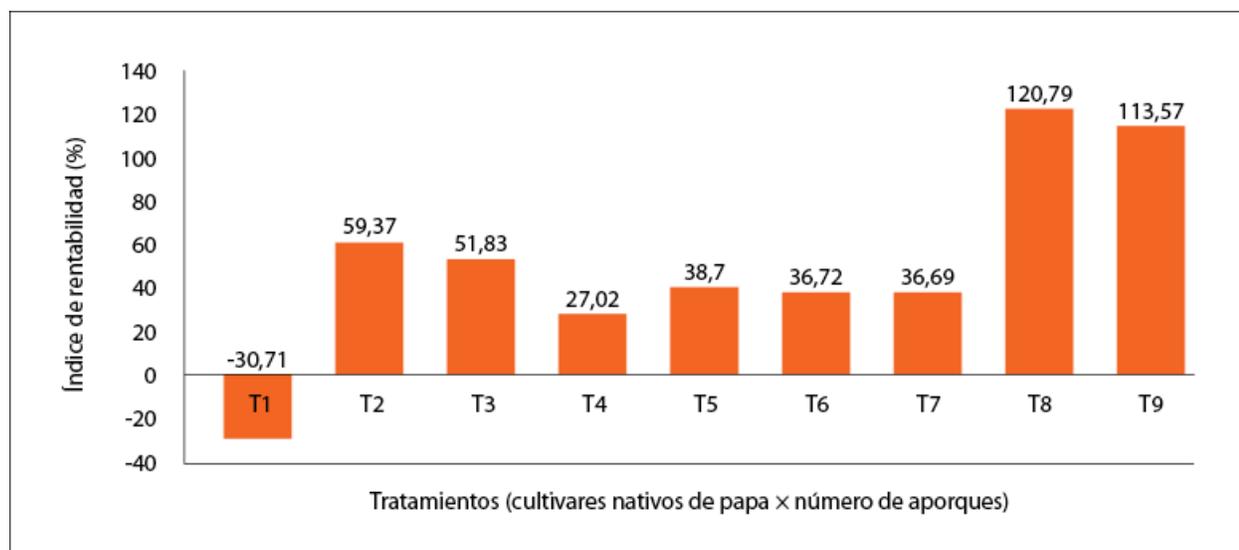


Figura 3. Índice de rentabilidad de cultivares nativos de papa en función del número de aporques.

Fuente: Elaboración propia

El cv. Huayro sin aporques (T1) obtuvo un índice de rentabilidad negativo (-30,71 %), posiblemente porque los estolones, al no tener una capa considerable de tierra, se convirtieron en tallos aéreos y disminuyeron así la tasa de tuberización (Egúsqüiza, 2014). Sin embargo, con un aporque bien realizado, el índice de rentabilidad mejora significativamente hasta en un 59,37 %. En el caso del cv. Peruanita, el mayor índice de rentabilidad se constató con un solo aporque (T5).

De acuerdo con los resultados de los tres cultivares, un segundo aporque no se justifica en términos económicos. Con el cv. Única y un solo aporque temprano a los 15 dds, Estrada (2013) halló un 1,3 % de rentabilidad neta en parcelas de la irrigación Majes-Arequipa. Sin embargo, Chala (2016) informó que los agricultores pueden obtener más ingresos si practican tres aporques, aunque esto incrementa los costos en comparación con el aporque en dos oportunidades. Por consiguiente, por razones económicas un solo aporque bien realizado es suficiente. Solo se justifica realizar dos aporques cuando las condiciones locales son de alta pluviosidad y, como consecuencia de las heladas, algunas partes de interés comercial (tubérculos) pueden resultar afectadas por agentes físicos y biológicos (Egúsqüiza, 2014).

Conclusiones

La interacción cultivar \times número de aporques influye en todas las variables medidas en el presente estudio ($p < 0,001$). El tratamiento con mayor rendimiento fue el cv. Huayro con dos aporques ($p < 0,001$). En cambio, el rendimiento del cv. Peruanita sin ningún aporque resultó estadísticamente similar al de los cultivares en los que se realizó algún aporque. En el análisis económico, el cv. Tumbay con un solo aporque arrojó el mayor índice de rentabilidad. En los cultivares Huayro y Tumbay, un segundo aporque no se justifica en términos económicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los agricultores de la localidad de Huaccoto por su participación y contribución al estudio; hacen un reconocimiento especial al ingeniero Vidal Villagómez (q. e. p. d.) por haber ejercido como miembro del jurado durante la realización de esta investigación, y expresan su gratitud a los revisores pares y los editores por haber aportado al manuscrito con sus comentarios y sugerencias.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este manuscrito.

Referencias

- Aliaga, S., Terrazas, F., & Ortuño, N. (2017). Estrategias ecológicas para el manejo del tizón tardío de la papa [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary]. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 21(1), 1-14. <https://doi.org/10.37066/ralap.v21i1.261>
- Bautista, F., Mita, V., & Mamani, F. (2018). Efecto de la decapitación floral en el rendimiento de tres variedades de papas nativas (Saq'ampaya, Qhati Señorita e Imillanegra) en el Altiplano Norte boliviano. *Revista de*

- Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(1), 47-58. <http://riiarn.agro.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/101>
- Cadena, B., Egas, D., Ruiz, H., Mosquera, J., & Benavides, O. (2012). Efecto de cinco sistemas de labranza, en la erosión de un suelo Vitric Haplustand, bajo cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 116-128. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/461>
- Campos, C. (2014). *Efecto de la fertilización en el rendimiento y características biométricas del cultivo de papa variedad Huayro en la comunidad de Aramachay (valle del Mantaro)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1390>
- Canqui, F., & Morales, F. (2009). *Conocimiento local en el cultivo de la papa*. Fundación PROINPA. <https://www.proinpa.org/tic/pdf/Papa/Varios%20Papa/pdf20.pdf>
- Caycho-Ronco, J., Arias-Mesia, A., Oswald, A., Esprella-Elias, R., Rivera, A., Yumisaca, F., & Andrade-Piedra, J. (2009). Tecnologías sostenibles y su uso en la producción de papa en la región altoandina. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 15(1), 20-37. <https://doi.org/10.37066/ralap.v15i1.149>
- Centro Internacional de la Papa & Federación Departamental de Comunidades Campesinas. (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica - Perú*. <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/003524.pdf>
- Chala, G. (2016). Effect of earthing up frequencies and tuber seed form on yield and profitability of potato (*Solanum tuberosum*) production in Bale highlands. *Agricultural Research & Technology*, 2(4), 555-592. <http://dx.doi.org/10.19080/ARTOAJ.2016.01.555592>
- Condori-Mamani, P., Loza-Murguía, M., Sainz-Mendoza, H., Guzmán-Calla, J., Mamani-Pati, F., Marza-Mamani, F., & Gutiérrez-González, D. (2017). Evaluación del efecto del biol sobre catorce accesiones de papa nativa (*Solanum* spp.) en la estación experimental kallutaca. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(1), 59-72. <http://ucbconocimiento.ucbca.edu.bo/index.php/JSAB/article/view/115/86>
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., González, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Robledo, C. (2013). *InfoStat* (versión 2013) [software]. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba. <https://bit.ly/30mYrm0>
- Egúsqüiza, R. (2014). *La papa en el Perú* (2nd ed.). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Estrada, R. (2013). *Momento del aporque en la producción de papa (Solanum tuberosum) cv. "Única" bajo el sistema de riego por goteo en zona árida* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4122>
- García, D., Cárdenas, J., & Silva, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 16-25. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.79>
- García, D., Mamani, G., Román, N., Suárez, L., Contreras, A., & Malca, J. (2011). Efecto de la adición de materia orgánica sobre la dinámica poblacional bacteriana del suelo en cultivos de papa y maíz. *Revista Peruana de Biología*, 18(3), 355-360. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i3.452>
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solórzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Tecnología en Marcha*, 31(1), 170-180. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>
- Inostroza, F. (2009). *Manual de papa para la Araucanía. manejo y plantación* [Boletín INIA N.º 193]. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Carillanca, Ministerio de Agricultura; Centro Regional Carillanca. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36470.pdf>
- Jerez, E., Martín, R., & Morales, D. (2017). Evaluación del crecimiento y composición por tamaño de tubérculos de plantas de papa para semilla. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 102-110. <http://dx.doi.org/10.1234/ct.v38i4.1413>
- López, P., Egúsqüiza, R., & Villagómez, V. (1980). *Cultivo de la papa*. Centro Nacional de Capacitación e Investigación para la Reforma Agraria.

- Luna, R., Bejarano, A., Espinoza, A., Ulloa, C., Espinosa, K., & Trávez, R. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencia y Tecnología*, 9(1), 11-16. <https://doi.org/10.18779/cyt.v9i1.160>
- Maldonado, L., Ordinola, M., Manrique, K., Fonseca, C., Sevilla, M., & Delgado, O. (2011). *Estudio de caso: evaluación de impacto de la intervención del proyecto INCOPA/CAPAC en Andahuaylas. Lima (Perú)*. Centro Internacional de la Papa; Proyecto INCOPA; Iniciativa Papa Andina. <https://doi.org/10.4160/9789290604013>
- Marmolejo, D., & Ruiz, J. (2018). Tolerancia de papas nativas (*Solanum* spp.) a heladas en el contexto de cambio climático. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 393-400. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.10>
- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y mejoramiento de la papa*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://bit.ly/30mPae4>
- Nyawade, S., Gachene, Ch., Karanja, N., Gitari, H., Schulte-Geldermann, E., & Parker, M. (2019). Controlling soil erosion in smallholder potato farming systems using legume intercrops. *Geoderma Regional*, 17, e00225. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00225>
- Reategui, K., Aguirre, N., Oliva, R., & Aguirre, E. (2019). Fenología y rendimiento de cuatro variedades de papa en el Altiplano peruano. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 265-274. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.12>
- Rojas, P., & Seminario, J. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum* grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 165-175. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.01>
- Rubio-Hurtado, M., & Berlanga-Silvente, V. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 5(2), 83-100. <https://doi.org/10.1344/reire2012.5.2527>
- Sánchez, M., & Meza, R. (2015). Evaluación del rendimiento del cultivo de papa bajo la aplicación del riego deficitario (PRD) utilizando cintas de riego. *Anales Científicos*, 76(1), 21-28. <http://dx.doi.org/10.21704/a.c.v76i1.760>
- Sandoval, B. (1989). *Preparación de los tubérculos y plantación. Tercer Curso Internacional de Producción y Almacenamiento de Papa*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Schulz, V., Munz, S., Stolzenburg, S., Hartung, K., Weisenburger, J., & Graeff-Hönninger, S. (2019). Impact of different shading levels on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomy*, 9(6), 330. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy9060330>
- Seminario, J., Seminario, A., Domínguez, A., & Escalante, B. (2017). Rendimiento de cosecha de diecisiete cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) del grupo Phureja. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 181-191. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.01>
- Silva, A., Albornoz, C., & Criollo, H. (2017). Efecto del potasio y la densidad de siembra en la producción de papa *Solanum tuberosum* grupo Phureja var. criolla guaneña. *Temas Agrarios*, 23(1), 37-46. <https://doi.org/10.21897/rta.v23i1.1145>
- Sulca, F. (2016). El aporque en cultivares nativos de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*) en Andahuaylas [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2216>
- Toledo, M. (2016). *El cultivo de la papa en Honduras*. Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3107/1/BVE17069070e.pdf>
- Villalobos-Araya, M., Guzmán-Arias, I., & Zúñiga-Pereira, C. (2009). Evaluación de tres tipos de labranza en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*). *Tecnología en Marcha*, 22(2), 40-50. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/115

Zuñiga, N., Gastelo, M., Bastos, C., Reyes, J., Alania, D., & Ninalaya, D. (2018). Nuevos cultivares de papa con resistencia a la ranchara [*Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary] y adaptación al cambio climático. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 22(2), 66-82. <https://doi.org/10.37066/ralap.v22i2.305>