

Comportamiento agronómico y calidad de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en función del cultivar y la dosis de fertilización

Agronomic behavior and quality of kiwicha (Amaranthus caudatus L.) in function on cultivar and fertilization dose

Rhodes Leopoldo Mejía-Valvas¹, Hugo Mendoza-Vilcahuamán², Luz Gómez-Pando¹, Rember Pinedo-Taco^{1*}

RESUMEN

El cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en el Perú es un cultivo de seguridad alimentaria para las poblaciones rurales andinas. Sin embargo, el bajo uso de fertilizantes reduce significativamente los rendimientos y la rentabilidad de los cultivares nativos y mejorados. El objetivo de la investigación fue determinar el comportamiento agronómico y la calidad del grano de la kiwicha en variedades mejoradas y nativas a diferentes dosis de fertilización. Los tratamientos evaluados consistieron en tres cultivares de kiwicha (Oscar Blanco, Centenario y Caracino) y tres niveles de fertilización NPK (18-46-30; 100-80-60; 120-100-80), establecidos en diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 3 y cuatro réplicas. Las variables agronómicas analizadas fueron rendimiento de grano, altura de planta, época de floración, etapa de maduración y como componentes de calidad peso de 1000 granos y el contenido de proteínas. Con la dosis 120-100-80 de NPK, independientemente de los cultivares, se constató el mayor rendimiento (2235,12 kg ha⁻¹), mientras que con el cultivar local Caracino se verificó el mayor rendimiento (2208,33 kg ha⁻¹). Asimismo, el mayor contenido de proteína con 15,39% se halló con el cultivar Oscar blanco. Bajo las condiciones de suelo y agroclimáticas de la zona de estudio, el cultivar local Caracino con la dosis de fertilización 120-100-80 alcanzó el mayor rendimiento con niveles aceptables de calidad de grano.

Palabras clave: *Amaranthus caudatus*, cultivar mejorado, dosis de fertilización, rendimiento.

ABSTRACT

The kiwicha cultivation (*Amaranthus caudatus* L.) in Peru is a food security crop for rural Andean populations; however, the low use of fertilizers significantly reduces the yields and profitability of native and improved cultivars. The aimed of the research was to determine the agronomic behavior and the quality the kiwicha grain in improved and native varieties at different fertilization rates. The evaluated treatments consisted of three kiwicha cultivars (Oscar Blanco, Centenario and Caracino) and three levels of NPK fertilization (18-46-30; 100-80-60; 120-100-80), established in complete block design at the random with 3 x 3 factorial arrangement and four replications. The agronomic variables analyzed were grain yield, plant height, flowering time, maturation stage, and as quality components, weight of 1000 grains and protein content. With the 120-100-80 dose of NPK, regardless of the cultivars, the highest yield was observed (2235.12 kg ha⁻¹); while, with local cultivar Caracino the highest yield was verified (2208.33 kg ha⁻¹); likewise, the highest protein content with 15.39% was found with the cultivar Oscar blanco. Under the soil conditions and agroclimatic conditions of the study area, the local Caracino cultivar with the fertilization dose 120-100-80 reached the highest yield with acceptable levels of grain quality.

Keywords: *Amaranthus caudatus*, improved cultivar, fertilization dose, yield.

Introducción

La kiwicha o amaranto es uno de los cultivos más antiguos del Perú y se encuentra distribuida principalmente en los valles interandinos de los departamentos de Cusco, Apurímac, Arequipa y

Ancash hasta los 3000 msnm (MINAGRI, 2018). Según Mejía *et al.* (2020), en los valles interandinos es cultivada en áreas muy pequeñas destinadas mayormente al autoconsumo con bajos niveles de producción y productividad. En cambio, en la costa peruana, el amaranto ha tomado más relevancia

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, Perú.

² Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Escuela Profesional de Agronomía Ancash, Perú.

* Autor para correspondencia: rpinedo@lamolina.edu.pe; repita2016@gmail.com

y se cultiva bajo riego con sistemas de aspersión y altos niveles de fertilización y tecnificación promovida por la agroindustria. Aunque los granos andinos, entre ellos la *kiwicha*, han sido parte de la seguridad alimentaria altoandina por miles de años y los agricultores tradicionales mantienen considerable diversidad de material genético en sus parcelas, el potencial de estos cultivos para contribuir al bienestar de las poblaciones rurales de bajos recursos todavía no se ha logrado plenamente (Pinedo *et al.*, 2018).

En relación con el material genético existente en el Perú, hay una gran diversidad de cultivares nativos, cultivares mejorados y colectas en los bancos de germoplasma (Estrada, 2011). Algunos cultivares nativos de buen comportamiento agronómico con alto valor nutricional y resistencia a factores ambientales adversos son conservados in situ por los agricultores locales de valles interandinos (García-Parra *et al.*, 2019; Mejía *et al.*, 2020; Pinedo *et al.*, 2018). Entre los cultivares mejorados más usados a nivel nacional se encuentran el Oscar Blanco, INIA 414-Taray, CICA 2006 y Centenario, y algunos cultivares nativos como el Caracino procedente de Caráz, Ancash, aún no cuentan con suficientes reportes de producción y productividad, pero pueden ser competitivos en cuanto a rendimiento y rentabilidad con un manejo apropiado (Mejía *et al.*, 2020).

Con respecto al comportamiento agronómico, según el MINAGRI (2018), el rendimiento promedio nacional del cultivo de amaranto es 1885 kg ha⁻¹, mientras que en la zona de los valles interandinos del departamento de Ancash 1407 kg ha⁻¹. En sistemas de producción convencional con riego tecnificado a nivel de la costa peruana los rendimientos pueden llegar hasta 7 t ha⁻¹, mientras que a nivel de pequeños productores el rango es de 0,4 hasta 0,7 t ha⁻¹, aunque a nivel experimental en Ancash los rendimientos con la aplicación de fertilizantes superan el promedio nacional (Mejía *et al.*, 2020).

Para condiciones de la zona altoandina del Perú el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) recomienda niveles de 80-60-40 de N, P₂O₅, K₂O kg ha⁻¹ y 20 t ha⁻¹ de estiércol de corral, a fin de alcanzar rendimientos promedio de 2000 kg ha⁻¹ (Estrada, 2011). En la práctica, los agricultores de minifundio de sistemas de agricultura familiar con superficie de siembra inferior a 1 ha, emplean escasa cantidad de fertilizantes sintéticos o solo utilizan abonos de origen animal (Mejía *et al.*,

2020; Mejía *et al.*, 2021; Pinedo *et al.*, 2017). En caso de ser adoptados por los agricultores, la práctica de fertilización se basa en su experiencia propia, recomendaciones de sus vecinos o de los agentes de extensión agraria (Estrada, 2011; Pinedo *et al.*, 2017).

En el ámbito de estudio se realizaron algunos ensayos sobre los efectos de la fertilización en el rendimiento de granos de *kiwicha* y muy tangencialmente en el contenido de proteína. Entre los resultados, de manera general se concluye que dosis crecientes de fertilización tienen influencia en el rendimiento y calidad de los granos (Mejía *et al.*, 2020; Pinedo *et al.*, 2017). Al respecto, algunos autores indican que la fertilización con NPK promueve mayor actividad fotosintética aumentando el contenido de carbohidratos y proteínas solubles totales (Latsague *et al.*, 2014), y se relaciona directamente con la síntesis de pigmentos y proteínas que se incrementan significativamente con la aplicación de los tratamientos fertilizantes (Pinedo *et al.*, 2017). Posiblemente el contenido de proteína no es influenciado significativamente por las interacciones de nutrientes N, P, K, S, pero no disminuye con mayores rendimientos. Esto sugiere que una nutrición equilibrada puede proporcionar cierta protección contra la dilución de proteínas a medida que aumenta el rendimiento (Duncan *et al.*, 2018; Basantes y Terán, 2017).

El cultivo responde a la fertilización nitrogenada. Sin embargo, una dosis balanceada de N y P es importante para el mejor crecimiento y la productividad de las plantas (Hernández *et al.*, 2014; Skwaryáo-Bednarz *et al.*, 2011). La aplicación de N y P influye tanto en el crecimiento de las plantas como en la morfología de las raíces (Balta *et al.*, 2015; Masanobu *et al.*, 2016; Razaq *et al.*, 2017). El rol del nitrógeno es valorado. Sin embargo, escasamente se reconoce el rol del potasio (K₂O) en el incremento de la productividad (Masanobu *et al.*, 2016; San Miguel *et al.*, 1999), pese a que, en la planta, ayuda a regular una amplia variedad de procesos químicos y enzimáticos (Balta *et al.*, 2015; Reetz, 2016; Skwaryáo-Bednarz *et al.*, 2011). Por consiguiente, la fertilización influye en una mayor productividad, pero su eficiencia depende del momento de aplicación que puede ser en forma total o fraccionada, del cultivar utilizado y de las condiciones climáticas (Aquino y Gómez, 2019).

En consecuencia, existen varias razones para profundizar en investigaciones que conduzcan hacia

la rentabilidad del cultivo. La kiwicha es un cultivo de alta calidad alimenticia con alto contenido de proteínas, se adapta a las condiciones ambientales y, por lo tanto, constituye una alternativa viable para zonas agroecológicas (Estrada, 2011). Por ello, se requiere incorporar en los sistemas de producción de *kiwicha* la fertilización mineral debido al paulatino deterioro y pérdida de fertilidad de los suelos (Pinedo *et al.*, 2018), así como encontrar alternativas en cuanto al uso de cultivares adecuados tanto locales como comerciales mejorados de alto rendimiento y adaptación a las condiciones del ámbito de estudio.

Por las razones expuestas, se planteó esta investigación con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico y la calidad de kiwicha en función del cultivar en diferentes dosis de fertilización, y socializar los resultados como recomendación técnica a los productores locales.

Materiales y métodos

El experimento se realizó desde enero 2018 hasta mayo 2018, en el distrito de Mato, sector Villasucre, provincia de Yungay, departamento de Ancash, ubicada a 2735 msnm, en las coordenadas 12°56'22,8" latitud Sur y 74°14'51,5" latitud Oeste. Durante la realización del estudio, la temperatura varió entre 6,5 y 22,6 °C. La humedad relativa fluctuó entre 61,2% y 79,4% con una precipitación acumulada de 655,5 mm (Datos SENAMHI: Estación Hidrometeorológica Santiago Antúnez de Mayolo /000426 /DRE-04EEA).

Antes de la instalación del experimento, se tomaron muestras de suelo en profundidad de 0 a 20 cm y de acuerdo al análisis fisicoquímico del suelo se verificaron las siguientes características: tipo de suelo clase textural franco arenoso, pH ligeramente alcalino (7,35), conductividad eléctrica (CE) 0,49 dS/m muy ligeramente salino, bajo en materia orgánica 1,66%, medio en P disponible (10,7 ppm), medio en K (146 ppm) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) 13,92.

El experimento fue establecido con un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 3, con nueve tratamientos, cuatro réplicas y 36 unidades experimentales (Tabla 1). La unidad experimental estuvo conformada por parcelas de 4 x 3,2 m (12,8 m²).

Material genético

Se utilizaron tres cultivares de la especie *Amaranthus caudatus* L.: Caracino, Oscar Blanco y Centenario. El cultivar Caracino, de maduración intermedia, fue proporcionado por los agricultores locales del distrito de Caráz, Ancash, mientras que los cultivares Oscar Blanco y Centenario, material genético proveniente del Programa de Granos Nativos y Cereales de la Universidad Nacional Agraria La Molina-Perú, ambos de maduración semitardía (Mejía *et al.*, 2020).

Fuentes y dosis de fertilización

Para definir las fuentes de fertilización se tomaron en cuenta las recomendaciones de Estrada (2011) y Peralta *et al.* (2012): Urea (46% de N), Fostato Diamónico (18% de N y 46% P₂O₅) y Cloruro de potasio (60% de K₂O). En cuanto a las dosis (d), se consideró el promedio base de fertilización local y se les añadieron dosis crecientes de NPK para las respectivas comparaciones. Se empleó una dosis similar a la planteada por Mejía *et al.* (2020) en la campaña agrícola 2017/2018.

La siembra se realizó en forma manual a chorro continuo en sucesión del cultivo de maíz. El distanciamiento entre hileras fue de 0,80 m. Cada tratamiento con cuatro hileras, de las cuales los dos surcos centrales fueron considerados para las evaluaciones. La conducción del experimento se adecuó a las típicas labores culturales de manejo local (tecnología tradicional) a las que se han imputado algunos ajustes y/o modificaciones (tecnología mejorada) como densidad de siembra y niveles de fertilización con base en la fertilización local (Ramírez-Vázquez *et al.*, 2011).

Tabla 1. Cultivares y niveles de fertilización utilizados en el experimento.

Cultivares de kiwicha (v)	Dosis de fertilización (d) N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	Tratamientos
Oscar Blanco	18 - 46 - 30	T1 = v1d ₁ ; T2 = v1d ₂ ; T3 = v1d ₃
Centenario	100 - 80 - 60	T4 = v2d ₁ ; T5 = v2d ₂ ; T6 = v2d ₃
Caracino	120 -100 - 80	T7 = v3d ₁ ; T7 = v3d ₂ ; T9 = v3d ₃

Se aplicaron ocho riegos (gravedad) de mantenimiento del cultivo, hasta antes de la etapa de maduración. La aplicación del fertilizante fue a chorro continuo a lo largo de cada surco-hilera, utilizando el 50% de N y el 100% de las dosis de P y K en la siembra y el 50% restante de N a los 30 días después de la siembra en la etapa de remoción de tierra y aporque. Durante la conducción del experimento, las principales plagas observadas fueron *Epicauta sp.* y *Diabrotia viridula*, que se controlaron con dos aplicaciones del insecticida Methomil y la maleza conocida como *yuyo* (*Amaranthus hybridus* L.) fue controlada manualmente. La cosecha se realizó a los 145 días después de la siembra, cuando los granos estaban en madurez de cosecha.

Variables en estudio

Se evaluaron cuatro características agronómicas: días a la floración y días a la maduración, altura de planta y rendimiento de grano en kg ha⁻¹ y variables de calidad peso de 1000 granos y el contenido de proteínas en los granos. Para la variable altura de planta se procedió a medir desde la parte basal del tallo hasta la altura de inserción de la panoja. Esta medición se efectuó en plena floración y los resultados se expresaron en centímetros (Ramírez-Vázquez *et al.*, 2011).

En general, las mediciones se realizaron al azar en diez plantas de los dos surcos centrales para

evitar el efecto de borde. Para evaluar la variable días a la maduración se consideraron los días desde la siembra hasta que por lo menos el 80% de las plantas presentaron hojas amarillentas, panoja color amarillento y cuando el grano adquirió una consistencia tal que resistió a la presión con las uñas. Para la variable de rendimiento se cosechó toda la producción obtenida en los dos surcos centrales de cada unidad experimental expresándola en kg por parcela, que posteriormente se llevó a kg ha⁻¹ (Mejía *et al.*, 2020). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) al 5% de probabilidades de error. La separación de medias se realizó con la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5% de probabilidades de error.

Resultados y discusión

La altura de planta, los días a floración y maduración fueron influenciados significativamente ($p < 0,05$) por los cultivares y los niveles de fertilización, mientras que para la interacción entre estos factores no se registró significancia estadística ($p > 0,05$). Esto indica que los efectos de cada factor fueron independientes (Tabla 2). Aun cuando no se constató efecto significativo de la interacción de los factores evaluados, el tratamiento T9 (Caracino con 120-100-80 kg ha⁻¹ de NPK) resultó con el mayor rendimiento de grano con 2392,85 kg ha⁻¹. El cultivar Caracino,

Tabla 2. Efecto de tres niveles de fertilización sobre la altura de planta, rendimiento, días a la floración media, peso de mil granos y contenido de proteína en función de tres cultivares de kiwicha.

Tratamientos	Eficiencia agronómica y calidad de dosis de fertilización con base en el cultivar					
	Altura planta (cm)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Floración (días)	Maduración (días)	Peso 1000 granos (g)	Proteína Grano (%)
Efecto en las dosis de fertilización						
18-46-30 (d ₁)	98,75 a	2.141,07 a	57,92 a	124,08 a	1,04 a	14,23 a
100-80-60 (d ₂)	101,92 a	1.961,90 a	56,25 a	123,83 a	1,06 a	13,01 a
120-100-80 (d ₃)	100,08 a	2.235,12 a	57,92 a	122,17 a	1,04 a	13,44 a
Efecto en los cultivares						
Oscar Blanco (v ₁)	106,17 a	1.933,33 a	54,17 a	123,42 b	1,05 a	15,39 a
Centenario (v ₁)	103,92 a	2.196,43 a	54,58 a	117,58 a	1,04 a	13,34 a
Caracino	90,67 b	2.208,33 a	63,33 b	129,08 c	1,05 a	11,94 a
CV (%) (v ₁)	5,81	6,62	3,73	17,32	3,82	14,07
<i>p</i> -valor ANOVA						
Dosis de fertilización (d)	0,4215	0,1991	0,4736	0,5484	0,6655	0,8078
Cultivares (v)	<0,0001	0,1364	<0,0001	<0,0001	0,8982	0,2053
Interacción Dosis x Cultivar	0,4984	0,0387	0,2808	0,9512	0,5951	0,6417

independientemente de las dosis de fertilización, obtuvo el mayor rendimiento (2208,33 kg ha⁻¹), seguido por Centenario con 2196,43 y Oscar Blanco con 1933,33 kg ha⁻¹ (Tabla 2).

Lo anterior evidencia que en el cultivar Caracino hubo un incremento de 0,54% y 14,22% respecto a los cultivares Centenario y Oscar Blanco. Mejía *et al.* (2020), empleando las mismas variedades y dosis de fertilización, encontraron el mayor rendimiento en la variedad Centenario (2104,75 kg ha⁻¹), seguida por Oscar Blanco (2088,17 kg ha⁻¹) y la variedad local Caracino con 1944 kg ha (Figura 1A). Por consiguiente, se puede inferir en el caso del cultivar Caracino (v₃), por ser un ecotipo originario de Caráz-Ancash, que la respuesta a altos niveles de fertilización se debe a sus características genéticas y de adaptación al medio local (Mejía *et al.*, 2020). Esta afirmación es corroborada por Balta *et al.* (2015 y Romero *et al.* (2017) al indicar que el rendimiento y la calidad de granos dependen de la cantidad de elementos nutricionales absorbidos por el cultivo y el efecto de otros factores como suelo, clima y cultivar. En el caso del cultivar Oscar Blanco muestra su comportamiento varietal en altitudes similares. Así, en condiciones de Ayacucho (2700 msnm), Roque (2019) constató que el rendimiento de Oscar Blanco es 2830 kg ha⁻¹ superior en 24.7% respecto a Centenario (2270 kg ha⁻¹).

Con respecto a los efectos de la fertilización, con la dosis d₃ (120-100-80) se constató el mayor rendimiento de grano, independientemente de los cultivares, con 2235,12 kg ha⁻¹. Se observó un incremento de 4,39% y 13,92% con relación a las

d1 y d2 respectivamente. Mejía *et al.* (2020), con la dosis 120-100-80, hallaron el mayor rendimiento de 2105,58 kg ha⁻¹, comprobando que el cultivo de kiwicha requiere de altos niveles de fertilización (Figura 1B). Al realizar una comparación de resultados con la dosis media d2 (100, 80,60), Skwaryáo-Bednarz *et al.* (2011) encontraron el mayor rendimiento con la fertilización (90-60-60) kg NPK. Asimismo, Ramírez-Vázquez (2011), bajo condiciones de Ventocilla México, con las dosis 80-60-40 y 80-30-40 de NPK, constataron rendimientos de 1668,7 kg ha⁻¹ y 1660,9 kg ha⁻¹ respectivamente. Ambos rendimientos resultaron inferiores al experimento.

Está corroborado que la fertilización incrementa los rendimientos. Sin embargo, la aplicación de fertilizantes debe ser equilibrada en función de las condiciones agroclimáticas. Altas dosis de nitrógeno pueden ser favorables para un mayor rendimiento, pero pueden causar el tumbado o acame de las plantas (Arellano y Galicia, 2007). El INIA para la zona andina indica que al utilizar la dosis 80-60-40 de NPK se pueden obtener hasta 2500 kg ha⁻¹ (Estrada, 2011), mientras que Peralta *et al.* (2012) señalan que en el Ecuador con la dosis 100-60-20 se reportan hasta 2000 kg ha⁻¹.

Análisis de otros componentes de rendimiento y calidad de grano

En el cultivar Oscar Blanco se verificó la mayor altura de planta, independientemente de los niveles de fertilización, con 106,17 cm en relación con los

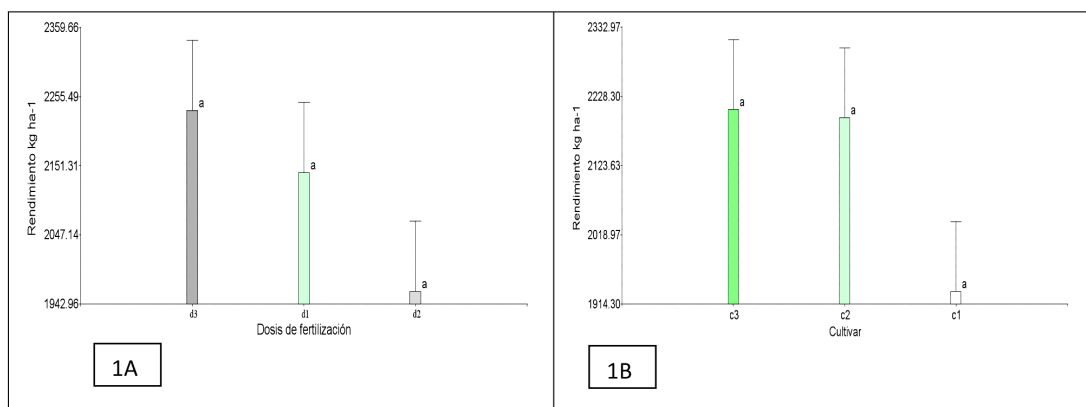


Figura 1. Comportamiento promedio de rendimiento (t ha⁻¹) en función de las diferentes dosis de fertilización y cultivares evaluados. Valores dentro de una misma variable seguidos de la misma letra, no difieren significativamente según prueba de rango múltiple de Duncan ($p > 0,05$).

demás cultivares que alcanzaron menor altura de planta. Esto significó un incremento en altura de planta del 2% y 15% con relación a los cultivares Centenario y Caracino. En un ensayo de campo realizado por Mejía *et al.* (2020) se constató la mayor altura de planta con la variedad Caracino, mientras que Oscar Blanco alcanzó 90,08 cm.

En cuanto a los efectos de las dosis de fertilización, con el nivel 18-46-30, independientemente del cultivar, se verificó la mayor altura de planta, con un incremento del 49% y 50% con relación a los niveles 100-80-60 y 120-100-80, respectivamente (Tabla 2). Hernández *et al.* (2014), en su trabajo de investigación con una dosis de fertilización constataron 1,90 m de altura promedio de amaranto, mientras que Jiménez *et al.* (2018) 1,81 m. En ambos ensayos las alturas de las plantas resultaron mayores con respecto a este estudio, por la influencia del medio ambiente y el genotipo. Las dosis crecientes de N generan aumentos en los rendimientos económicos, biológicos y en sus componentes. Sin embargo, dosis altas de N pueden incrementar el tamaño de las plantas y producir acame (Arellano y Galicia, 2007). Según Romero *et al.* (2019), la deficiencia de N provoca enanismo y amarillamiento de las plantas (Estrada, 2011). Por lo tanto, el nitrógeno es el elemento que mayormente limita el crecimiento del cultivo de amaranto (Peralta *et al.*, 2012).

La floración más temprana fue observada con las dosis d_2 y d_3 y la más tardía con la d_1 . En consecuencia, se puede inferir que a mayor dosis de fertilización se acortan las etapas fenológicas del cultivo debido a la mayor disponibilidad de N (Skwaryáo-Bednarz *et al.*, 2011). Con respecto al comportamiento de los cultivares en cuanto a la época de floración, independientemente de las dosis de fertilización, el cultivar local Caracino presentó la floración más tardía seguida por Centenario, mientras que el más precoz fue Oscar Blanco con 54,17 días después de la siembra.

Con la d_3 los cultivares maduraron en el menor número de días, mientras que con la dosis más baja (18-46-30), la maduración ocurrió a los 124,08 días. Por ello se puede afirmar que las dosis más altas de fertilización acortan el periodo de maduración en el cultivo de kiwicha. El cultivar Centenario resultó más precoz que Oscar Blanco y Centenario, que alcanzaron su madurez a los 123,42 y 129,08 días respectivamente. Para las condiciones de la sierra ecuatoriana con la especie

Amaranthus hyponchondriacus, Jiménez *et al.* (2018) constataron la maduración a los 109 DDS.

En la variable peso de 1000 granos, con la dosis 100-80-60 se obtuvo el mayor peso, indistintamente de los cultivares, lo cual significa que hubo un incremento de 2% con respecto a las d_2 y d_1 . En cuanto a los cultivares Oscar Blanco y Caracino, resultaron similares, independientemente de las dosis de fertilización con 1,05, lo cual significa que hay un incremento de 0,96%. Al respecto, Mejía *et al.* (2020) hallaron el peso de 1000 semillas con la d_1 y constataron 1,12 g como el mayor peso comparado con dosis crecientes de d_2 y d_3 , mientras que en variedades, independientemente de la dosis de fertilización, el mayor peso de 1000 granos se observó con el cultivar Centenario 1,06 g. Por lo tanto, se puede inferir que las dosis de fertilización no tienen efecto significativo en la variable analizada.

El mayor contenido de proteína fue 14,23%, hallado con la dosis d_1 , independientemente de los cultivares, lo cual significó un incremento de 6% y 9,4% respecto a las dosis d_3 y d_2 . Mejía *et al.* (2020), con la dosis más baja (18-46-30), encontraron el mayor contenido de proteínas. Estos resultados indican que dosis crecientes de fertilización no influyen en el contenido de proteína de kiwicha. Duncan *et al.* (2018) señalan que el contenido de proteína no parece estar altamente influenciado por las interacciones de nutrientes minerales, lo cual sugiere que una nutrición equilibrada puede proporcionar cierta protección contra la dilución de proteínas a medida que aumenta el rendimiento.

Con el cultivar Oscar Blanco se constató el mayor contenido de proteína, independientemente de las dosis de fertilización con 15,39%. Esto significó un incremento de 15,40% y 29% respecto a los cultivares Centenario y Caracino respectivamente, lo que puede estar influenciado por el comportamiento varietal de los cultivares mejorados (Skwaryáo-Bednarz *et al.*, 2011). El contenido promedio de proteínas hallado en el cultivar Oscar Blanco es corroborado por diversos reportes que afirman que los cultivares de kiwicha tienen entre 13% y 19% de proteína con un adecuado balance de aminoácidos esenciales (García-Parra *et al.*, 2019; Mejía *et al.*, 2020; Paucar *et al.*, 2017). Sin embargo, la cantidad y la calidad de los nutrientes pueden ser influenciadas por el cultivar, la región en la cual se cultiva y las prácticas agronómicas

que se le aplican (Latsague *et al.*, 2014; Pinedo *et al.*, 2017).

Cabe destacar el contenido de proteína encontrado en el cultivar nativo Caracino, que en el estudio fue 13,34% y una campaña antes Mejía *et al.* (2020) verificaron un alto contenido de proteína (20,01%). Este resultado permite inferir que los cultivares nativos tienen un alto potencial en cuanto a rendimiento, contenido de proteínas y valor científico, pero por falta de ensayos y puesta en valor son desplazados por variedades introducidas o mejoradas causando su desaparición de los sistemas locales (Ayala-Garay *et al.*, 2016).

Conclusiones

La fertilización fue efectiva para incrementar el rendimiento y calidad del grano en los cultivares de *kiwicha*. El cultivar local Caracino alcanzó el mayor rendimiento, independientemente de la fertilización. El nivel de fertilización 120-100-80 obtuvo el mayor rendimiento y calidad del grano, independientemente de los cultivares evaluados, mientras que en la menor dosis de fertilización se constató el mayor contenido de proteína. Bajo las condiciones en que se desarrolló el estudio, el comportamiento de los cultivares es independiente de la fertilización.

Literatura citada

- Arellano, J.L.; Galicia J.A.
2007. Rendimiento y características de planta y panoja de amaranto en respuesta a nitrógeno y cantidad de semilla. *Agricultura técnica en México*, 33 (3): 251-258.
- Aquino, V.; Gómez, N.
2019. Triticale (x Triticosecale Wittmack): bioestimulantes orgánicos y fertilización nitrogenada sobre los componentes de rendimiento forrajero en campaña chica-Valle del Mantaro. *Scientia Agropecuaria*, 10 (4): 469-477.
- Ayala-Garay, A.; Espitia-Rangel, E.; Rivas-Valencia, P.; Martínez-Trejo, G.; Almaguer-Vargas, G.
2016. Análisis de la cadena del valor de amaranto en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 1 (13): 87.
- Balta, R.A.; Rodríguez Del Castillo, A.M.; Guerrero, R.; Cachique, D.; Alva, E.; Arévalo, L.; Loli, O.
2015. Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos. San Martín, Perú. *Folia Amazónica*, 24 (2): 123-130.
- Basantes, D.; Terán, D.M.
2017. Efecto de dosis nitrogenadas en el contenido proteico y pigmentos en el crecimiento fisiológico del cultivo de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.), para uso agroindustrial. *Vínculos-ESPE*, 2 (1): 35-42.
- Duncan, E.G.; O'Sullivan, C.A.; Roper, M.M.; Biggs, J.S.; Peoples, M.B.
2018. Influence of co-application of nitrogen with phosphorus, potassium and sulphur on the apparent efficiency of nitrogen fertiliser use, grain yield and protein content of wheat. *Field Crops Research*, 226: 56-65.
- Estrada, R.
2011. *Kiwicha alimento nuestro para el mundo*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Programa Nacional de Investigación en cultivos andinos. Estación Experimental Agraria Andenes Cusco. 41 p.
- García-Parra, M.A.; De la Cruz-Cruz, H.A.; Plazas-Leguizamón, N.Z.
2019. Ciclo de vida y curvas en S aplicadas al cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*). *Tecnológicas*, 22 (46): 61-76.
- Hernández, E.; García, E.; Ramírez, J.
2014. Caracterización de suelos cultivados con amaranto y algunos aspectos agronómicos de la planta. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5 (3): 421-431.
- Jiménez, L.O.; González, M.M.; Bastidas, M.L.; Decker, F.E.
2018. Evaluación del rendimiento de tres sistemas de siembra y dos cultivares de amaranto (*Amaranthus quitensis*) y (*Amaranthus hypochondriacus*). *J Selva Andina Biosph*, 6 (2), 65-75.
- Latsague, M.; Sáez, P.; Mora, M.
2014. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook.f. *Gayana Bot*, 71 (1): 37-42.
- Masanobu, O.; Amzad, H.; Ichiro, N.; Hikaru, A.; Masanobu, T.; Prasanta C.B.; Akihiro N.
2016. Effects of soil types and fertilizers on growth, yield, and quality of edible *Amaranthus tricolor* lines in Okinawa, Japan. *Plant Production Science*, 19: 1, 61-72.
- Mejía, R.L.; Gómez L.; Pinedo, R.; Mendoza, H.; Pajuelo, C.E.
2020. Niveles de fertilización inorgánica en tres variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en Ancash, Perú. *IDESIA*, 38 (1): 75-84.
- MINAGRI.
2018. Manejo Agronómico, Prácticas de Conservación de Suelos, Producción, Comercialización y Perspectivas de granos andinos. Ministerio de Agricultura y Riego. Dirección General de Políticas Agrarias-DGPA. Lima Perú. 86 p.
- Paucar, L.; Peñas, E.; Dueñas, M.; Frías, J.; Martínez villaluenga, C.
2017. Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *Food Science and Technology*, 76: 245-252.
- Peralta, E.; Mazón, Á.; Murillo, M.; Rivera, D.; Rodríguez, L.; Lomas, C.; Monar.
2012. Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinua, Amaranto y Ataco. Cultivos, cultivares y costos de producción. Tercera edición. INIAP. Quito, Ecuador.
- Pinedo, R.; Soto, G.; Valverde, N.
2017. Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán-Ayacucho. *Revista Aporte Santiaguino*, 10 (1): 39-50.

- Pinedo, R.; Gómez, L.; Julca, A.
2018. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5 (15): 399-409.
- Ramírez-Vázquez, M.L.; Espitia-Rangel, E.; Carballo-Carballo, A.; Zepeda-Bautista, R.; Vaquera-Huerta, H.; Córdova-Téllez, L.
2011. Fertilización y densidad de plantas en variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2 (6): 855-866.
- Razaq, M.; Zhang, P.; Shen, H.I.; Salahuddin.
2017. Influence of nitrogen and phosphorous on the growth and root morphology of Acer mono. *PLOS ONE*, 12 (2): e0171321.
- Reetz, H.
2016. *Fertilizers and their Efficient Use*. First edition, IFA, Paris, France. 109 p.
- Romero, C.O.; Ocampo, J.; Sandoval, E.; Navarro, H.; Franco, O.; Calderón, F.
2017. Fertilización orgánica-mineral del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (8): 1759-1771.
- Roque, O.J.
2019. Requerimiento térmico de las fases fenológicas de dos cultivares de amaranto (*Amaranthus caudatus* L): precoz y tardía en Ayacucho. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 7 (1): 18-31.
- San Miguel, R.V.; Hernández, D.; Rosas, A.; Trinidad, A.; Larqué, A.
1999. Efecto del potasio sobre la conductancia estomática y contenido de clorofila en amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5 (1): 19-22.
- Skwaryáo-Bednarz, B.; Brodowska, M.S.; Brodowski, R.
2011. Evaluating the influence of varied npk fertilization on yielding and microelements contents at amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) depending on its cultivar and plant spacing. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 10 (4): 245-261.