

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE 3 VARIEDADES Y 27 ACCESIONES DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) PROCEDENTES DEL BANCO DE GERMOPLASMA CAMACANI, PUNO, PERÚ

Rosario Y. Bravo-Portocarrero¹, Betsabe Leon-Ttacca²,
Joven Marino Llanos-Nina¹, Alicia Leon-Tacca¹ y Wenceslao T. Medina¹

RESUMEN

La cañihua es un cultivo muy importante en la alimentación de la población andina del Altiplano Peruano Boliviano por la alta calidad de la proteína de sus granos. El banco de germoplasma de cultivos andinos de la Universidad Nacional del Altiplano en Puno, Perú, cuenta con alrededor de 400 accesiones de esta especie, muchas de las cuales no tienen descripción estandarizada que sirva de base para el desarrollo de investigaciones que permitan mejorar su producción. El objetivo de este trabajo fue caracterizar morfológica y agronómicamente 27 accesiones de cañihua comparadas con 3 variedades comerciales. Se evaluaron los caracteres de altura de planta, número de ramas, cobertura vegetativa, longitud, ancho y número de dientes de la lámina foliar, diámetro y peso hectolítrico del grano, rendimiento e índice de cosecha; además, el número de días a ramificación, floración, grano lechoso y pastoso, y madurez fisiológica. Los resultados indican que la variedad de mejor rendimiento es la INIA-406, mientras que las variedades Cupi y Ramis resultaron ser las más precoces. La variedad Cupi tiene mejor rendimiento que Ramis aun cuando sus granos son más pequeños. Las accesiones estudiadas mostraron alta variabilidad entre ellas, destacándose la accesión 03-21-23 por su alto rendimiento y la 03-21-315 por tener el mayor tamaño de grano, pero con bajo rendimiento. La accesión 03-21-7 tiene la mayor altura de planta y la 03-21-246 la mayor cobertura vegetativa, ambas con rendimientos aceptables. En consecuencia, es conveniente profundizar estudios para mejorar y evaluar la estabilidad genética de estas cuatro accesiones.

Palabras clave adicionales: Caracteres agronómicos, descriptores, germoplasma, morfología

ABSTRACT

Morphologic and agronomic characterization of 3 varieties and 27 accessions of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) from the Camacani germplasm bank, Puno, Peru

Cañihua is a very important crop in the diet of the Peruvian and Bolivian Andean highlands' population due to the high protein quality of its grains. The Germplasm Bank of Andean Crops of Universidad Nacional del Altiplano, located in Puno, Peru, has around 400 accessions of this species, many of which do not have a standardized description that could serve as a basis for research aiming crop production improvement. The objective of this work was to characterize morphologically and agronomically 27 accessions of cañihua compared with 3 commercial varieties. The evaluated traits were plant height, number of branches, vegetative cover, length, width and number of teeth of the leaf blade, diameter and test weight of the grain, yield and harvest index, along with the number of days to branching, flowering, milky and pasty grain, and physiological maturity. The results indicate that among the varieties, the highest yield was shown by INIA-406, while Cupi and Ramis were the earliest ones. Cupi has higher yield than Ramis, although its grains are smaller. The accessions showed high variability among them and the accession 03-21-23 stood out for its high yield and the 03-21-315 for having the largest grain size, although low yield. Accession 03-21-7 showed the highest plant height and 03-21-246 the largest canopy, both with acceptable yields. It is concluded on the convenience of undertaking the improvement of the genetic stability of these four accessions

Additional keywords: Agronomic traits, descriptors, germplasm, morphology

INTRODUCCIÓN

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

es un cultivo netamente andino del sur de Perú y del norte de Bolivia, presente en zonas del Altiplano entre los 3.800 a 4.000 msnm. Los

Recibido: Agosto 9, 2021

Aceptado: Diciembre 9, 2021

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Ciudad Universitaria, Puno, Perú.

e-mail: rosariobravo@unap.edu.pe (autor de correspondencia); joven.marino1996@gmail.com; magalyleon@unap.edu.pe; wtmedina@unap.edu.pe

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cañete. San Vicente de Cañete Lima, Perú.

e-mail: bleon@undc.edu.pe

rendimientos agronómicos del cultivo son por lo general bajos, con un promedio aproximado de $1.100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ siendo una causa por la que el área de producción ha estado disminuyendo en los últimos años. En Puno, se ha reducido de 7.700 a 6.000 has (Rodríguez et al., 2020).

Los granos de cañihua tienen un alto valor nutricional, inclusive mayor que el de la quinua (Repo et al., 2003), alta calidad de proteínas (Callisaya y Alvarado, 2009), valor antioxidante (Huamaní et al., 2020), aminoácidos esenciales, vitaminas, fibra y minerales (Estrella y Elisa, 2013), pero su consumo se realiza aún de forma muy limitada, especialmente como harina procedente de los granos de cañihua tostados. Esta harina es libre de gluten, siendo un recurso adecuado para los consumidores celíacos (Zegarra et al., 2019).

El cultivo de cañihua es también apreciado por sus cualidades medicinales y por presentar tolerancia a factores adversos como la sequía y heladas (Dizes y Bonifacio, 1992; García et al., 2007; Apaza, 2010) y las semillas han sido utilizadas recientemente para obtener grupos péptidos con efecto antimicrobiano (Moscoso et al., 2021).

La producción internacional está focalizada principalmente en Perú y Bolivia. En otros países andinos como Ecuador y Chile no se encontraron reportes de producción de cañihua, por lo que se presume que son cantidades poco significativas. Perú es el primer productor mundial de cañihua. En el Perú, la producción nacional está focalizada principalmente en las regiones de Puno, Cusco y Arequipa; en la campaña 2019, Puno aportó el 93 % de la producción nacional (MINAGRI, 2019).

En el país existen muchos ecotipos de cañihua que no tienen uniformidad de madurez, por lo que se hace necesario mejorar la productividad y uniformidad de la madurez en su cosecha. Una de las limitaciones para la utilización de los recursos genéticos es el escaso conocimiento de la diversidad de esta especie, a excepción de alguna información generada en otros lugares, fuera del altiplano como es el valle de Majes en Arequipa (Gonzales, 2019) quienes describieron características morfológicas y comportamiento agronómico de accesiones cercanas o similares a las planteadas para el presente trabajo; por ello la necesidad de evaluar morfológica y

agronómicamente las 27 accesiones que ya están diferenciadas molecularmente, incluyendo el estudio del genoma de la especie (Mangelson et al., 2019), considerando además que cada accesión y variedad tiene sus características particulares.

El conocimiento de la morfología de la cañihua es fundamental para identificar las variables que contribuyen a diferenciar las accesiones y poner en manifiesto las características que podrían ser importantes al momento de seleccionar los genotipos más favorables desde el punto de vista agronómico y agroindustrial. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar características morfológicas y agronómicas de 27 accesiones de cañihua, comparativamente con 3 variedades comerciales e identificar grupos con similitudes o diferencias entre sí mediante análisis de correlación y componentes principales, para identificar las características más deseables para su uso y posterior mejoramiento de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue instalado en el Centro de Investigación Illpa, de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano (UNA), ubicado en el distrito de Paucarcolla, provincia y departamento Puno ($15^{\circ}9'$ Sur, $70^{\circ}04'$ Oeste, altura de 3830 msnm). Se emplearon 30 ecotipos de cañihua representados por 27 accesiones procedentes del banco de germoplasma "José Luis Lescano" ubicado en el Centro Experimental Camacani "José Arze Borda" de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y 3 variedades comerciales (Cuadro 1).

El área experimental contó con los 30 ecotipos de cañihua con dos repeticiones cada uno para conformar 60 parcelas de $14,8 \text{ m}^2$ por accesión o variedad. La siembra se realizó manualmente a chorro continuo en el fondo del surco utilizando 8 kg de semilla por hectárea, y se llevó a cabo en la primera quincena del mes de noviembre de 2019 (Apaza, 2010). Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se realizaron labores de abonamiento, aporque, deshierbe y deshije. La cosecha se efectuó en la primera quincena del mes de mayo de 2020 y el material fue trasladado al laboratorio para concluir con el trillado y venteado para realizar las evaluaciones previstas.

Cuadro 1. Accesiones y variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani (campaña agrícola 2019-2020)

N° de accesión	Código	N° de accesión	Código	N° de accesión	Código
1	03-21-02	11	03-21-124	21	03-21-231
2	03-21-03	12	03-21-130	22	03-21-246
3	03-21-64	13	03-21-140	23	03-21-267
4	03-21-07	14	03-21-146	24	03-21-296
5	03-21-23	15	03-21-156	25	03-21-301
6	03-21-24	16	03-21-196	26	03-21-315
7	03-21-26	17	03-21-204	27	Puka
8	03-21-27	18	03-21-215	Variedad 1	INIA-406
9	03-21-37	19	03-21-218	Variedad 2	Cupi
10	03-21-117	20	03-21-230	Variedad 3	Ramis

Se evaluaron las siguientes variables agronómicas cuantitativas en 10 plantas, durante la madurez fisiológica, según los siguientes descriptores propuestos por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI (2005), en conjunto con la Red de Productores Integrales del Páramo (PROINPA) y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (IFAD): altura de planta (desde el cuello de la raíz hasta la altura máxima alcanzada), número de ramas primarias, desde la base hasta el segundo tercio de la planta), cobertura vegetativa (considerando la cobertura más ancha de la planta), longitud del pecíolo y número de dientes en la lámina foliar, así como la longitud y ancho de la lámina (10 hojas, una por planta). Luego de la cosecha se determinó el diámetro del grano (promedio de 20 granos, sin considerar el perigonio), peso hectolítrico del grano (peso de granos con que cada accesión podría cubrir un volumen de 100 litros), rendimiento por planta e índice de cosecha, este último mediante la fórmula $IC = Pg/(Pb+Pg)$, donde Pg es el peso del grano y Pb el peso de la broza.

Durante el desarrollo del cultivo se determinó el número de días a partir de la siembra para alcanzar las siguientes etapas: ramificación (cuando el 50 % de las plantas mostraron desarrollo de ramas primarias en la base de la planta de forma opuesta), floración (cuando el 50 % de las plantas alcanzó plena floración en las ramas principales), grano lechoso (cuando el 50 % de las plantas presentaron granos que liberaban un líquido blanquecino al someterlos a presión) y pastoso (cuando el 50 % de las plantas presentaron granos de apariencia pastosa) y madurez fisiológica (cuando el 50 % de las plantas presentaron granos que ofrecían resistencia a la presión).

Todas las variables se evaluaron mediante análisis de varianza y prueba de Scott-Knott con una probabilidad de $\alpha=0,05$, junto a un análisis de componentes principales y un análisis de correlación. Todas las pruebas fueron realizadas utilizando el Sistema de Análisis Estadísticos SAS 3.9 (Cary, NC, USA).

RESULTADOS

En esta sección y para facilitar la lectura, las accesiones fueron identificadas solamente por el último número de su código.

Altura de planta. Se detectaron diferencias significativas para la variable altura de planta entre los 30 materiales evaluados. Se formaron cuatro grupos estadísticos donde las accesiones 7 y 23 mostraron el mayor crecimiento (71,60 y 70,10 cm), superando significativamente ($P \leq 0,05$) al resto de los materiales (Cuadro 2). Las variedades INIA-406 (66,10 cm) y Ramis (61,65 cm) quedaron ubicadas en un segundo grupo, mientras que Cupi (54,50 cm) quedó en el cuarto y último grupo. En el tercer grupo quedaron ubicadas las accesiones en el rango desde 59,95 cm (accesión 24) hasta 55,45 cm (accesión 3). La accesión que mostró el menor crecimiento fue la 204 con una altura de 49,65 cm. Lo anterior indica que la variable altura de planta presentó una diferencia de 21,95 cm entre los valores extremos y refleja un alto rango de variación para esta especie vegetal. La altura promedio de planta alcanzada por las variedades INIA-406 y Cupi difirió de las alturas de 61,60 y 62,13 cm que alcanzaron estos mismos materiales en el distrito de Majes, Arequipa (Gonzales, 2019).

Número de ramas primarias. El mayor valor promedio para esta variable fue de 18,15 y el menor 12,35, es decir, una diferencia de 5,8 cm, lo

cual representa una amplitud relativamente baja al considerar todas las accesiones y variedades. En consecuencia, la prueba de Scott-Knott no detectó diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre los materiales (Cuadro 2). Con relación a

las variedades, Ramis e INIA-406 mostraron promedios altos con 15,95 y 15,50 ramas primarias, respectivamente; en cambio la variedad Cupi mostró una media relativamente baja con 14,40 ramas primarias.

Cuadro 2. Variables morfológicas de la arquitectura de la planta de 27 accesiones y 3 variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani (campaña agrícola 2019-2020)

Ecotipo	AP (cm)	Ecotipo	NRP	Ecotipo	CV (cm)
7	71,60 a	140	18,15 a	246	22,95 a
23	70,10 a	Puka	16,15 a	7	21,30 a
INIA-406	66,10 b	Ramis	15,95 a	267	20,90 a
246	66,05 b	INIA-406	15,50 a	204	20,75 a
Puka	65,60 b	156	15,50 a	27	20,55 a
156	65,60 b	196	15,45 a	140	20,35 a
146	63,40 b	296	15,35 a	117	20,35 a
140	63,15 b	301	15,10 a	2	20,15 a
2	62,25 b	23	14,95 a	INIA-406	20,00 a
124	61,95 b	2	14,90 a	24	19,85 a
64	61,90 b	130	14,85 a	231	19,60 a
301	61,85 b	246	14,75 a	315	19,50 a
Ramis	61,65 b	7	14,75 a	23	19,50 a
24	59,95 c	27	14,70 a	37	19,50 a
218	59,60 c	124	14,70 a	3	19,40 a
27	58,85 c	3	14,60 a	124	19,40 a
117	58,05 c	24	14,60 a	215	19,30 a
196	57,30 c	146	14,50 a	130	18,60 b
230	57,15 c	Cupi	14,40 a	Cupi	18,50 b
26	56,65 c	267	14,30 a	146	18,30 b
231	56,00 c	218	14,25 a	Ramis	18,30 b
130	55,75 c	117	14,25 a	230	18,25 b
267	55,55 c	64	13,90 a	Puka	17,85 b
3	55,45 c	231	13,70 a	156	17,55 b
Cupi	54,50 d	26	13,55 a	218	17,00 b
315	53,60 d	204	13,20 a	196	16,80 b
215	53,40 d	37	13,10 a	64	16,10 b
296	53,05 d	230	13,10 a	301	15,90 b
37	51,40 d	315	12,50 a	296	15,80 b
204	49,65 d	215	12,35 a	26	15,05 b

AP: altura de planta; NRP: número ramas primarias; CV: cobertura vegetativa. Valores que no comparten alguna letra en común son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Scott-Knott ($P \leq 0,05$)

Cobertura vegetativa. Como en el caso de la anterior, esta variable mostró una baja amplitud, pero se logró detectar diferencias significativas ($P \leq 0,05$) con la conformación de dos grupos estadísticos. El primero varió entre 22,95 y 19,30 cm, correspondientes a las accesiones 246 y 215 (Cuadro 2). Entre las variedades, sólo la INIA-406 (20,00 cm) quedó incluida en este grupo. En el segundo grupo la mayor cobertura vegetativa correspondió a la accesión 130 (18,60 cm) y la

menor a la accesión 26 (15,05 cm).

Longitud del pecíolo. En esta variable se detectaron notorias diferencias entre sus promedios, conformándose cuatro grupos estadísticos. Destacaron la variedad INIA-406 y las accesiones 230, 7 y 23 como la de mayor crecimiento de pecíolos con un rango de valores entre 1,15 y 1,08 cm. Por su parte, la variedad Cupi presentó la menor longitud del pecíolo entre los 30 ecotipos evaluados, con un valor de 0,975 cm (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variables morfológicas de la hoja de 27 accesiones y 3 variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani (campaña agrícola 2019-2020)

Ecotipo	LP (cm)	Ecotipo	LMLF (cm)	Ecotipo	AMLF (cm)	Ecotipo	NDLF
INIA-406	1,15 a	315	2,43 a	INIA-406	1,70 a	INIA-406	5,90 a
230	1,12 a	124	2,33 a	7	1,70 a	Cupi	5,60 a
7	1,12 a	7	2,22 b	130	1,66 a	2	4,90 b
23	1,08 a	130	2,22 b	196	1,66 a	Puka	4,90 b
215	1,04 b	215	2,20 b	Ramis	1,64 b	140	4,70 b
130	1,03 b	INIA-406	2,16 c	315	1,63 b	196	4,70 b
156	1,02 b	3	2,15 c	3	1,63 b	218	4,70 b
3	1,01 b	37	2,14 c	124	1,62 b	130	4,65 b
140	1,01 b	26	2,11 c	140	1,62 b	27	4,60 b
2	1,00 b	64	2,10 c	156	1,62 b	156	4,60 b
37	1,00 b	301	2,09 c	146	1,61 b	26	4,55 b
218	1,00 b	27	2,08 c	301	1,60 b	64	4,55 b
315	1,00 b	23	2,08 c	26	1,58 c	204	4,55 b
124	1,00 b	Ramis	2,07 c	64	1,58 c	301	4,55 b
26	0,98 b	117	2,06 c	24	1,57 c	230	4,55 b
24	0,97 c	156	2,05 c	27	1,56 c	117	4,50 b
27	0,97 c	267	2,03 d	117	1,56 c	315	4,45 b
231	0,95 c	230	2,00 d	23	1,55 c	23	4,40 c
296	0,94 c	2	2,00 d	215	1,55 c	37	4,35 c
246	0,94 c	24	1,98 d	2	1,53 c	7	4,30 c
117	0,94 c	196	1,97 d	37	1,53 c	146	4,20 c
Puka	0,93 c	218	1,97 d	231	1,52 c	296	4,20 c
146	0,92 c	146	1,95 d	267	1,51 c	246	4,10 c
301	0,91 c	204	1,95 d	Puka	1,51 c	24	4,05 c
Ramis	0,91 c	140	1,93 d	218	1,49 d	Ramis	4,05 c
196	0,89 c	296	1,92 d	230	1,49 d	231	3,95 c
204	0,89 c	231	1,90 d	204	1,46 d	124	3,95 c
267	0,87 d	Cupi	1,86 d	Cupi	1,46 d	215	3,95 c
64	0,82 d	Puka	1,84 d	246	1,45 d	267	3,85 c
Cupi	0,79 d	246	1,62 e	296	1,42 d	3	3,50 c

LP: longitud pecíolo; LMLF: longitud máxima lámina foliar; AMLF: ancho máximo lámina foliar; NDLF: número de dientes en lámina foliar. Valores que no comparten alguna letra en común son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Scott-Knott ($P \leq 0,05$)

Longitud de la lámina foliar. Esta fue una de las variables que mostró la mayor diferencia entre sus promedios, conformándose cinco grupos estadísticos (Cuadro 3). En el primer grupo, las accesiones 315 y 124 presentaron la mayor longitud de la lámina foliar, con valores de 2,43 y 2,33 cm, respectivamente, mientras que en el quinto y último grupo quedó ubicada, de forma solitaria, la accesión 246 (1,62 cm). En el segundo grupo se ubicaron solamente las accesiones 7 (2,22 cm), 130 (2,22 cm) y 215 (2,20 cm). Las variedades INIA-406 (2,16 cm) y Ramis (2,07 cm) quedaron en el tercer grupo, y Cupi (1,86 cm) en el cuarto.

Ancho de la lámina foliar. Se conformaron cuatro grupos (Cuadro 3). En el primero, están la

variedad INIA-406 y las accesiones 7, 130 y 196, con un rango entre 1,70 y 1,66 cm. Por otra parte, el menor ancho de lámina foliar correspondió a la accesión 296, con 1,42 cm. En el segundo grupo, la variedad Ramis mostró un valor relativamente alto (1,64 cm), mientras que la Cupi quedó ubicada entre los últimos puestos del cuarto grupo con un ancho de hoja de 1,46 cm.

Número de dientes de la lámina foliar. Se conformaron tres grupos estadísticos. Las variedades INIA-406 y Cupi presentaron los mayores promedios en número de dientes en el borde de la lámina foliar, y ocuparon en solitario el primer grupo con valores respectivos de 5,90 y 5,60 dientes. La variedad Ramis quedó ubicada dentro del tercer y último grupo, y dentro de éste, la

accesión 3 mostró el menor valor con sólo 3,50 dientes por hoja.

Diámetro del grano. En esta variable se conformaron dos grupos estadísticos (Cuadro 4). El primero presentó seis accesiones (315, 231, 37, 301, 23 y 7) y dos variedades (Ramis e INIA-

406). Dentro del grupo, la accesión 315 sobresalió en el primer lugar, con 1,14 mm. Dentro del segundo grupo el último puesto lo ocupó la accesión 117, con un diámetro de grano de 0,995 mm. En general, en el estudio se obtuvo un diámetro promedio de 1,06 mm.

Cuadro 4. Variables agronómicas de rendimiento de 27 accesiones y 3 variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani (campaña agrícola 2019-2020)

Ecotipo	DGR (mm)	Ecotipo	RGP (g/planta)	Ecotipo	PH (kg·100 L ⁻¹)	Ecotipo	IC
315	1,14 a	23	20,25 a	315	66,8 a	315	0,276 a
231	1,10 a	146	19,80 a	37	65,6 a	3	0,271 a
Ramis	1,10 a	267	17,50 a	64	64,8 a	296	0,268 a
37	1,09 a	INIA-406	16,85 a	27	64,4 a	INIA-406	0,261 a
301	1,09 a	7	15,05 b	146	63,4 a	246	0,258 a
INIA-406	1,09 a	296	14,85 b	140	63,2 a	124	0,257 a
23	1,08 a	246	14,20 b	117	62,8 a	218	0,257 a
7	1,08 a	124	13,70 b	INIA-406	62,4 a	204	0,255 a
146	1,06 b	3	13,30 c	Ramis	62,4 a	37	0,253 a
3	1,06 b	Puka	12,45 c	230	62,2 a	64	0,252 a
Cupi	1,06 b	140	12,35 c	26	61,6 a	Cupi	0,249 a
124	1,06 b	156	12,15 c	301	61,2 b	156	0,249 a
2	1,06 b	Cupi	11,70 c	231	61,2 b	146	0,249 a
140	1,05 b	315	11,65 c	Puka	61,0 b	23	0,245 a
267	1,05 b	26	11,30 c	267	61,0 b	7	0,245 a
296	1,05 b	37	11,20 c	156	60,4 b	Ramis	0,245 a
24	1,05 b	2	11,10 c	124	60,2 b	26	0,241 a
26	1,05 b	196	10,85 c	3	60,2 b	230	0,241 a
204	1,05 b	24	10,75 c	218	59,8 b	215	0,238 a
215	1,05 b	218	10,40 c	Cupi	59,6 b	130	0,234 a
246	1,04 b	Ramis	10,35 c	204	59,6 b	196	0,234 a
64	1,04 b	130	10,20 c	215	59,2 b	117	0,231 a
196	1,04 b	204	10,05 c	2	59,0 b	301	0,229 a
Puka	1,04 b	117	9,50 d	130	59,0 b	267	0,225 a
230	1,04 b	215	8,50 d	23	58,8 b	231	0,222 a
156	1,03 b	64	8,45 d	7	58,4 b	140	0,218 a
218	1,02 b	27	8,40 d	24	58,0 b	Puka	0,217 a
27	1,02 b	231	8,25 d	246	58,0 b	2	0,217 a
130	1,00 b	301	7,35 d	196	56,0 b	27	0,216 a
117	0,99 b	230	7,20 d	296	54,6 b	24	0,215 a

DGR: diámetro grano; RGP: rendimiento por planta; PH: peso hectolítrico; IC: índice de cosecha

Valores que no comparten alguna letra en común son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Scott-Knott ($P \leq 0,05$)

Rendimiento grano por planta y por hectárea.

Se conformaron cuatro grupos estadísticos con diferencias significativas entre accesiones y variedades, sobresaliendo en primer lugar la accesión 23 con un rendimiento por planta de 20,25 g (Cuadro 4) lo que corresponde a 4,85 t·ha⁻¹. Esta accesión compartió el grupo con las accesiones 146 y 267, y la variedad INIA-406. Esta última mostró un rendimiento promedio por

planta de 16,85 g y 4,10 t·ha⁻¹. Las variedades Cupi y Ramis quedaron relegadas al tercer grupo, con valores de 11,70 y 10,35 g por planta, respectivamente. Dentro del cuarto y último grupo el menor rendimiento promedio le correspondió a la accesión 230 con 7,20 g por planta.

Peso hectolítrico. Se conformaron dos grupos estadísticos (Cuadro 4), y en el primero destacó la accesión 315 como la de mayor peso del grano

con un promedio de $66,8 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$, compartiendo en el grupo con otras accesiones y variedades. Dentro del segundo grupo, la accesión 296 presentó un peso de solamente $54,6 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$, indicando un bajo peso específico de su grano.

Índice de cosecha. Con relación a esta variable, el análisis mostró que no existen diferencias estadísticas entre las accesiones y variedades, y en general, el índice presentó valores relativamente bajos, con un valor promedio de 0,242. La accesión 315 mostró el mayor promedio (Cuadro 4) a pesar de tener un rendimiento bastante bajo ($11,65 \text{ g}$ por planta), en comparación, por ejemplo, con la accesión 23 cuyo rendimiento alcanzó $20,25 \text{ g}$ por planta.

Días a la ramificación. Se conformaron tres grupos estadísticos (Cuadro 5) y se encontró que la accesión 246 resultó la más tardía en desarrollar sus ramas primarias; en promedio, requirió de 47 días desde la siembra. Para esta variable, las variedades Cupi, Ramis e INIA-406 quedaron ubicadas en los grupos primero, segundo y tercero, respectivamente. Las dos primeras ramificaron a los 45,5 y 42 días, mientras que INIA-406 resultó la más precoz de las variedades ya que logró ramificar en sólo 32 días. Entre todos los materiales evaluados, el que tomó menor tiempo en ramificar fue la accesión 146 (28 días).

Días a la floración. Esta fue otra de las variables que mostró la mayor diferencia entre los materiales, llegando a conformar cinco grupos estadísticos (Cuadro 5). Las accesiones y variedades alcanzaron el 50 % de floración en un rango de 86 a 100 días. Se ratificó que la accesión 246 es la más tardía (100 días), siendo estadísticamente diferente a todas las demás, mientras que siete accesiones, entre ellas la 7, florecieron a los 96 días. Las variedades Ramis e INIA-406, y la accesión 315, alcanzaron la floración a los 91 días. Finalmente, Cupi floreció a los 88 días, resultando ser la variedad más precoz, similar estadísticamente a las accesiones 37, 230 y 301 (Cuadro 5).

Días a grano lechoso. Se conformaron dos grupos estadísticos (Cuadro 5). En el primero se ubicaron las accesiones que variaron en un rango de 111 a 107 días. El segundo grupo se encontró dentro de un rango de 106 a 102 días e incluyó a las tres variedades estudiadas. En general, la accesión 246 continuó siendo la más tardía al necesitar el mayor

tiempo para completar la etapa de grano lechoso, mientras que la más precoz fue la 301 con solamente 102 días (Cuadro 5). En puestos intermedios se encontraron las accesiones 2, 7, 146 y 315 que, en promedio, cumplieron esta etapa entre 108 y 109 días.

Días a grano pastoso. No se detectaron diferencias estadísticas entre las accesiones y variedades (Cuadro 5), y se observó que el tiempo requerido para completar esta etapa se encuentra en el rango de 121 días (variedad INIA-406) a 112 días (accesión 267). Los promedios mostraron valores entre 120 y 119 días para las accesiones 146, 246, 2, 7, 23 y 140 mientras que en las variedades Cupi y Ramis los promedios estuvieron entre 116 y 115 días.

Días a la madurez fisiológica. Para esta variable tampoco existió diferencia estadística entre los materiales evaluados (Cuadro 5). La duración de la etapa estuvo en un rango de 142 días (accesiones 2, 7 y 146) y 132 días (accesión 267). En el caso de las variedades, INIA-406 requirió 139 días, y Cupi y Ramis 137 días. La matriz de correlaciones (Cuadro 6) ratificó las apreciaciones mostradas anteriormente, en el sentido de distinguir que los parámetros con mayores niveles de correlación son la altura de planta con el número de ramas primarias ($r=0,547^{**}$), días a grano pastoso ($r=0,626^{**}$), días a madurez fisiológica ($r=0,426^{*}$) y rendimiento ($r=0,434^{*}$). Esto indicaría que existe alta probabilidad de que a mayor altura de la planta habrá mayor número de ramas principales, pero tomará mayor tiempo para llegar a la madurez fisiológica. Así mismo, es posible que la mayor necesidad de asimilados para sustentar el mayor crecimiento en altura de la planta haya incidido en el retraso para alcanzar la madurez del grano. Sin embargo, hubo baja correlación entre los días a madurez fisiológica y el rendimiento, ya que la correlación es relativamente baja ($r=0,374$, ns), atribuido a características genéticas propias de las accesiones en la última etapa fenológica. Y fue evidente la correlación positiva entre el rendimiento y la duración de las fases de grano lechoso ($r=0,535^{**}$) y grano pastoso ($r=0,522^{**}$). Por su parte, también fue evidente la correlación entre el largo y ancho de la lámina foliar ($r=0,625^{**}$), lo que indica que existe uniformidad en la forma y alometría en cuanto al crecimiento de la hoja.

Cuadro 5. Número de días a partir de la siembra para alcanzar diferentes etapas de desarrollo en 27 accesiones y 3 variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani (campaña agrícola 2019-2020)

Ecotipo	DR	Ecotipo	DF	Ecotipo	DGL	Ecotipo	DGP	Ecotipo	DMF
246	47,0 a	246	100 a	246	111 a	INIA-406	121 a	2	142,5 a
117	45,5 a	2	96 b	2	109 a	146	120 a	7	142,5 a
Cupi	45,5 a	3	96 b	7	109 a	246	120 a	146	142,5 a
296	45,5 a	7	96 b	146	108 a	2	119 a	246	142,0 a
267	44,5 a	24	96 b	315	108 a	7	119 a	156	140,0 a
3	44,0 a	196	96 b	23	107 a	23	119 a	3	139,5 a
196	44,0 a	218	96 b	130	107 a	140	119 a	23	139,5 a
215	43,0 a	296	96 b	140	107 a	196	118 a	24	139,5 a
Ramis	42,0 b	140	94 c	196	107 a	24	117 a	196	139,5 a
140	41,5 b	156	94 c	267	107 a	117	117 a	215	139,5 a
204	41,5 b	Puka	94 c	296	107 a	156	117 a	296	139,5 a
7	39,0 b	23	91 d	3	107 a	296	117 a	Puka	139,5 a
27	39,0 b	26	91 d	24	106 b	Puka	117 a	INIA-406	139,0 a
37	39,0 b	27	91 d	64	106 b	64	116 a	204	139,0 a
64	39,0 b	64	91 d	INIA-406	106 b	124	116 a	140	137,5 a
130	39,0 b	INIA-406	91 d	117	106 b	130	116 a	218	137,5 a
230	39,0 b	117	91 d	156	106 b	215	116 a	315	137,5 a
124	37,5 b	124	91 d	218	105 b	218	116 a	26	137,0 a
315	36,0 c	130	91 d	Puka	105 b	Cupi	116 a	27	137,0 a
23	34,0 c	146	91 d	26	104 b	3	115 a	117	137,0 a
24	34,0 c	204	91 d	27	104 b	26	115 a	Cupi	137,0 a
26	34,0 c	215	91 d	124	104 b	27	115 a	231	137,0 a
218	34,0 c	231	91 d	204	104 b	204	115 a	Ramis	137,0 a
2	32,0 c	267	91 d	215	104 b	231	115 a	37	135,0 a
INIA-406	32,0 c	315	91 d	Cupi	104 b	315	115 a	64	135,0 a
156	32,0 c	Ramis	91 d	230	104 b	Ramis	115 a	124	135,0 a
231	32,0 c	Cupi	88 e	231	104 b	37	114 a	130	135,0 a
301	32,0 c	37	86 e	Ramis	104 b	230	113 a	301	135,0 a
Puka	32,0 c	230	86 e	37	102 b	301	113 a	230	134,5 a
146	28,0 c	301	86 e	301	102 b	267	112 a	267	132,5 a

DR: días a primera ramificación; DF: días a floración; DGL: días a grano lechoso; DGP: días a grano pastoso; DMF: días a madurez fisiológica. Valores que no comparten alguna letra en común son significativamente diferentes entre sí, según la prueba de Scott-Knott ($P \leq 0,05$)

Por su parte, el análisis de componentes principales mostró que el primer componente (CP1) presentó un autovalor de 0,54 (Cuadro 7), es decir, contribuyó con más del 54 % de la varianza total explicada (Figura 1), mientras que la distribución de los coeficientes del primer autovector indicó que los parámetros de número de ramas primarias (RMP), rendimiento por planta (RDTO/P), peso hectolítrico (PH) e índice de cosecha (IC) fueron las variables que más contribuyeron en forma positiva a dicho componente (considerando valores superiores a 0,30).

El segundo componente principal (CP2)

presentó un autovalor de 0,12 (contribución del 12% a la varianza total explicada) (Cuadro 7). De acuerdo con los coeficientes del segundo autovector, las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron el diámetro del grano (DGR), días a la ramificación (DR), días a la floración (DF), días a grano lechoso (DGL) y días a grano pastoso (DGP). Se podría, entonces, concluir que el primer componente permitió distinguir variables que tienen que ver con aspectos morfológicos y de rendimiento de la planta, mientras que el segundo componente hace referencia a variables que tienen que ver con la fenología y desarrollo de la planta (Figura 1).

Cuadro 6. Matriz de coeficientes de correlación de caracteres morfológicos relevantes en cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani (campaña agrícola 2019-2020)

Variable	AP	NRP	CV	LMLF	AMLF	RGP
AP	1					
NRP	0,547**	1				
CV	0,149	-0,017	1			
LMLF	-0,10	-0,322	-0,082	1		
AMLF	0,370	0,281	0,008	0,625**	1	
RGP	0,434*	0,275	0,236	-0,054	0,132	1
DF	0,329	0,371	0,224	-0,341	-0,006	0,263
DGL	0,400*	0,275	0,384*	-0,212	0,093	0,535**
DGP	0,626**	0,457*	0,256	-0,248	0,253	0,522**
DMF	0,426*	0,194	0,233	-0,293	0,057	0,374

AP: altura de planta; NRP: número ramas primarias; CV: cobertura vegetativa; LMLF: longitud máxima lámina foliar; AMLF: ancho máximo lámina foliar; RGP: rendimiento por planta; DF: días a floración; DGL: días a grano lechoso; DGP: días a grano pastoso; DMF: días a maduración fisiológica.

Coefficientes resaltados son estadísticamente significativos (* y ** corresponden a $P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$, respectivamente).

Cuadro 7. Autovalores del análisis de componentes principales y autovectores del primer y segundo componente asociados a características de accesiones y variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani (campaña agrícola 2019-2020)

Componente	Autovalor	Proporción acumulada
CP1	0,54	0,54
CP2	0,12	0,66
CP3	0,08	0,74

Variables	Autovectores	
	CP1	CP2
AP	0,32	-0,14
NRP	0,29	-0,14
CV	0,27	-0,28
LP	0,26	0,08
LMLF	0,26	0,20
AMLF	0,21	0,02
NDLF	0,26	0,11
DGR	0,06	0,31
RGP	0,32	-0,14
PH	0,31	-0,13
IC	0,32	-0,13
DR	0,08	0,45
DF	0,10	0,40
DGL	0,17	0,38
DGP	0,11	0,33
DMF	0,16	0,18

Se consideraron como aceptables los valores de 0,30 en adelante (resaltados)

AP: altura de planta; NRP: número de ramas primarias; CV: cobertura vegetativa; LP: longitud pecíolo; LMLF: longitud máxima lámina foliar; AMLF: ancho máximo lámina foliar; NDLF: número de dientes en lámina foliar; DGR: diámetro del grano; RGP: rendimiento por planta; PH: peso hectolítrico; IC: índice de cosecha; DR: días a primera ramificación; DF: días a floración; DL: días a grano lechoso; DP: días a grano pastoso; DMF: días a madurez fisiológica

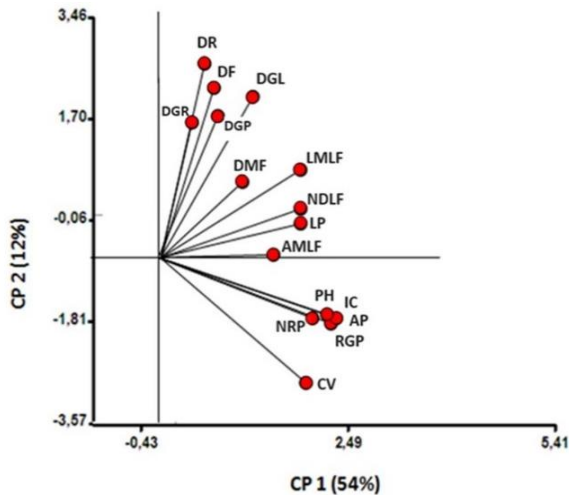


Figura 1. Distribución de variables sobre dos componentes principales asociados a características de ecotipos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani (años 2019-2020).

Tomando en consideración las mejores accesiones en función de haber obtenido el mayor promedio en algunas de las características de importancia, así como una buena calificación en otras, fueron seleccionadas las accesiones 7, 246, 23 y 315. Las mismas se presentan en la Cuadro 8 en conjunto con las tres variedades evaluadas, a modo de comparación. Se distingue que la mayor altura de planta la tuvo la accesión 7, mientras que la mayor cobertura vegetativa fue de la accesión 246. El mayor rendimiento promedio le correspondió a la accesión 23 y el mayor diámetro de grano lo presentó la accesión 315. Entre las variedades, Ramis tuvo el mayor número de ramas; sin embargo, el mayor rendimiento y menor tiempo para la etapa de ramificación le correspondió a la variedad INIA-406, aunque fue ligeramente más tardía en las etapas de floración a madurez fisiológica. Por el contrario, las variedades Cupi y Ramis mostraron ser más precoces en las cuatro etapas fenológicas.

Cuadro 8. Resumen de las principales características agronómicas de las cuatro mejores accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) procedentes del Banco de Germoplasma “José Luis Lescano” Camacani, comparadas con tres variedades (campaña agrícola 2019-2020). Resultados los valores más favorables

Variable	Accesiones				Variedades			
	03-21-315	03-21-23	03-21-7	03-21-246	INIA406	Cupi	Ramis	
Crecimiento vegetativo	Altura de planta (cm)	53,6	70,10	71,6	66,1	66,1	54,5	61,7
	Número de ramas primarias	12,5	14,95	14,8	14,8	15,5	14,4	15,95
	Cobertura vegetativa (cm)	19,5	19,5	21,3	22,95	20,0	18,5	18,3
Crecimiento reproductivo	Diámetro del grano (cm)	1,14	1,085	1,08	1,05	1,09	1,06	1,11
	Rendimiento (g por planta)	11,65	20,25	15,05	14,20	16,85	11,70	10,35
	Índice de cosecha	0,276	0,245	0,245	0,258	0,261	0,249	0,245
Precocidad	Días a la ramificación	36	34	39	47	32	45,5	42
	Días a la floración	91	91	96	100	91	87	91
	Días a grano lechoso	108	107	109	111	106	104	104
	Días a grano pastoso	115	119	119	120	121	116	115
	Días a madurez fisiológica	137,5	139,5	142,5	142	139	137	137

Para considerar favorables a las variables de crecimiento vegetativo o reproductivo se tomaron en cuenta los mayores valores, y para la precocidad el menor número de días

DISCUSIÓN

En el presente estudio, la altura de planta alcanzada por las variedades INIA-406 y Cupi

difirió de la alcanzada por las mismas variedades en el distrito de Majes, Arequipa (Gonzales, 2019). Estas diferencias entre las mismas variedades se pueden atribuir a las condiciones

climáticas bajo las cuales se efectuaron ambos ensayos. El primero se realizó a una altitud de 1422 m y temperatura media de 15 °C, mientras que el presente trabajo estuvo ubicado en una zona con altitud de 3800 m y temperatura media de 7 °C (Grace, 1985); es decir, esta temperatura más baja habría favorecido la respuesta de la variedad INIA-406 pero no de la Cupi. Según Alvarez et al. (2014), la planta tiene origen andino y está bien adaptada a los hábitats de gran altitud y bajas temperaturas donde presenta su mayor crecimiento, pero aparentemente, la respuesta es dependiente del material genético o variedad.

Se ha estimado que las temperaturas máximas y mínimas que favorecen el rendimiento de la cañihua son 17,27 y 3,96 °C (Tonconi, 2015). Esto puede permitir que las variaciones de las temperaturas extremas, producto del cambio climático, beneficien sensiblemente el rendimiento del cultivo.

Benique (2019) determinó que por cada disminución de una unidad en la temperatura máxima el crecimiento de la cañihua aumenta en 3 %; esta es una planta adaptable al cambio climático en la región del altiplano de Puno, con alta capacidad de resiliencia. Asimismo, este autor calculó que por cada variación en una unidad de la precipitación máxima el rendimiento puede aumentar en 0,34 %. El Altiplano de la Región Puno, con elevada altitud y temperatura mínima que puede descender hasta -10 °C (Grace, 1985), es la zona agrícola tradicional de la cañihua. Una de las características morfológicas que presenta la planta es que sus inflorescencias están cubiertas por hojas terminales que las protegen de las temperaturas bajas (Apaza, 2010).

Con relación a la arquitectura de la planta en el presente trabajo se encontró poca variabilidad en cuanto al número de ramas primarias y la cobertura vegetativa, a pesar del hábito de crecimiento de los materiales, de los cuales 10 fueron del tipo lasta (ramificaciones escasas y estrechas) y 20 del tipo saihua (ramificaciones numerosas y frondosas), según IPGRI (2005). El número de ramas primarias y otras características morfológicas son propias de cada variedad o de cada accesión, por lo tanto, no afectan de manera importante los rendimientos ni en el tiempo a la madurez fisiológica del grano. La misma apreciación existe para la cobertura vegetativa, variable que normalmente se ubica entre aquellas

de baja importancia, aunque la misma podría ser útil para proteger a la planta de fenómenos físicos como son las heladas y fríos extremos.

En referente a las hojas, el pecíolo muy corto que presentó la variedad Cupi (0,975 cm), indica que esta variedad tiene una arquitectura más compacta que el resto de los ecotipos evaluados. Y por otra parte, la longitud de la lámina foliar no tuvo un buen nivel de correlación con el rendimiento de la planta (Cuadro 6), lo cual se corroboró con el análisis de componentes principales, en el que dicha variable formó parte del segundo componente (Figura 1).

Así mismo, en el estudio se encontró que el grano de cañihua tiene un diámetro pequeño, en concordancia con los resultados de Bruno (2006). Esta variable no presentó correlación significativa con variables importantes como rendimiento, índice de cosecha o peso hectolítrico (Cuadro 6).

El ecotipo de mayor rendimiento promedio (accesión 23) mostró una moderada correlación positiva con la altura de la planta. Entre las variedades, la Ramis presentó el rendimiento más bajo (2,48 t·ha⁻¹). De igual forma, Apaza (2010) encontró para las variedades INIA-406 y Ramis rendimientos bajos de 3,24 y 1,50 Mg·ha⁻¹, respectivamente. La variación en el tiempo fue atribuido al comportamiento climático de las campañas agrícolas, pero ratifica que la variable rendimiento es una de las más importantes del CP1 en el análisis de componentes principales, el cual contribuyó con un alto porcentaje de la varianza total explicada (Figura 1).

Con relación al peso hectolítrico, se halló que la accesión 315 obtuvo el mayor valor, seguido entre otros materiales, por las variedades INIA-406 y Ramis. Dado que el peso hectolítrico tiene una relación directa con la dureza del grano, y ésta, a su vez, es un indicador de la composición del endospermo, los valores más bajos del peso hectolítrico observado en las accesiones 196 y 296 pudieran indicar una condición de endospermo más harinoso, tal como hallaron García y Vázquez, (2016) en granos de maíz.

Finalmente, y con relación al índice de cosecha (IC), esta variable no mostró diferencias entre los materiales evaluados, lo que sugiere que existe similitud en su eficiencia productiva. Se puede considerar que el rango de 0,215 a 0,276 obtenido (Cuadro 4) es estrecho si se compara con el rango de 0,160 a 0,360 encontrado por Pinto y Rojas

(2016) en 744 accesiones de cañihua, de diferentes hábitos de crecimiento, en Bolivia, bajo condiciones climáticas semejantes a las del presente estudio.

La duración de las diferentes etapas desde la siembra hasta la floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica, al incrementar paulatinamente en el tiempo, presentó una relación natural entre ellas. Estas etapas tienen que ver con el desarrollo y fenología de las plantas y por lo tanto tienen una correlación directa como parte del CP2 en el análisis de componentes principales (Figura 1).

La asociación existente entre la altura de la planta de cañihua y el rendimiento indica que esa característica participa de manera indirecta en la producción de grano, sugiriendo una regular dependencia entre el tamaño de la planta y su rendimiento.

De forma similar a lo encontrado por Pinto y Rojas (2016), en el presente trabajo la prueba de Scott-Knott detectó que existe amplia variabilidad genética en características de altura de planta, área foliar (largo y ancho foliar) y el rendimiento, así como poca variabilidad con relación a la cobertura vegetal y el número de ramas primarias (Cuadros 2, 3 y 4). Entre estas últimas, a pesar de existir un rango amplio de valores, todas pertenecen al mismo grupo estadístico, sin diferencias entre ellas. Se destaca, entonces, que se identificaron variables morfológicas que guardan relación con el rendimiento de la planta, y que pueden facilitar los procesos de selección y mejoramiento genético entre las accesiones estudiadas.

CONCLUSIONES

Se identificaron las características morfológicas y agronómicas más relevantes, en el caso de las variedades la INIA-406 resultó ser la de mejor rendimiento; no obstante, la Cupi y Ramis mostraron mayor precocidad. Entre las accesiones la 03-21-23 destaca por su mayor rendimiento, la 03-21-315, supera a las demás por el mayor diámetro de grano; sin embargo, la 03-21-7 logró la mayor altura de planta, por lo que es recomendable emprender el mejoramiento y estabilidad genética de estas accesiones, que se muestran como promisorias para la agroindustria.

Por otra parte, se identificó la asociación positiva que existe en el rendimiento con variables

morfológicas como la altura de la planta, y variables fenológicas como la duración de las etapas de grano lechoso y grano pastoso,

AGRADECIMIENTO

Los autores reconocen el apoyo financiero del Proyecto Concytec-Banco Mundial “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica” 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia [Contrato N° 133-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV] y de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Perú, por las muestras genéticas de su banco de germoplasma

LITERATURA CITADA

1. Alvarez, R, T. Winkel, D. Degueldre, C. Del Castillo y R. Joffre. 2014. Plant growth dynamics and root morphology of little-known species of *Chenopodium* from contrasted Andean habitats. NRC Research Press 92(2): 101-108.
2. Apaza, V. 2010. Manejo y Mejoramiento de Kañiwa. Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA, Bioersity International y el International Fund for Agricultural Development-IFAD. Puno, Perú. 76 p.
3. Benique, E. 2019. Impacto del cambio climático en el rendimiento de la producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en la Región – Puno. Revista de Investigaciones Altoandinas 21(2): 100-110.
4. Bruno, M. 2006. A morphological approach to documenting the domestication of *Chenopodium* in the Andes. In: Zeder M, Bradley D, Emshwiller E, Smith B (eds.). Documenting Domestication, New Genetic and Archaeological Paradigms. University of California Press. Berkeley. pp. 32-45.
5. Callisaya, J. y A. Alvarado A. 2009. Aislados proteínicos de granos altoandinos chenopodiaceas; quinua “*Chenopodium quinoa*” - cañahua “*Chenopodium pallidicaule*” por precipitación isoelectrica. Revista Boliviana de Química 26(1): 12-20.
6. Dizes, J. y A. Bonifacio. 1992. Estudio en

- microscopía electrónica de la morfología de los órganos de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en relación con la resistencia a la sequía. In: Morales D y J. Vacher (eds.). Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. La Paz. pp. 69-74.
7. Estrella, B. y D. Elisa. 2013. Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Revista de Investigación Universitaria 2(1): 47-53.
 8. García, M., D. Raes, S.E. Jacobsen y T. Michel. 2007. Agroclimatic constraints for rainfed agriculture in the Bolivian Altiplano. J Arid Environ 71(1): 109-121.
 9. García, A. y C. Vázquez. 2016. Secado de maíz y propiedades del grano. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1(2): 73-77.
 10. Gonzales, C. 2019. Comportamiento agronómico de dos variedades y un ecotipo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con tres densidades de siembra en condiciones de la irrigación Majes-Arequipa. Tesis. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú. 112 p.
 11. Grace, B. 1985. El Clima del Altiplano. Departamento de Puno, Perú. Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional Convenio Perú-Canadá, Proyecto Colza-Cereales. Departamento de Agrometeorología. Lima. 183 p.
 12. Huamaní, F., M. Tapia, R. Portales, V. Doroteo, C. Ruiz y R. Rojas. 2020. Proximate analysis, phenolics, betalains, and antioxidant activities of three ecotypes of kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) from Peru. Pharmacology OnLine 1: 229-236.
 13. IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute). 2005. Descriptores para cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)., Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Roma, Italia. <https://n9.cl/x2jwf> (consulta de agosto 23, 2021).
 14. Mangelson, H., D.E. Jarvis, P. Mollinedo, O.M. Rollano-Penaloza, V.D. Palma-Encinas, L.R. Gomez-Pando, E. N. Jellen, and P. J. Maughan. 2019. The genome of *Chenopodium pallidicaule*: An emerging Andean super grain. Applications in Plant Sciences 7(11): e11300.
 15. MINAGRI. 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola en el Perú. Año 2019. MINAGRI. (2020). Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2019. <https://n9.cl/id94n> (consulta de agosto 23, 2021)
 16. Moscoso-M., G., A. Zavaleta, A. Mujica, I. Arnao, C. Moscoso, M. Santos y J. Sánchez. 2021. Antimicrobial peptides purified from hydrolysates of kañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) seed protein fractions. Food Chemistry 360: 129951 (12 p).
 17. Pinto, M. y W. Rojas. 2016. Variabilidad genética de la colección del germoplasma de cañihua *Chenopodium pallidicaule* Aellen) de Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales (RIARn) 3(2):125-133.
 18. Repo, R., C. Espinoza y S.E. Jacobsen. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International 19(1-2): 179-189.
 19. Rodríguez, J.P., S.E. Jacobsen, C. Andreasen y M. Sorensen. 2020. Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*): A promising new crop for arid areas. In: Hirich A, Choukr-A R, Ragab R, editors. Emerging Research in Alternative Crops. Environment & Policy. Springer Nature, Switzerland AG. pp. 221-243.
 20. Tonconi-Quispe, J. 2015. Producción agrícola alimentaria y cambio climático: un análisis económico en el departamento de Puno, Perú. Idesia (Arica) 33(2): 119-136.
 21. Zegarra, S., V. Muñoz y F. Ramos. 2019. Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial. Rev. Chil. Nutr. 46(5): 561-570.

