


 Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Rendimiento y evaluación agromorfológica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Huancayo, Perú

Yield and agromorphological evaluation of quinoa genotypes (*Chenopodium quinoa* Willd.)
in Huancayo, Peru

Paul Urdanegui^{1,*}; Ángel Pérez-Ávila¹; Rigoberto Estrada-Zúñiga¹; Edgar Neyra²; Ángel Mujica³; Flor-Anita Corredor⁴

- 1 Estación Experimental Agraria Santa Ana, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria, Junín 12007, Perú.
- 2 Departamento de Ciencias Celulares y Moleculares, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Av. Honorio Delgado N° 430, Lima 15012, Perú.
- 3 Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Post Grado, Universidad Nacional del Altiplano. Av. Floral N° 1153 Puno 21001, Perú.
- 4 Laboratorio de Investigación Tecnología en Cambio Climático, Instituto Nacional de Innovación Agraria. Av. La Molina 1981, La Molina, Lima, Perú.

ORCID de los autores

P. Urdanegui: <https://orcid.org/0000-0001-9571-170X>

R. Estrada: <https://orcid.org/0000-0002-0652-9437>

A. Mujica: <https://orcid.org/0000-0002-7013-8780>

A. Pérez: <https://orcid.org/0000-0001-5040-3199>

E. Neyra: <https://orcid.org/0000-0003-2086-7245>

F. -A. Corredor: <https://orcid.org/0000-0002-4192-4600>

RESUMEN

La quinua es considerada una especie con potencial agronómico en la región andina. El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento, las características agronómicas y morfológicas de 11 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) durante dos campañas agrícolas. Se utilizó el análisis de varianza de dos vías con interacción para evaluar los efectos de campaña y genotipos sobre las características agronómicas y morfológicas. Existió un efecto significativo ($p < 0,01$) para la interacción de campaña y genotipo para la mayoría de las características agronómicas, a excepción de las variables rendimiento de grano, días de madurez fisiológica, y días de floración. El genotipo CQH44H registró el mayor rendimiento de grano en ambas campañas. Los genotipos M.13 y M.16 registraron periodos más cortos para días de madurez fisiológica y menor contenido de saponina. El genotipo CQH2JA presentó mayor espesor de grano, menor reacción a mildiu en floración, menor reacción a mildiu en llenado de grano, y menor contenido de saponina. En futuras investigaciones estos resultados serían de gran utilidad para la realización de ensayos de adaptación y eficiencia y exámenes de distinción, homogeneidad y estabilidad, siendo útiles en programas de mejoramiento genético vegetal.

Palabras clave: agricultura; andino; cultivos; grano; producción.

ABSTRACT

Quinoa is considered a species with agronomic potential in the Andean region. The objective of the study was to evaluate the yield, agronomic and morphological characteristics of 11 genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during two agricultural campaigns. The analysis of variance of two ways with interaction was used to evaluate the effects of agricultural campaign and genotypes on agronomic and morphological characteristics. There was a significant effect ($p < 0.01$) for the campaign and genotype interaction for most agronomic characteristics, except for the variables grain yield, days of physiological maturity, and days of flowering. The CQH44H genotype registered the highest grain yield in both campaigns. Genotypes M.13 and M.16 registered shorter periods for days of physiological maturity and lower saponin content. The CQH2JA genotype presented greater grain thickness, less reaction to mildew in flowering, less reaction to mildew in grain filling, and lower saponin content. In future research, these results would be very useful for the performance of adaptation and efficiency tests and exams of distinction, homogeneity and stability, being useful in plant genetic improvement programs.

Keywords: agriculture; Andean; crop; grain; production.

Recibido 26 febrero 2021

Aceptado 14 marzo 2021

*Autor correspondiente: psurdanegui@gmail.com (P. Urdanegui)

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.08>

1. Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia Amaranaceae siendo considerada un grano andino por las características del cultivo y las diferentes formas de consumo. En Sudamérica es cultivada en la región Andina entre Perú y Bolivia, lugar donde posee mayor diversidad genética y posible centro de origen (Andrews, 2017; Bhargava et al., 2006).

Su rusticidad permite desafiar condiciones ambientales extremas presentando características agronómicas y botánicas diferentes. La quinua es de fácil adaptación para las condiciones edafológicas y climáticas como la costa, valles interandinos, puna y el altiplano cuya variación oscila desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. (Miranda et al., 2017). Por esta razón, los pueblos indígenas han mantenido, protegido y preservado los diversos cultivares de quinua en diferentes zonas ecológicas de bancos de germoplasma naturales (Jacobsen, 2003; Jacobsen et al., 2003; Vega-Gálvez et al., 2010). En Perú, existen variedades nativas de quinua con características agronómicas óptimas (Mercado & Ubillus, 2017). Sin embargo, las semillas que se siembran generalmente provienen de una mixtura de cultivares siendo colectadas de manera tradicional, produciendo diferencias en la longitud y diámetro de panoja, días de floración, llenado de grano, altura de la planta, tamaño y espesor del grano, peso de mil granos y contenido de saponina (Pando et al., 2017) afectando la calidad y el rendimiento de las semillas. Por esto, la evaluación agronómica juega un rol importante en la obtención de genotipos mejorados con precocidad, tamaño de panoja, rendimiento, tolerancia a mildiu y granos más dulces (Chura et al., 2019; Danielsen & Munk, 2014; Koziol, 1991; Uquillas et al., 2019).

La quinua tiene un alto valor en proteínas que varía desde 13,81% hasta 21,90%, dependiendo de la variedad con presencia de aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, polifenoles, fitoesteroles y flavonoides (Miranda et al., 2017; Valencia et al., 2017). Por otro lado, existen algunos compuestos que potencialmente reducen el valor nutricional del grano de quinua, como las saponinas, los fitatos, los taninos y los inhibidores de tripsina (Vilche et al., 2003).

La quinua muestra un futuro alentador siendo impulsada por la presencia de un mercado en expansión, así como el incremento de la producción y productividad. Sin embargo, incorporando innovaciones tecnológicas especial-

mente en la calidad del grano y manejo del cultivo, se obtendrá una producción más estandarizada y uniforme (Miranda et al., 2017). El presente trabajo investigó 11 genotipos de quinua evaluando las características agronómicas y morfológicas de la planta, reacción a mildiu y contenido de saponina en la Estación Experimental Agraria (EEA) Santa Ana de INIA en dos campañas agrícolas.

2. Material y métodos

Localización y condiciones agroclimáticas

Las evaluaciones se llevaron a cabo desde noviembre hasta abril durante las primeras lluvias (Tabla 1) en dos campañas agrícolas en el lote número 14 de la EEA Santa Ana, ubicada en el anexo de Saños Grandes, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, región Junín, a una altitud de 3289 msnm, con coordenadas geográficas 12°00'34,4" latitud Sur y 75°13'17,7" longitud Oeste (SENAMHI, 2020). El fotoperiodo promedio en la localidad es de 11 a 12 horas, las características edafológicas del suelo registraron una textura franco arenoso, con un contenido de materia orgánica del 2,8% y un pH de 6 (Garay & Ochoa, 2010).

Tabla 1

Condiciones agroclimáticas de dos campañas agrícolas en la EEA Santa Ana

Condiciones agroclimáticas/día	Campaña agrícola	
	2016-2017	2018-2019
Temperatura máxima	19,75 °C	20,06 °C
Temperatura mínima	5,67 °C	6,27 °C
Humedad Relativa	71,53%	72,10%
Precipitación pluvial	3,55 mm	2,84 mm

Fuente. SENAMHI 2020.

Genotipos estudiados

Se analizaron 11 genotipos de quinua con dos testigos debido a la disponibilidad de material agronómico como se muestra en la Tabla 2, proveniente de los bancos de germoplasma del INIA de las regiones de Ayacucho, Junín y Puno.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el análisis de varianza de dos vías con interacción donde los efectos fueron la campaña agrícola y los genotipos. Para la comparación de medias se usó pruebas de significancia de Tukey al 95% de confiabilidad. Se realizó la evaluación de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas usando el programa estadístico Infostat versión 2020 de acceso libre.

Tabla 2

Genotipos de quinua evaluadas en la EEA- "Santa Ana" de dos campañas agrícolas 2016-2017 y 2018-2019

Genotipos	Clave	Origen*
Blanca Junín	BJ	Junín
CQH-2 Jauja Aeropuerto	CQH2JA	Junín
CQH-3 Jauja Aeropuerto	CQH3JA	Junín
CQH-10 Acolla	CQH10A	Junín
CQH-19 Sincos Aramachay	CQH19SA	Junín
CQH-44 Huachac	CQH44H	Junín
CQH-52 Vicso	CQH52V	Junín
M.13 L.6.T-60 Ccacata	M.13	Ayacucho
M.14 L.6.T-61 Pomata Capachica	M.14	Puno
M.16 L.6.T-70 Anicho	M.16	Puno
M.38 L.6.T-256 03-21-114P (261)	M.38	Puno
variedad Salcedo INIA	T1	Puno
variedad INIA 420 – Negra Collana	T2	Puno

* genotipos provenientes del banco de germoplasma del INIA.

Manejo agronómico del cultivo

El método de siembra se realizó a chorro continuo siguiendo la metodología de Bojanic (2011). Estas prácticas se realizaron en el mes de noviembre de cada año debido al inicio de las primeras lluvias generando condiciones favorables. Las prácticas agronómicas correspondieron al control de malezas de manera manual debido a que no existe herbicida conocido para su control (Jacobsen, 2003; Jacobsen et al., 2003). Finalmente, el aporque del cultivo se realizó a los 60 días después de la siembra y no se aplicó fertilización química ni orgánica.

Evaluación agromorfológica

En el estudio se evaluaron los rasgos agromorfológicos de importancia de once genotipos en las campañas agrícolas 2016-2017 y 2018-2019. Se consideró el rendimiento de grano (RG), días de floración (DF), días de madurez fisiológica (DMF), diámetro de panoja (DDP) y longitud de panoja (LP). Para evaluar las características morfológicas se consideró las mediciones de altura de planta (AP), diámetro de grano (DG), espesor del grano (EG) y peso de 1000 granos (WG). Para determinar el RG (kg. ha^{-1}) se aplicó la fórmula según Bioversity International et al. (2013).

$$\frac{\text{Peso parcela útil} \times 10000 \text{ m}^2}{\text{Área parcela útil} \times \text{m}^2} \quad (1)$$

Los DMF se contabilizaron desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas presentaron el grano harinoso, DF se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas tenían las panojas florecidas, para conocer el DDP se midió el ancho de la panoja en

la zona media expresada en centímetros, la AP se midió en centímetros desde el cuello de la planta hasta el ápice de la planta, para el DG y EG se tomó como promedio 20 granos sin contar con el perigonio y el peso de 1000 granos se registró sin tener en cuenta el perigonio.

Evaluación de mildiu

Para la evaluación de mildiu se consideró en floración (M1) y en llenado de grano (M2). En la investigación se usó el método de tres hojas para la evaluación de mildiu (*Peronospora variabilis*) en campo propuesto por Danielsen & Munk (2004). Se realizaron dos evaluaciones por genotipo durante cada campaña agrícola a una escala de 0 hasta 10, donde el valor de 0 representa la ausencia de mildiu y el valor de 10 registra la presencia del 100% de la enfermedad en el cultivo.

Contenido de saponina

Para el estudio se usó el método afrosimétrico estándar propuesto por Kozioł (1991). Su contenido permite distinguir las variedades de quinua como dulces (< 0,11%) o amargas (> 0,11%), luego se aplicó la fórmula:

$$\text{Porcentaje de saponina} = \frac{(0,646 \cdot h) - 0,104}{m \cdot 10} \quad (2)$$

Dónde: h es la altura de la espuma en cm y m es la masa de la muestra en gramos.

3. Resultados y discusión

Los valores promedio para las características agronómicas de los genotipos de quinua estudiados en dos campañas agrícolas son presentados en la Tabla 3.

Tabla 3

Valores de significancia hallados en el análisis de varianza de las características agronómicas para los genotipos estudiados en las campañas agrícolas 2016-2017 y 2018-2019¹

Características agronómicas	Campañas Agrícolas	Genotipo	C x G
Rendimiento de grano (RG)	<0,01	<0,01	0,62
Días de madurez fisiológica (DMF)	<0,01	0,05	0,57
Días de floración (DF)	<0,01	0,40	0,62
Diámetro de panoja (DDP)	<0,01	<0,01	<0,01
Longitud de panoja (LP)	0,59	<0,01	<0,01
Altura de planta (AP)	<0,01	<0,01	<0,01
Diámetro de grano (DG)	0,06	<0,01	<0,01
Espesor del grano (EG)	0,36	<0,01	<0,01
Peso de mil granos (WG)	0,08	<0,01	<0,01
Evaluación de mildiu en floración (M1)	<0,01	<0,01	0,02
Evaluación de mildiu en llenado de grano (M2)	<0,01	<0,01	<0,01
Contenido de saponina (Sa)	0,08	<0,01	<0,01

¹Efectos evaluados: Campañas agrícolas, genotipo, interacción de las campañas agrícolas por genotipo (C x G).

Rendimiento de grano

El genotipo CQH44H mostró el promedio más alto de rendimiento de grano con 3130,21 kg. ha⁻¹ en la campaña agrícola 2018-2019 superando a los demás genotipos y testigos (Figura 1a). Esta diferencia ocurre como consecuencia de la plasticidad fenotípica que presentan los genotipos y el mejoramiento de variedades tradicionales preferidas por los agricultores (Gamboa et al., 2018; Osmanlioglu Dağ & Gençler Özkan, 2019). Además, estos resultados son superiores según los reportados por Chura et al. (2019), Gamboa et al. (2018), Huamán et al. (2017), Idowu-Agida et al. (2020) y Mercado & Ubillus (2017) argumentando que la cruce Negra Collana x Kancolla, variedad Hualhuas, variedad Negra Collana, accesión RRC1351 y cultivares de quinua de la región de Puno y Junín obtuvieron promedios de 2836,55 kg. ha⁻¹, 2000 kg. ha⁻¹, 3010 kg. ha⁻¹, 1890 kg. ha⁻¹, 1213 kg. ha⁻¹ y 2002 kg. ha⁻¹. Siendo este parámetro importante en programas de selección de genotipos con criterios agronómicos y calidad de grano estables (Apaza et al., 2013; Gamboa et al., 2018).

Días de madurez fisiológica

Los promedios de días de madurez fisiológica más precoces lo presentaron los genotipos M.13, M.16 y M.38 con 120 días en la campaña agrícola 2018-2019 frente a los demás genotipos y testigos (Figura 1b), con una diferencia promedio de 32,36 días con relación a la campaña anterior. Estos resultados son menores con los reportados por Ballelli et al. (2018), Huamán et al. (2017) y Vega-

Gálvez et al. (2010) quienes manifiestan que variedades de quinua del altiplano como Illpa, Salcedo y Kancolla, variedad Negra Collana y cultivares de quinua en zonas altoandinas presentaron promedios de 130,3, 129,5, 133,6 días, 160 días y de ocho a cuatro meses. Además, Maliro & Njala (2019) estudiaron diez variedades de quinua en seis ambientes diferentes en Malawi, obteniendo resultados similares. Sin embargo, debido a las variaciones significativas de temperatura en periodos cortos del día presentes en la región Junín, los genotipos en el estudio podrían haber recudido su fase vegetativa (Curti et al., 2016; Jacobsen et al., 2003).

Días de floración

Los genotipos M.13 y M.14 registraron promedios de días de floración más bajos con 71,67 días durante la campaña agrícola 2018-2019 frente a los demás genotipos y testigos (Figura 1c), con una diferencia promedio de 15,38 días con relación a la campaña anterior. Debido especialmente a que las floraciones de quinua son sensibles al fotoperiodo y temperatura (Curti et al., 2016; Jacobsen, 2003). Siendo estos resultados menores con lo reportado por Torres et al. (2000) y Curti et al. (2016) indicando que diecinueve cultivares de quinua y siete genotipos de quinua de valles secos obtuvieron promedios de 95,27 días y 78±21 días respectivamente. Esto podría indicar que en las condiciones climáticas de este estudio los genotipos florecieron más temprano siendo este rasgo influyente en el rendimiento del grano.

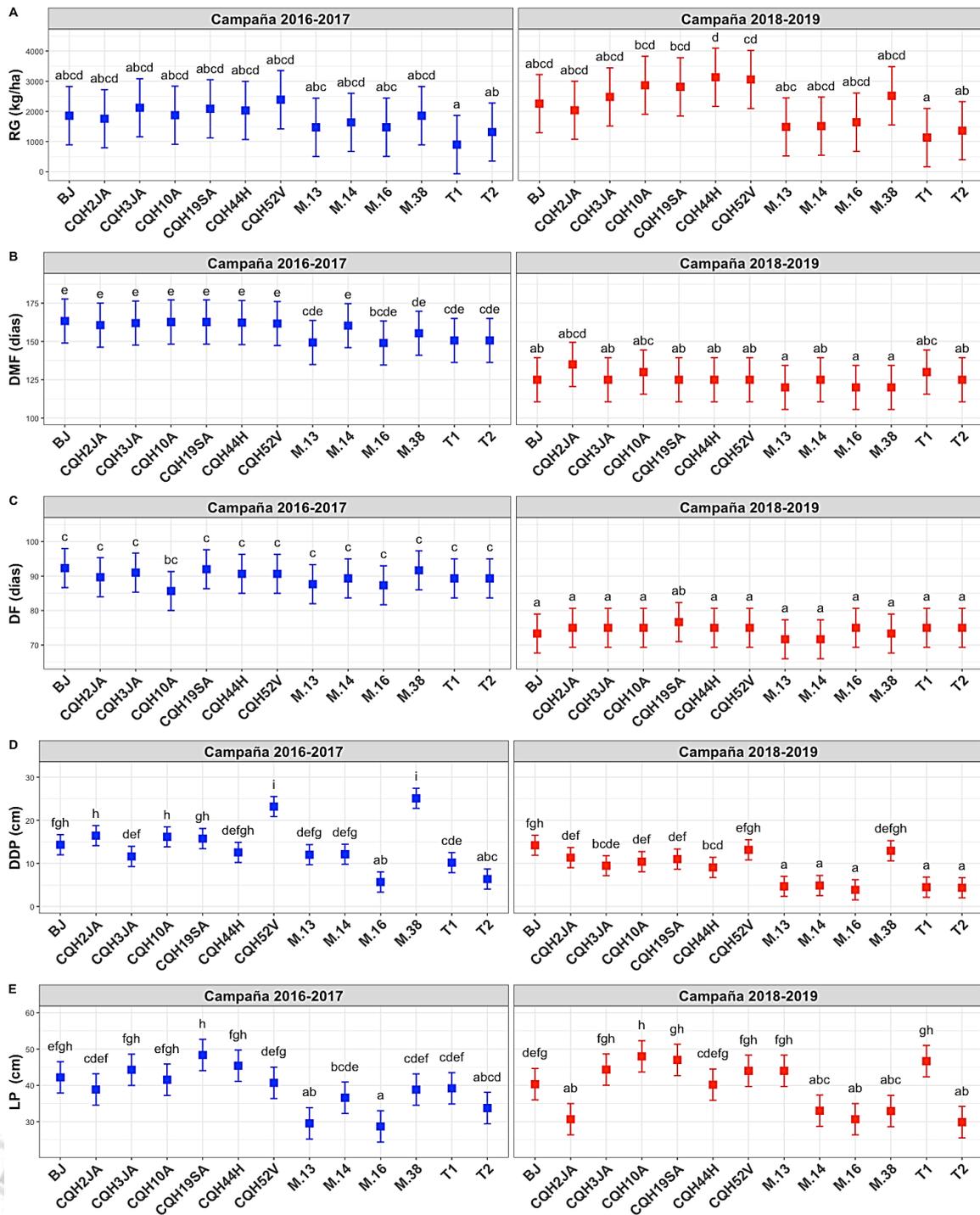


Figura 1. Medias por mínimos cuadrados de (a) rendimiento de grano, (b) días de madurez fisiológica, (c) días a floración, (d) diámetro de panoja y (e) longitud de panoja para dos campañas agrícolas en once genotipos y dos variedades de quinua. Los recuadros indican la media por mínimos cuadrados. Las barras de error indican el intervalo de confianza del 95% de la media por mínimos cuadrados. Las medias que comparten una letra no son significativamente diferentes (comparaciones ajustadas por Tukey).

Diámetro de panoja

Los genotipos M.38 y CQH52V fueron los que mostraron promedios de diámetro de panoja más altos ($p < 0,01$) con 25,09 cm y 23,20 cm en la campaña agrícola 2016-2017 (Figura 1d). Estos resultados son superiores a lo reportado por Apaza et al. (2013) y Chura et al. (2019) quienes estudiaron las

variedades INIA 427-Amarilla Sacaca, Quillahuaman INIA, Amarilla Marangani y la cruce Pasankalla × Kancolla registrando un diámetro de panoja promedio de 10,00 cm - 13,00 cm y 8,73 cm siendo variedades comerciales de grano grande y colores claros adaptadas a similares condiciones agroclimáticas del estudio.

Longitud de panoja

Los genotipos CQH19SA y CQH10A fueron los que mostraron los promedios más altos de longitud de panoja ($p < 0,01$) con 48,37 cm en la campaña agrícola 2016-2017 y 48,00 cm en la campaña agrícola 2018-2019 respectivamente (Figura 1e). Bhargava et al. (2006) indican que la longitud de la panícula de la quinua oscila entre 15 cm y 70 cm encontrándose los genotipos del presente estudio en ese intervalo. Otros autores reportaron longitudes de panoja en un rango de 27,49 cm a 43,27 cm en cultivos de las cruces de Pasankalla × Kancolla, Salcedo INIA × Pandela Rosada, variedad Negra Collana, accesión LSK267, variedad Black Seeded y diecinueve cultivares de quinua en Bogotá (Chura et al., 2019; Huamán et al., 2017; Idowu-Agida et al., 2020; Maliro & Njala, 2019 y Torres et al., 2000). Apaza et al. (2013) y Chura et al. (2019) mencionan que, la variación de la longitud de la panoja está muy relacionada con la altura de la planta específicamente en el punto de crecimiento del meristemo apical conjuntamente con las interacciones del genotipo, tipo de panícula, lugar donde se desarrolla, la densidad de plantas y condiciones de fertilidad del suelo.

Altura de planta

El genotipo BJ presentó promedios de altura de planta más altos estadísticamente diferente a los demás genotipos en estudio ($p < 0,01$) con 167,03 cm en la campaña agrícola 2018-2019 (Figura 2a). Otros autores reportaron alturas de plantas en un rango de 40 cm hasta 160 cm encontrándose en diferentes cultivares del cruce Salcedo INIA × Pandela Rosada, variedad Negra Collana, variedad Blanca de Jericó, variedad QQ74, genotipo 48 en Chile y diecinueve cultivares de Bogotá (Chura et al., 2019; Huamán et al., 2017; Infante et al., 2018; Maliro & Njala, 2019; Uquillas et al., 2019; Torres et al., 2000). En los genotipos en estudio se presentaron alturas de planta medianas en menores días de maduración. Esta diferencia radica principalmente al tipo de quinua, la interacción del genotipo con las condiciones ambientales, entre otros; además, los cultivares de quinua que se encuentran en valles crecen más alto siendo lugares más fértiles y abrigados presentando alturas de planta medianas, con panojas bien desarrolladas y tallos gruesos (Chura et al., 2019; Curti et al., 2016; Gamboa et al., 2018).

Díametro de grano

El genotipo de quinua M.16 presentó el promedio más alto de diámetro de grano ($p < 0,01$) con 2,33

mm en la campaña agrícola 2016-2017 (Figura 2b). Este resultado es superior a lo reportado por Vilche et al. (2003) y Gamboa et al. (2018) quienes manifiestan que el diámetro de grano se considera grande si el parámetro es mayor a los 2,00 mm y 1,80 mm respectivamente. Además, Chura et al. (2019), Torres et al. (2000) y Apaza et al. (2013) quienes argumentan que las cruces Salcedo INIA × Negra Collana, diecinueve cultivares de quinua de Bogotá y variedades comerciales de Perú como INIA 431-Altiplano, Illpa INIA, Blanca de Junín registraron un promedio de 2,20 mm, 2,02 mm y 2,20 mm. Debido que los agricultores prefieren granos más grandes y de mejor calidad. Este parámetro es considerado en cada campaña agrícola (Gamboa et al., 2018).

Espesor del grano

El testigo T1 y el genotipo CQH2JA presentaron el promedio más alto de espesor del grano ($p < 0,01$) con 1,38 mm en la campaña agrícola 2018-2019 y 1,23 mm en la campaña agrícola 2016-2017 (Figura 2c). Estos valores fueron superiores a lo reportado por Vilche et al. (2003) y Gabriel et al. (2012) quienes obtuvieron un espesor promedio de la semilla de quinua y cultivares de quinua con 0,98 mm y 1,06 mm. Este parámetro es importante debido que son requisitos esenciales dentro de la mejora genética de variedades comerciales (Pando & Castellanos, 2016; Osmanioğlu Dağ & Gençler Özkan, 2019). En este sentido, los genotipos en el estudio tienen el potencial agronómico para su selección y purificación con buen tamaño de grano facilitando la limpieza y procesamiento (Pando & Castellanos, 2016).

Peso de mil granos

Los genotipos CQH19SA, CQH44H Y CQH52V presentaron los promedios más altos de peso de mil granos ($p < 0,01$) con 3,93 g, 3,93 g y 3,87 g en la campaña agrícola 2018-2019 (Figura 2d). Otros autores reportaron pesos de mil granos en un rango de 1,61 gr hasta 3,80 g encontrándose en diferentes cultivares de Perú y del mundo de las variedades INIA 415-Pasankalla, Hualhuas, la cruce salcedo INIA × Negra Collana, la accesión 86-12, la variedad QQ74, genotipos 2, 52, 41 y 36 (Apaza et al., 2013; Chura et al., 2019; Idowu-Agida et al., 2020; Maliro & Njala, 2019; Uquillas et al., 2019; Soliman et al., 2019). Sin embargo, estos genotipos presentan buen peso relacionado directamente con el rendimiento siendo componentes principales para la elección de una variedad y excelentes candidatos para programas de liberación de variedades (Pando et al., 2017).

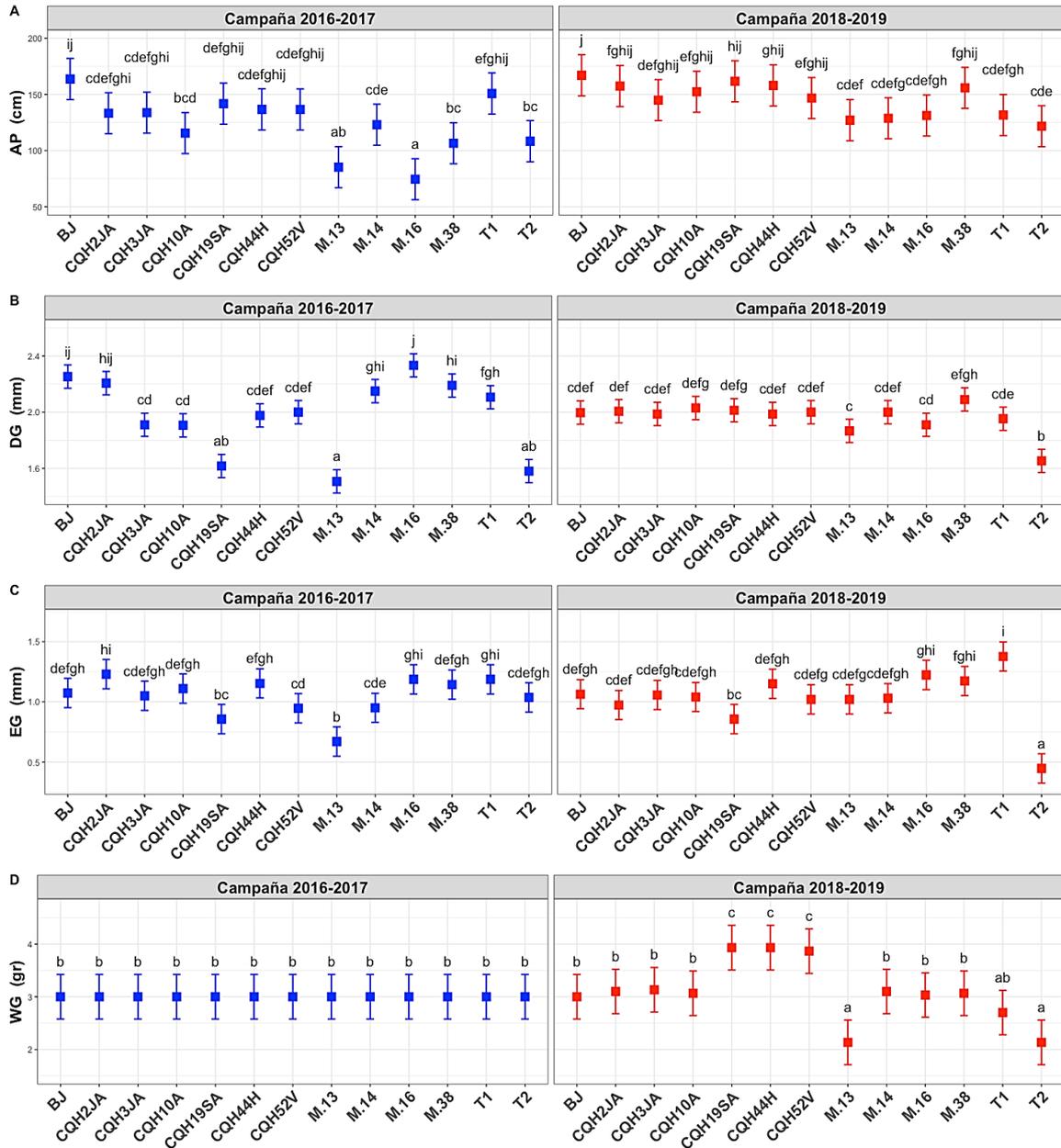


Figura 2. Medias por mínimos cuadrados de (a) altura de planta, (b) diámetro de grano, (c) espesor del grano y (d) peso de mil granos para campañas agrícolas en once genotipos y dos variedades de quinua. Los recuadros indican la media por mínimos cuadrados. Las barras de error indican el intervalo de confianza del 95% de la media por mínimos cuadrados. Las medias que comparten una letra no son significativamente diferentes (comparaciones ajustadas por Tukey).

Evaluación de mildiu en floración y en llenado de grano

Los genotipos de quinua CQH2JA y CQH52V presentaron los promedios más bajos de reacción a mildiu en floración con 11,76% estadísticamente diferente a los demás genotipos en estudio ($p < 0,05$) en la campaña 2018-2019 (Figura 3a). Además, el genotipo de quinua CQH2JA presentó el promedio más bajo de reacción a mildiu en llenado de grano ($p < 0,01$) con el 21,67% durante la campaña agrícola 2018-2019 (Figura 3b). Esto

debido principalmente que el nivel de enfermedad en zonas de presión alta es mayor que en zonas de presión baja teniendo correlación negativa con el rendimiento (Danielsen & Munk, 2004). Estos resultados no son determinantes, pero brindan información para realizar más evaluaciones reflejando tolerancia frente a factores bióticos y abióticos en condiciones difíciles (Chura et al., 2019; Danielsen & Munk, 2004; Uquillas et al., 2019). Sin embargo, estos genotipos reflejan tolerancia frente a la presencia de mildiu.

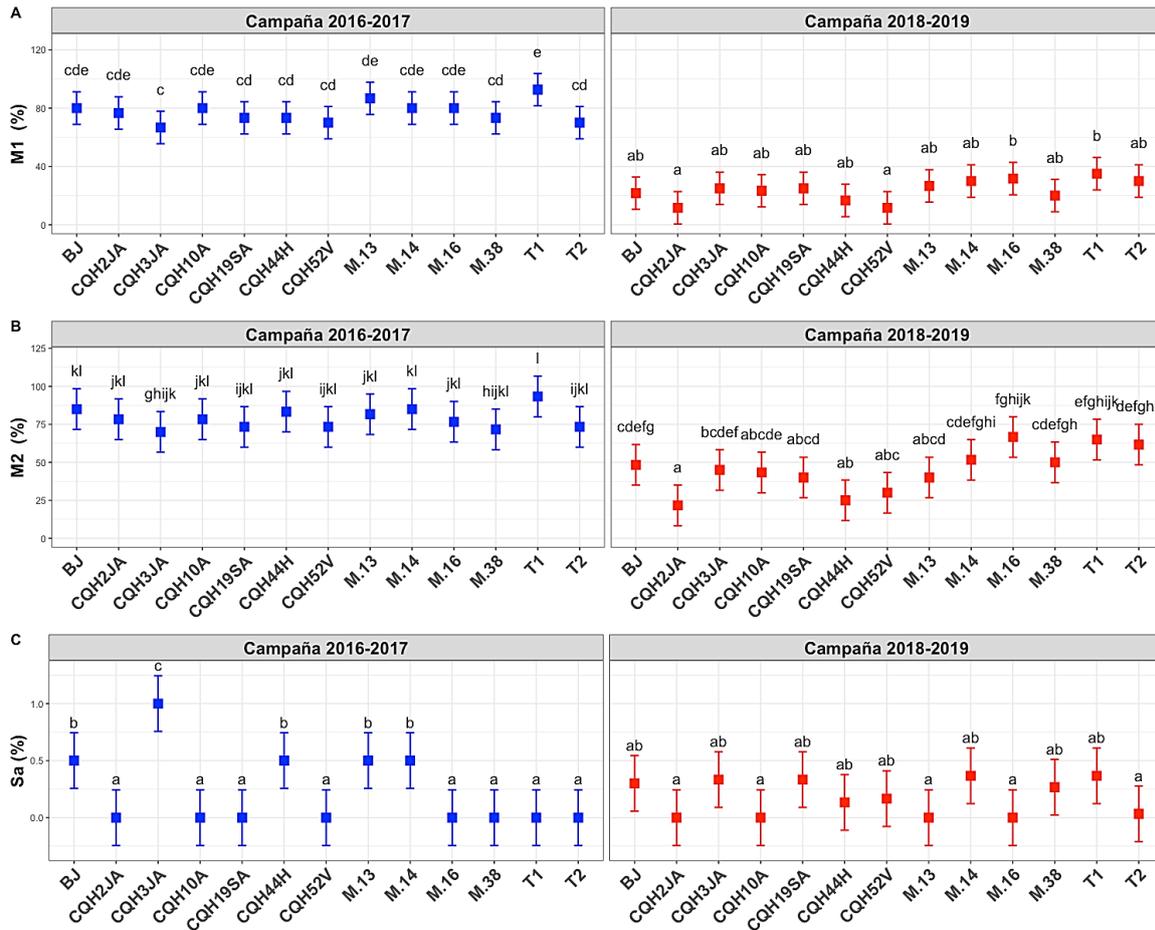


Figura 3. Medias por mínimos cuadrados de (a) evaluación de mildiu en floración, (b) Evaluación de mildiu en llenado de grano y (c) Contenido de saponina para dos campañas agrícolas en once genotipos y dos variedades de quinua. Los recuadros indican la media por mínimos cuadrados. Las barras de error indican el intervalo de confianza del 95% de la media por mínimos cuadrados. Las medias que comparten una letra no son significativamente diferentes (comparaciones ajustadas por Tukey).

Contenido de saponina

Encontramos en el estudio diferencias estadísticas ($p < 0,01$) en el contenido de saponina para los genotipos de quinua. Sin embargo, los genotipos CQH2JA, CQH10A, M.16 y T2 presentaron consistentemente menores valores de saponina para las dos campañas agrícolas (Figura 3c). Estos resultados son similares a lo propuesto por Koziol (1991) y Präger et al. (2018) quienes concuerdan en denominar a la quinua como grano dulce cuando presentan un contenido de saponina menor al $< 0,11\%$. Además, Gamboa et al. (2018) y Pando et al. (2017) argumentan que la variedad INIA-433 Santa/AIQ/FAO y la línea MQLM89-146 tendrían mayor difusión por parte de los centros de investigación y agricultores si fuera el grano de sabor dulce. Finalmente, esto podría indicar que los genotipos mencionados tendrían mejor aceptación por parte del público.

4. Conclusiones

En el estudio los genotipos presentaron resultados aceptables en el rendimiento, en los caracteres agromorfológicos, en la tolerancia frente a mildiu y en el contenido de saponina. En futuras investigaciones será de gran utilidad para la realización de ensayos de adaptación y eficiencia y exámenes de distinción, homogeneidad y estabilidad, útiles en programas de mejoramiento genético vegetal.

Agradecimientos

Al Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) quien financió el estudio Contrato 031, donde la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) fue la entidad ejecutora y al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) fue la entidad asociada, al equipo técnico del Programa Nacional de Cereales, Granos Andinos y Leguminosas EEA Santa Ana y al Programa Jóvenes Investigadores Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), PNIA y al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Referencias bibliográficas

- Apaza, M. V., Cáceres, S. G., Estrada, Z. R., & Pinedo, T. R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú.
- Andrews, D. (2017). Race, status, and biodiversity: the social climbing of quinoa. *Culture, Agriculture, Food and Environment*, 39(1), 15-24.
- Balietti, A., Chesney, M., & Vargas, C. (2018). Long-term choices for quinoa farmers in Puno, Peru. A real option study. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 6(1128-2019-552): 1-19.
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2006). *Chenopodium quinoa*-an Indian perspective. *Industrial crops and products*, 23(1): 73-87.
- Bioersivity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. (2013). Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioersivity International, Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.
- Bojanic, A. (2011). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. FAO. 66 pp.
- Chura, E., Mujica, Á., Haussmann, B., Smith, K., Flores, S., & Flores, A.L. (2019). Agronomic characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) progeny from close and distant self-fertilized s5 simple crosses. *Ciencia e Investigación Agraria*, 46(2), 154-165.
- Curti, R. N., De la Vega, A. J., Andrade, A. J., Bramardi, S. J., & Bertero, H. D. (2016). Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal gradient in North West Argentina. *Field Crops Research*, 189, 10-18.
- Danielsen, S., & Munk, L. (2004). Evaluation of disease assessment methods in quinoa for their ability to predict yield loss caused by downy mildew. *Crop Protection*, 23(3), 219-228.
- Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A., La Torre, J., & Bonifacio, A. (2012). Quinoa de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.). *Journal of the Selva Andina Research Society*, 3(2), 27-44.
- Gamboa, C., Van den Broeck, G., & Maertens, M. (2018). Smallholders' preferences for improved quinoa varieties in the Peruvian Andes. *Sustainability*, 10(10), 3735.
- Garay, O., & Ochoa, A. (2010). Primera aproximación para la identificación de los diferentes tipos de suelo agrícola en el valle del río Mantaro. Editado por el IGP, Lima. 34 pp.
- Huamán, E. H., Pérez, H. V., López, R. S., & Rivera, L. G. B. (2017). Efecto de los abonos orgánicos y dosis de un biofertilizante en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*), en Chachapoyas, Amazonas. *Revista de Investigación Agroproducción Sustentable* 1(1): 63-69.
- Idowu-Agida, O. O., Oladosu, B. O., & Olaniji, J. O. (2020). Evaluation of yield and yield related traits of exotic grain amaranth (*Amaranthus* spp.) accessions. *Agro-Science*, 19(1), 11-17.
- Infante, R. H., Albesiano, S., Arrieta, V. L., & Gómez, V. N. (2018). Morphological characterization of varieties of *Chenopodium quinoa* cultivated in the department of Boyacá, Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 329-339.
- Jacobsen, S. E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food reviews internacional*, 19(1-2), 167-177.
- Jacobsen, S. E., Mujica, A., & Jensen, C. R. (2003). The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Reviews Internacional*, 19(1-2), 99-109.
- Kozioł, M. J. (1991). Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54(2), 211-219.
- Maliro, M., & Njala, A. L. (2019). Agronomic performance and strategies of promoting Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Malawi. *Ciencia e Investigación Agraria*, 46(2), 82-99.
- Mercado, W., & Ubillus, K. (2017). Characterization of producers and quinoa supply chains in the Peruvian regions of Puno and Junin. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 251-265.
- Miranda, D. R., Miranda, E. R., & Arana, L. S. (2016). Propiedades alimenticias de la quinua y sus paradojas de exclusión e inclusión social en el Perú (2011-2014). *Investigaciones sociales*, 20(36), 231-246.
- Osmanioğlu Dağ, S. R., & Gençler, A. M. (2019). Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) üzerine bir derleme. *Ankara Üniversitesi Eczacilik Fakultesi Dergisi*, 43(3), 309-333.
- Pando, L., & Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. Universidad Nacional Agraria La Molina, Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos. 121 pp.
- Pando, G. L., Yarango, D., Ibañez, M., Aguilar, E., & Deza, P. (2017). Development of advanced mutant lines of native grains through radiation-induced mutagenesis in Peru. *Horticulture International Journal*, 1(3), 93-96.
- Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2018). Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field Conditions in Southwestern Germany. *Agronomy*, 8(10), 197.
- SENAMHI-Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2020). Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. Disponible en: <https://senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Soliman, D. A., Attaya, A. S., Kamel, A. S., & ElSarag, E. I. (2019). Response of quinoa yield and seed chemical composition to organic fertilization and nitrogen levels under el-arish region. *Sinai Journal of Applied Sciences*, 8(2), 101-112.
- Torres, M. J., Vargas, C. H., Corredor, S. G., & Reyes, C. L. M. (2000). Caracterización morfoagronómica de diecinueve cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana de Bogotá. *Agroñomía Colombiana*, 17(1-3), 60-68.
- Valencia, Z., Cámara, F., Ccapa, K., Catacora, P., & Quispe, F. (2017). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana (*Chenopodium quinoa* W.). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(1), 16-29.
- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E.A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain, a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541-2547.
- Vilche, C., Gely, M., & Santalla, E. (2003). Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems engineering*, 86(1), 59-65.
- Uquillas, C. M., Calderón, K. Z., Alava, J. P., Zamora, D. V., Montufar, G. V., Fernández-García, N., & Olmos, E. (2019). Evaluación agronómica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones agroclimáticas en la zona de Mocache. *Ciencia y Tecnología*, 12(1), 19-30.

