



ISSN 2215-2202

AGRONOMÍA COSTARRICENSE

REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost>



Análisis y comentario

Producción de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Perú: un cultivo alternativo para el futuro

Julio César Huamán-Tapara^{1/*}

*Autor para correspondencia. Correo electrónico: julio.huamant@gmail.com

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú.

DOI: <https://doi.org/10.15517/rja5zq95>

Recibido el 04 de junio del 2024; Aceptado el 08 de enero del 2025

Resumen

Introducción. La cañihua tiene un potencial comercial significativo debido a sus altos valores nutricionales y propiedades nutraceuticas. Es conocida por su resistencia a condiciones abióticas adversas en comparación con los cultivos de granos tradicionales. Sin embargo, este fitorecurso no ha sido adecuadamente explotado en Perú, lo que se refleja en su producción limitada, mayormente confinada a su región de origen, Puno. Además, los métodos de cultivo están limitados a técnicas tradicionales que producen bajo rendimiento. La falta de uniformidad entre los cultivos, debido a la gran variabilidad de la especie, obstaculiza su correcta explotación agronómica. **Objetivo.** Proporcionar información sintetizada sobre el panorama actual de la Cañihua en Perú. **Análisis.** La cañihua tiene propiedades nutricionales superiores a la quinoa y la kiwicha, destacándose en antioxidantes y nutraceuticos debido a sus compuestos fenólicos y flavonoides. Es resistente a variaciones climáticas como sequías y lluvias, con la humedad relativa y bajas temperaturas como condiciones ideales. Existe una gran variabilidad entre los granos de cañihua, debido a que no está completamente domesticada, lo que no ha sido clasificado en Perú. Su organización podría optimizar su uso según el tipo de grano. **Conclusiones.** La cañihua es un alimento versátil y tiene un gran potencial para ser aplicado en nuevos emprendimientos, como pan, galletas, bizcochos y fideos. Sin embargo, son necesarios nuevos estudios enfocados en evaluar la diversidad genética de la cañihua, a través de caracterizaciones agronómicas, químicas, moleculares y genómicas.

Palabras clave: nutricional; nutraceuticas; compuestos fenólicos; resistencia abiótica; desarrollo sostenible.

Analysis and comment

Production of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) in Peru: an alternative crop for the future

Abstract

Introduction. Cañihua has significant commercial potential due to its high nutritional values and nutraceutical properties. It is known for its resistance to adverse abiotic conditions compared to traditional grain crops. However, this phylogenetic resource has not been adequately exploited in Peru, which is reflected in its limited production, mostly confined to its region of origin, Puno. Furthermore, cultivation methods are limited to traditional techniques that yield low output. The lack of uniformity among crops, due to the great variability of the species, hinders its proper agronomic exploitation. **Objective.** To provide synthesized information about the current state of Cañihua in Peru. **Analysis.** Cañihua has superior nutritional properties compared to quinoa and amaranth, standing out in antioxidants and nutraceuticals due to its phenolic compounds and flavonoids. It is resistant to climatic variations such as droughts and rains, with relative humidity and low temperatures being ideal conditions. There is great variability among cañihua grains because it is not fully domesticated, which has not been classified in Peru. Organizing its types could optimize its use according to the grain type. **Conclusions.** Cañihua is a versatile food and has great potential for application in new ventures, such as bread, cookies, cakes, and noodles. However, new studies focused on evaluating the genetic diversity of cañihua through agronomic, chemical, molecular, and genomic characterizations are necessary.

Keywords: nutritional; nutraceuticals; phenolic compounds; abiotic resistance; sustainable development.

Introducción

El cambio climático durante las últimas décadas ha provocado efectos adversos sobre las condiciones abióticas de los cultivos convencionales, lo que ha generado pérdidas económicas y desabastecimiento de alimentos en las comunidades agrícolas tradicionales (Robinson *et al.* 2015). Ante ello, los cultivos alternativos o no tradicionales que muestran resistencia a condiciones abióticas adversas y presentan altos valores nutricionales han adquirido mucha importancia. En este contexto, el *Chenopodium pallidicaule* Aellen, comúnmente conocido como Cañihua o Kañiwa en el Perú, representa una de estas alternativas. Este pseudocereal es considerado como un alimento funcional por contener un alto contenido de proteínas y elevada proporción de aminoácidos esenciales, además de presentar aceites esenciales y minerales, como el hierro y el calcio (Repo-Carrasco *et al.* 2003). Adicionalmente, también contiene un alto contenido de fibra dietética, la cual ayuda a reducir el nivel de colesterol en la sangre y mejorar la digestión, además de otros compuestos que promueven la salud como antioxidantes, fenoles y flavonoides (Fernández y Mendoza 2023). Otra ventaja de la cañihua es que, al poseer niveles muy bajos de saponinas en comparación con la quinoa, no produce un sabor amargo, lo que facilita su uso directo sin necesidad de un lavado previo, por lo que se usa como materia prima para propósitos culinarios o industriales (Bartolo 2013, Hurtado y Rodríguez 2011). A todas estas características, se suma la gran adaptabilidad de la especie a condiciones adversas como las heladas, sequías y la alta salinidad (Rodríguez *et al.* 2020), lo que la convierte en un recurso de gran versatilidad frente a condiciones climáticas de difícil cultivo. Esta especie presenta una alta variabilidad genética, debido a la producción agronómica fragmentada y a la irregularidad geológica y climática de los Andes. Esta característica ofrece una oportunidad única para mejorar y adaptar el cultivo a diversas condiciones agronómicas.

A pesar de estos beneficios, la cañihua aún no se encuentra valorada dentro de un panorama de producción comercial. Esto se debe a su poca difusión dentro del Perú, lo que limita su cultivo a las regiones del Altiplano de Puno, y en muy baja escala a Arequipa y Cusco (Apaza 2010). Además, la especie presenta problemas agronómicos debido a su parcial domesticación, como la falta de uniformidad en la maduración y el tamaño pequeño de la semilla, lo cual dificulta su cosecha y procesamiento (Macuchapi *et al.* 2018). A nivel mundial, los únicos países que producen Cañihua son Perú y Bolivia, donde el primero presenta una mayor área de cultivo, con 6270 hectáreas para el 2017 (Medina W. 2018). Sin embargo, en Perú, desde el 2000, no se ha visto un aumento significativo en cuanto al rendimiento de grano producido y las exportaciones han descendido (MINAGRI 2018). La cañihua, como cultivo nutritivo y resiliente, puede contribuir significativamente a la seguridad alimentaria en regiones vulnerables y diversificar la dieta de las poblaciones locales.

Esto subraya la necesidad de impulsar estudios que evalúen y describan las características agronómicas, nutricionales y genéticas de ecotipos y variedades de Cañihua. La información recopilada puede ser de utilidad para impulsar el cultivo de este grano a nivel nacional e internacional, así como destacar las oportunidades para la agroindustria y promover el desarrollo de nuevos productos con valor agregado. Además, puede generar nuevas investigaciones y descubrimientos que mejoren su cultivo y aprovechamiento. Por ello, el objetivo de este estudio fue proporcionar información sintetizada sobre el panorama actual de la Cañihua en Perú.

Panorama del cultivo de cañihua en el Perú

El cultivo de granos en el Perú ha sido de gran importancia para las comunidades que habitan en la región andina. Entre estos, la cañihua se destaca como uno de los cuatro granos más importantes producidos en esta zona. Su producción se limita a una tecnología artesanal y comercio local, donde la región de Puno representa el 95% de la producción nacional, seguido de Cusco con un 4,9% y Arequipa con apenas un 0,1% (MINAGRI 2018). A pesar de que los cultivos de cañihua no son considerados como una fuente principal de ingresos para los agricultores andinos, este sigue cultivándose debido a su tolerancia al estrés abiótico y calidad nutricional. Esto se refleja en la región de Puno, donde la cañihua representa solo el 2%, lo cual es equivalente a 5904 ha de la superficie cultivada de productos agrícolas. A pesar de que el cultivo presenta una baja productividad, aún favorece a los agricultores (Mayta 2019). La **Figura 1** muestra que, aunque Puno es el principal productor de cañihua en el Perú, la superficie dedicada a su cultivo en esta región es comparativamente pequeña frente a otros productos agrícolas.

Actualmente, la demanda nacional por el consumo de granos de cañihua es baja. Sin embargo, su producción ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos 20 años (MINAGRI 2018), impulsado por el aumento de las exportaciones. Este crecimiento se debe, principalmente, al incremento de la demanda internacional de alimentos orgánicos que promueven la salud. Las exportaciones de cañihua han tenido entre 2019 y 2023 como principales mercados de destino a Canadá (54,1%) y Japón (37,4%) (CIEN 2024). La quinoa, el principal grano de exportación del Perú, representó el 76,1% del total de las exportaciones de granos andinos entre 2019 y 2023. No obstante, a pesar de que la cañihua supera a la quinoa en contenido de fibra, cenizas, calcio y proteínas, su crecimiento ha sido significativamente más limitado y representa solo el 0,01% de las exportaciones en el mismo período (CIEN 2024). Una de las principales causas de esta situación es su cadena productiva tradicional y el limitado desarrollo tecnológico durante la producción y transformación en productos con valor agregado (Apaza 2010).

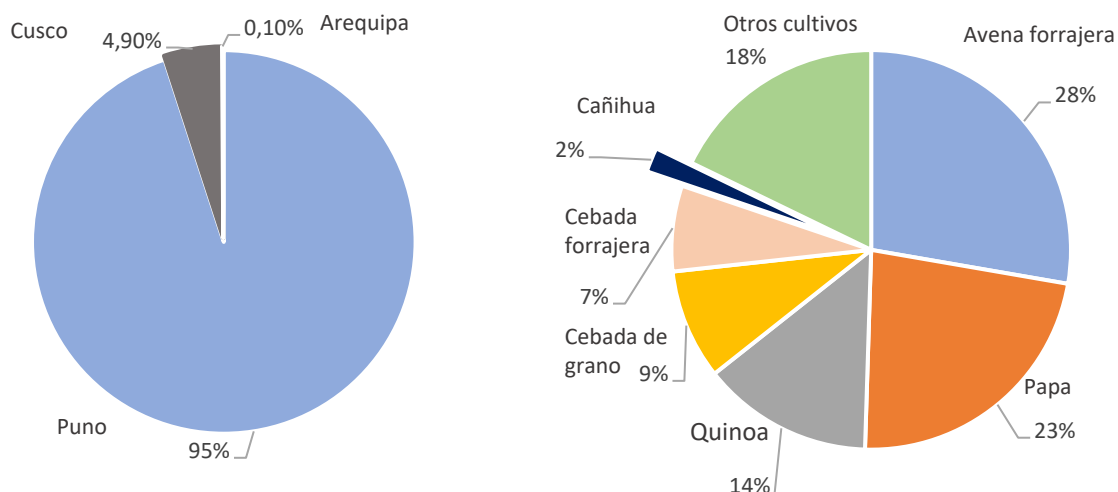


Figura 1. Producción nacional de cañihua y superficie cultivada en Puno. Adaptado de MINAGRI (2018), Mayta (2019).

Figure 1. National production of cañihua and cultivated area in Puno. Adapted of MINAGRI (2018), Mayta (2019).

Estudios como el de Mayta (2019), en la región de Puno, mencionan que para aumentar la producción y comercialización de cañihua es necesario capacitar a los agricultores en tecnologías que permitan disminuir los costos de producción y obtener una mayor productividad. Esto debe ir de la mano con el desarrollo de actividades que promuevan la sensibilización por el consumo de granos andinos por parte de las instituciones públicas y privadas.

Por otro lado, aún no se conocen las perspectivas del cultivo de cañihua en las otras regiones de producción como Arequipa y Cusco. Esto se debe, principalmente, a que el cultivo en estas regiones suele estar restringido a un consumo familiar o de comercio comunal. Sin embargo, por el gran potencial que presenta la cañihua para el mercado nacional e internacional, se prevé que el aumento de la superficie de cosecha se incrementará a futuro dentro de estas regiones, debido a que poseen zonas agroclimáticas óptimas para el cultivo de cañihua.

Composición nutricional de la cañihua

La cañihua, así como otros granos, es una fuente de energía por su gran contenido de carbohidratos, sin embargo, posee características nutricionales superiores como un elevado porcentaje de proteínas (15 a 19%), en comparación a otros granos como la quinoa (14%), kiwicha (13%), maíz (8,6%), avena (11,6%) y cebada (11,8%) (Apaza 2010, Bartolo 2013).

Además, en su composición proteica, la cañihua presenta aminoácidos esenciales como la metionina, treonina, triptófano y lisina. Este último es un aminoácido muy raro en alimentos de origen vegetal e importante para procesos como la absorción de calcio y la formación de colágeno. También, se ha observado que presenta una cantidad relativamente alta de minerales (calcio, magnesio, hierro, potasio y fósforo), fibra y cenizas con respecto a los granos de cultivo tradicionales (Ligarda *et al.* 2012, Huamani 2018) (**Figura 2**).

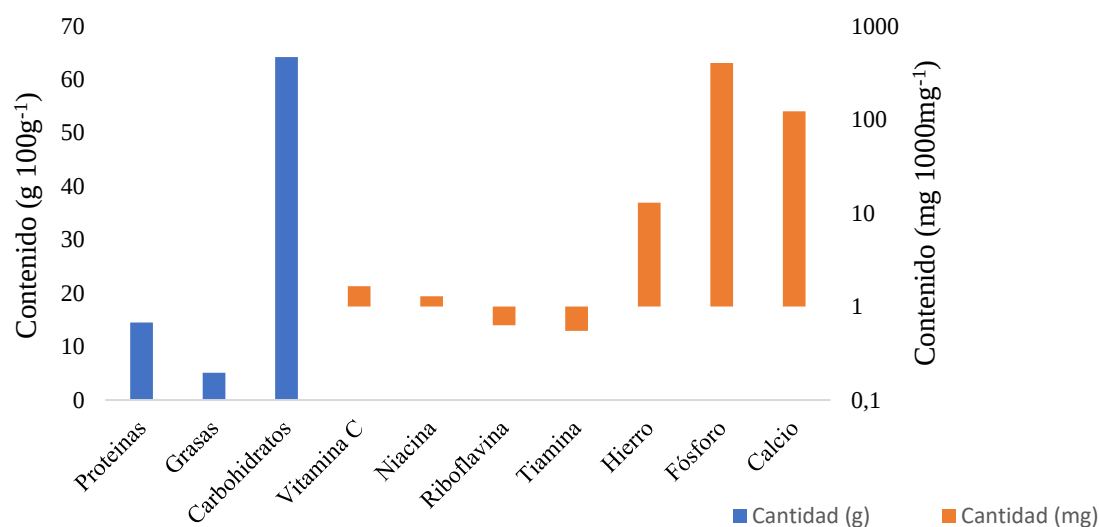


Figura 2. Composición nutricional promedio de la cañihua. Adaptado de Reyes *et al.* (2017).

Figure 2. Average nutritional composition of cañihua. Adapted of Reyes *et al.* (2017).

Al analizar los diferentes componentes del grano de cañihua, se pueden identificar las distintas variedades y ecotipos. Esto se ha visto reflejado en estudios de poblaciones de esta planta, específicamente, los provenientes de la región Puno (**Tabla 1**). Las primeras variedades mejoradas de cañihua en el país fueron Ramis, Cupi e Illpa (Apaza 2010), con Ramis y Cupi que presentan diferencias en su composición según varios autores (Repo-Carrasco *et al.* 2009, Sucari 2003, Huanatico 2008, Moscoso-Mujica *et al.* 2017). Asimismo, se reporta diversidad en la composición nutricional entre los ecotipos y accesiones, al analizar componentes como el porcentaje de proteínas, grasa, fibra, ceniza y carbohidratos (Repo-Carrasco *et al.* 2010, Huamani 2018, Callohuanca *et al.* 2021).

Tabla 1. Composición de los granos de las variedades, accesiones y ecotipos de cañihua proveniente de Puno.
Table 1. Composition of the grains of the varieties, accessions, and ecotypes of cañihua from Puno.

Material genético	Proteínas	Grasas	Fibra	Ceniza	Carbohidratos	Referencia
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Cupi ^v	14,41 ± 0,26	5,68 ± 0,02	11,24 ± 1,15	5,03 ± 0,21	63,64	Repo-Carrasco <i>et al.</i> (2009)
Cupi ^v	18,7 ± 0,10	-	-	-	-	Moscoso-Mujica <i>et al.</i> (2017)
Cupi ^v	16,32	7,29	8,25	2,55	57,65	Sucari (2003)
Cupi ^v	16,9	6,34	5,3	5,8	55,46	Huanatico (2008)
Ramis ^v	14,88 ± 0,46	6,96 ± 0,24	8,18 ± 0,02	4,33 ± 0,26	65,65	Repo-Carrasco <i>et al.</i> (2009)
Ramis ^v	16,2 ± 0,1	-	-	-	-	Moscoso-Mujica <i>et al.</i> (2017)
Ramis ^v	14,93	8,8	9,83	2,47	51,72	Sucari (2003)
Chilliwa ^e	15,3 ± 0,3	8,5 ± 0,3	5,6 ± 0,2	4,6 ± 0,1	66,0 ± 0,4	Huamani (2018)
Planta purpura ^e	15,5 ± 0,4	8,0 ± 0,1	7,0 ± 0,4	4,0 ± 0,1	65,5 ± 0,6	Huamani (2018)
Cañihua roja ^e	14,7 ± 0,3	7,6 ± 0,1	6,0 ± 0,5	3,7 ± 0,1	68,0 ± 0,4	Huamani (2018)
Kello ^e	15,38 ± 0,03	7,36 ± 0,08	5,33 ± 0,04	3,56 ± 0,19	59,4	Repo-Carrasco <i>et al.</i> (2010)
Wila ^e	13,29 ± 0,09	6,87 ± 0,08	7,52 ± 0,01	3,67 ± 0,08	60,3	Repo-Carrasco <i>et al.</i> (2010)
Guinda ^e	14,72 ± 0,11	4,46 ± 0,00	7,46 ± 0,05	3,38 ± 0,04	61,5	Repo-Carrasco <i>et al.</i> (2010)
Ayara ^e	14,38 ± 0,01	6,66 ± 0,07	14,37 ± 0,20	3,13	52,4	Repo-Carrasco <i>et al.</i> (2010)
Comercial (Cusco) ^e	18,28 ± 0,12	7,92 ± 0,03	4,79 ± 0,06	2,73 ± 1,16	58,5	Repo-Carrasco <i>et al.</i> (2010)
218 ^a	14,78	7,8	4,85	3,88	58,89	Callohuanca <i>et al.</i> (2021)
200 ^a	19,33	6,59	2,23	3,5	59,81	Callohuanca <i>et al.</i> (2021)
27 ^a	15,58	7,23	4,98	3,79	59,69	Callohuanca <i>et al.</i> (2021)
140 ^a	14,6	8,57	3,56	3,76	61,98	Callohuanca <i>et al.</i> (2021)

v: Variedad. e: Ecotipo. a: Accesión

Propiedades nutracéuticas de la cañihua

Dentro de la composición de la cañihua, existen componentes que son beneficiosos para la salud, como la presencia de altos contenidos de fibra dietética y grasas insaturadas, muy similares a la quinoa (Apaza 2010). Además, esta planta contiene compuestos fenólicos y flavonoides totales que se relacionan con una alta capacidad antioxidante, lo cual es beneficioso para proteger al organismo de los radicales libres, retardar el envejecimiento y evitar las enfermedades degenerativas (Bartolo 2013). Esta capacidad antioxidante de la cañihua está vinculada a su tolerancia a las condiciones abióticas adversas, debido a que necesita una mayor protección frente a la oxidación en comparación con otros cereales (Repo y Encina 2008).

Algunos estudios refieren una mayor capacidad antioxidante de la cañihua respecto a otros granos andinos como la quinoa, la kiwicha y el tarwi (Repo-Carrasco-Valencia 2020). Los estudios donde se evalúan la cantidad de fenoles, flavonoides, betalaínas y capacidad antioxidante de la cañihua en el Perú se muestran en la **Tabla 2**. Se puede observar que hay valores ambiguos en relación con la cantidad de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, encontrándose variedades que presentan una cantidad relativamente baja de compuestos fenólicos, pero una capacidad antioxidante alta. Además, el estudio de Huamani (2018) es el único que presenta información sobre las cantidades de compuestos fenólicos, flavonoides y betalaínas, todos componentes involucrados con la actividad antioxidante. En este estudio, se encontró que la capacidad antioxidante varía considerablemente entre las variedades. Por ejemplo, la variedad "Chilliwa" mostró la mayor capacidad antioxidante a pesar de tener menores niveles de betalaínas en comparación con las variedades "Planta púrpura" y "Cañihua roja". Se puede inferir que los compuestos fenólicos y flavonoides desempeñan un papel importante en las propiedades bioactivas de las variedades de cañihua que presentan betalaínas.

Tabla 2. Contenido de flavonoides, fenoles, betalaínas y capacidad antioxidante de Cañihua en el Perú.

Table 2. Flavonoid, phenol, betalain content, and antioxidant capacity of Cañihua in Peru.

Material genético	Fenoles totales (mg ácido gálico 100 g ⁻¹)	Flavonoides totales (mg catalasa 100 g ⁻¹)	Betalaínas (mg 100 g ⁻¹)	Capacidad antioxidante (mg 100 g ⁻¹)	Ubicación	Referencia
Cupi ^v	81,10 ± 0,90	-	-	116598 ± 3354	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
Puka kañiwa ^v	78,29 ± 0,54	-	-	150980 ± 2025	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
Illpa ^v	77,39 ± 0,87	-	-	142121 ± 5675	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
Ramis ^v	73,53 ± 0,37	-	-	125367 ± 5789	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
LPI ^v	70,82 ± 0,94	-	-	146804 ± 1102	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
Chillihua ^v	77,04 ± 0,45	-	-	134785 ± 397	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
PIK030030 ^v	77,99 ± 2,17	-	-	129790 ± 4107	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
PIK030 273 ^v	67,46 ± 0,70	-	-	9145 ± 154	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
PIK030179 ^v	84,91 ± 0,67	-	-	83257 ± 1156	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
PIK030133 ^v	75,88 ± 2,94	-	-	136216 ± 6598	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
Leghepito ^v	85,71 ± 0,47	-	-	121632 ± 2430	Puno-Perú	Repo y Encina (2008)
Cupi ^v	-	-	-	1776 ± 43	Puno-Perú	Abderrahim <i>et al.</i> (2012)
Chilliwa ^e	140 ± 0,00	1,5 ± 0,1	2,3	420 ± 0,0	Melgar, Puno	Abderrahim <i>et al.</i> (2012)
Planta púrpura ^e	170 ± 10,0	1,9 ± 0,1	39,6	140 ± 0,0	Melgar, Puno	Abderrahim <i>et al.</i> (2012)
Cañihua roja ^e	190 ± 10,0	2,0 ± 0,1	42	130 ± 0,0	Melgar, Puno	Abderrahim <i>et al.</i> (2012)
140 ^a	1,47	-	-	5000 ± 90	-	Callohuanca <i>et al.</i> (2021)
27 ^a	10,66	-	-	3080 ± 60	-	Callohuanca <i>et al.</i> (2021)
218 ^a	6,66	-	-	2730 ± 30	-	Callohuanca <i>et al.</i> (2021)
02 ^a	4,4	-	-	2320 ± 90	-	Callohuanca <i>et al.</i> (2021)

v: Variedad. e: Ecotipo. a: Accesión.

Dentro de los estudios encontrados, se observa que la capacidad antioxidante entre las variedades, ecotipos y accesiones presenta una gran variabilidad. Las variedades de cañihua muestran mayor variabilidad en sus capacidades antioxidantes, con algunos valores atípicos como PIK030273 (9145) y Cupi (1776). Por otro lado, los ecotipos y las accesiones presentan mayor estabilidad en sus capacidades antioxidantes. Se destaca, además, que la capacidad antioxidante de las variedades de cañihua, en general, es superior a la de los ecotipos y accesiones, lo que subraya la importancia de considerar estas diferencias al estudiar y utilizar esta planta en aplicaciones nutricionales y nutraceuticas (**Figura 3**).

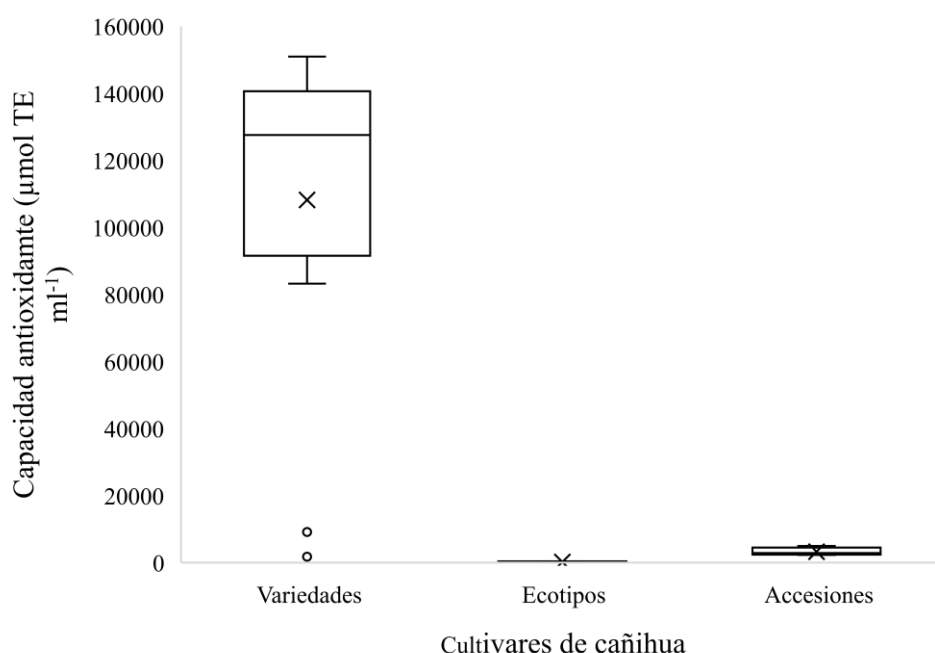


Figura 3. Capacidad antioxidante de la cañihua en diferentes categorías. Adaptado de Repo y Encina (2008), Abderrahim *et al.* (2012), Huamani (2018), Callohuanca *et al.* (2021).

Figure 3. Antioxidant capacity of cañihua in different categories. Adapted of Repo and Encina (2008), Abderrahim *et al.* (2012), Huamani (2018), Callohuanca *et al.* (2021).

Adicionalmente, se ha reportado un estudio *in vivo* que ha demostrado la actividad antihipertensiva de hidrolizados proteicos de cañihua de la variedad Cupi (Poma 2018). En este estudio, se evaluó la efectividad del hidrolizado proteico de cañihua (HPC) en ratas macho albinas con hipertensión inducida mediante L-NAME. Las ratas recibieron una dosis única de 100 mg de proteína kg⁻¹ de peso corporal de HPC, y se compararon sus efectos con un grupo tratado con el medicamento antihipertensivo captopril.

Los resultados mostraron que el HPC redujo significativamente la presión arterial sistólica (PAS) de $184,4 \pm 10,9$ mm Hg a $161,6 \pm 8,7$ mm Hg y la presión arterial diastólica (PAD) de $155,2 \pm 19,4$ mm Hg a $138,8 \pm 9,9$ mm Hg. Aunque, la reducción de la presión arterial fue más pronunciada en el grupo tratado con captopril, estos hallazgos indican que el HPC tiene un efecto antihipertensivo significativo.

Por último, un estudio evaluó el potencial de la cañihua y la quinoa en la prevención de la diabetes tipo 2 (Coronado-Olano *et al.* 2021). En esta investigación, se identificaron compuestos fenólicos como el ácido gálico, rutina y ácido clorogénico. Estos compuestos contribuyen a la inhibición de enzimas hidrolizadoras de carbohidratos, como la α -amilasa y α -glucosidasa, que están asociadas con la regulación de la glucosa en sangre. Se encontró que la cañihua tuvo niveles significativamente mayores de ácido clorogénico en comparación con la quinoa. De esta manera, la cañihua podría ofrecer beneficios adicionales para la salud en el manejo y prevención de la diabetes tipo 2.

Comportamiento agronómico

La cañihua crece en temperaturas que oscilan entre 5 °C y 15 °C, y es capaz de soportar heladas con temperaturas de hasta -3 °C. Se cultiva, principalmente, a altitudes por encima de 3800 metros sobre el nivel del mar, donde otras plantas tienen dificultades para prosperar. La precipitación anual ideal para la cañihua está entre 400 y 800 mm, aunque es tolerante a la sequía. Muestra tolerancia a la salinidad, ya que puede crecer en suelos con un pH que varía entre 4,8 y 8,5 (MINAGRI 2018, MIDAGRI 2023). La cañihua presenta una gran adaptabilidad frente a condiciones abióticas adversas, gracias a que se desarrolla en condiciones climáticas cambiantes y de sequía de la región del Altiplano andino. Esta característica está claramente evidenciada en el estudio de Benique (2019), donde detalla que el rendimiento de la cañihua en los cultivos de la campaña agrícola de 1996-1997 al 2016-2017, en la región Puno, mantuvo un crecimiento constante y soportó condiciones agroclimáticas máximas y mínimas de temperatura, humedad y precipitación. Esta última influyó negativamente en el rendimiento del cultivo cuando hubo un déficit de precipitación fluvial.

En cuanto a las condiciones para mejorar la producción de cañihua, Quispe *et al.* (2022) determinaron que los parámetros climáticos que más influyen en el rendimiento de los cultivos de cañihua son la humedad relativa y la temperatura mínima. Estos datos, junto con el desarrollo de nuevas tecnologías agrícolas, permitirán aumentar significativamente la producción de cañihua, y tener una mayor oferta en el Perú y en el extranjero.

Se ha observado que los cultivos de cañihua presentan mucha heterogeneidad en cuanto a la madurez de la planta, índice de dehiscencia y el tamaño del grano, todo esto dificulta la cosecha, el procesamiento de la semilla y la mejora del rendimiento (Tapia 2017, Mangelson *et al.* 2019). Esto se debe, principalmente, al gran repertorio genético que presenta la especie y las diferentes expresiones fenotípicas frente a diversas condiciones abióticas. Por ejemplo, La Rosa *et al.* (2016) determinaron que la resistencia a la salinidad y la variación de temperatura durante la germinación varía significativamente entre los seis cultivares de cañihua peruana analizadas. Ante la variabilidad genética de la cañihua y la gran diversidad de condiciones bioclimáticas que presenta el Perú, es de suma importancia evaluar el comportamiento agronómico de variedades de cañihua frente a diversas condiciones agroclimáticas. De esta manera, al determinar las mejores condiciones abióticas y el mejor repertorio genético de la especie, se podrá obtener el mejor rendimiento y homogeneidad del cultivo.

En el Perú, solo hay tres estudios que evalúan estos comportamientos agronómicos a detalle en accesiones, ecotipos y variedades de cañihua, dos de estos se realizaron en Arequipa, en regiones que tienen características climáticas similares, y el tercero se hizo en una región de Puno (**Tabla 3**).

En la **Figura 4**, se observa que las accesiones presentan un rendimiento promedio más alto (mediana de 1847,5 kg ha⁻¹) en comparación con las variedades (mediana de 1328 kg ha⁻¹). Sin embargo, las variedades muestran una mayor estabilidad en sus rendimientos, con un rango intercuartil más estrecho (IQR de 237,5 kg ha⁻¹) en comparación con las accesiones (IQR de 814,75 kg ha⁻¹). Esto sugiere que, aunque las accesiones pueden proporcionar rendimientos más altos, las variedades ofrecen una mayor consistencia y estabilidad en su desempeño agronómico. La escasez de estudios experimentales limita la información disponible para los programas de mejoramiento genético y la creación de variedades que puedan mantener una estabilidad relativamente homogénea en diferentes ambientes.

Tabla 3. Recopilación de resultados de los estudios de Cañihua en diferentes regiones agroclimáticas.
Table 3. Compilation of results from studies on Cañihua in different agroclimatic regions.

Material genético	Rendimiento	Madurez Fisiológica	Altura de planta	Floración	Germinación	Peso 1000 semillas	Pureza física	Región Agroclimática	Referencia
	(kg ha-1)	(días)	(cm)	(días)	(%)	(g)	(%)		
140*	1929	135	46	96	90	0,264	98	1	Nina (2014)
315a	1286	133	47,3	94	88,5	0,352	98	1	Nina (2014)
204a	1523	137	46,9	98	89	0,323	98	1	Nina (2014)
002a	2385	139	48,9	100	89,5	0,262	98	1	Nina (2014)
027a	2710	138	49,3	99	90	0,361	97,7	1	Nina (2014)
296a	1536	134	48,9	95	91,5	0,395	98	1	Nina (2014)
156a	2307	133	48	94	90	0,296	97,9	1	Nina (2014)
064a	2772	137	49,1	98	90,5	0,463	98,3	1	Nina (2014)
003a	1595	138	49,1	98	89	0,266	98,4	1	Nina (2014)
119a	1766	137	48,5	98	90,5	0,27	97,7	1	Nina (2014)
Cupiv	1156	110	62,6	85	97	0,465	99,8	1	Gonzales (2019)
Illpa INIA-406v	1225	112	62,8	86	97	0,522	94,8	1	Gonzales (2019)
Chillihua*	1196	121	66,1	96	91	0,488	92	1	Gonzales (2019)
Puca(v)	1350	152	44,7	-	99,5	0,65	-	2	Chahua (2020)
Isualla(v)	1598	144	51,1	-	99,75	0,57	-	2	Chahua (2020)
Chilliwa Rosada(v)	1461	147	53,6	-	98,5	0,8	-	2	Chahua (2020)
Cunacotana(v)	1499	146	54,1	-	99	0,6	-	2	Chahua (2020)
Chilliwa(v)	1233	161	46,9	-	98,5	0,74	-	2	Chahua (2020)
K'ello(v)	1365		56	-	98,75	0,61	-	2	Chahua (2020)
Toncco q'ello(v)	1255	153	48,2	-	99,5	0,7	-	2	Chahua (2020)
Pitojiura(v)	1306	146	44,4	-	98	0,61	-	2	Chahua (2020)
Cupi(v)	1233	145	51,8	-	99	0,57	-	2	Chahua (2020)
Illpa INIA-406(v)	1507	138	56,5	-	99,5	0,61	-	2	Chahua (2020)

v: Variedad. e: Ecotipo. a: Acceso.

1: Irrigación Majes, Provincia de Caylloma, Región de Arequipa.

2: Centro Poblado de Camacani, Plateria, Región Puno.

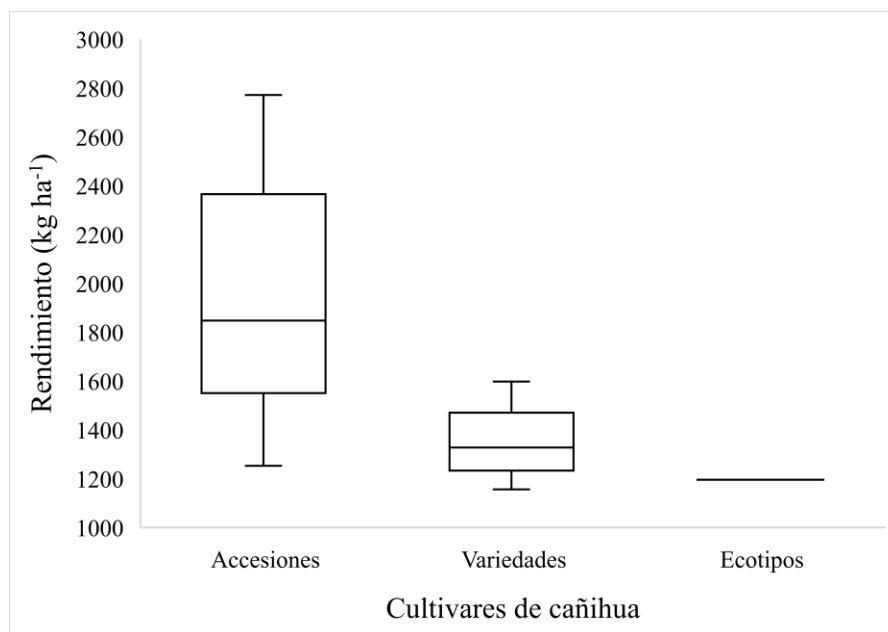


Figura 4. Rendimiento de la cañihua en diferentes categorías. Adaptado de Nina (2014), Gonzales (2019), Chahua (2020).

Figure 4. Yield of cañihua in different categories. Adapted of Nina (2014), Gonzales (2019), and Chahua (2020).

Diversidad genética de la cañihua en el Perú

La cañihua es un cultivo que no está completamente domesticado, lo cual se refleja en la gran variedad de colores, tamaño, hábitos de crecimiento y heterogeneidad en la producción de los granos que presenta la planta. Hasta el momento, el Banco de Germoplasma de la EEA Illpa-INIA, Puno, conserva 430 accesiones de cañihua y se estima que existen hasta 48 ecotipos que se comercializan en ferias rurales (Apaza 2010). Esta organización también reporta la creación de tres variedades mejoradas: Cupi, Ramis e Illpa INIA 406, obtenidas mediante métodos de selección individual y estudios de estabilidad de rendimiento. Sin embargo, según los agricultores rurales, estas variedades aún no superan a algunos ecotipos en resistencia a heladas y granizadas (Bravo *et al.* 2010).

Los estudios sobre la diversidad genética de la cañihua en el Perú son aún insuficientes. Uno de los primeros estudios significativos fue realizado por Mamani (2013), quien caracterizó molecularmente 26 accesiones de cañihua de la región de Puno mediante marcadores AFLP y encontró polimorfismos únicos en cada una de ellas.

Moscoso-Mujica *et al.* (2017) evaluaron las fracciones proteicas de las variedades Ramis y Cupi, y encontraron similitudes en sus patrones electroforéticos. Ríos *et al.* (2020) identificaron el metabolito delfinidina-O-(6"-O- α -ramnopiranosil- β -glucopiranosido) como un biomarcador potencial para discriminar entre las variedades Ramis y Chilliwa mediante un enfoque metabolómico. Estos estudios son herramientas potenciales para caracterizar la diversidad genética, pero se requiere abarcar más accesiones, ecotipos y variedades para un inventario completo de los recursos genéticos de esta especie y aprovecharlos eficientemente.

Este enfoque ya ha sido abarcado en Bolivia, donde se ha logrado caracterizar alrededor de 445 accesiones de cañihua en su territorio, clasificándolas en tres grupos de acuerdo con su utilidad potencial: producción de semilla y forraje, cobertura natural en suelos degradados y cosecha manual o mecanizada en parcelas de producción (Pinto y Rojas 2016).

Estudios de otros países ya corroboraron el uso de herramientas moleculares como marcadores RAPD (Ruas *et al.* 1999), microsatélites (Vargas *et al.* 2011) y citogenéticos (Kolano *et al.* 2011) en cañihua para el estudio de la diversidad genética. Además, el secuenciamiento del genoma de cañihua realizado por Mangelson *et al.* (2019) permitirá el uso de técnicas modernas de mejoramiento como la selección genómica y la caracterización de genes relacionados con la resistencia abiótica. Esta información servirá como precedente para futuros estudios de caracterización genética y programas de mejoramiento en el Perú.

Perspectivas agroindustriales

El consumo tradicional de cañihua se basa en el proceso de tostar y moler sus granos, lo que genera una harina denominada “cañihuaco”. Esto ha servido de materia prima para la elaboración de diferentes derivados culinarios como las galletas y panes. Gracias a sus cualidades nutricionales, la cañihua presenta un gran potencial para la creación de productos derivados para la industrialización. Por eso, Choquehuanca (2005) observó una gran oportunidad de negocio para la venta de galletas con cañihua germinada y chocolate en las regiones que presentan un conocimiento tradicional de esta especie como Arequipa, Cusco y Juliaca. Con una perspectiva similar, Juárez y Quispe (2016) propusieron una galleta con base en un 50% de harina de cañihua, junto con un 17% de lactosuero y 7% de salvado de trigo, la cual presentó buenas características organolépticas para su consumo. Este tipo de productos presenta mayor aceptabilidad en la población, siempre que tengan buen sabor, sean saludables y tengan una buena oportunidad de emprendimiento dentro de la capital del Perú (Quispe *et al.* 2017).

También, es viable usar la cañihua como un sustituto parcial o total de la harina de trigo, durante la elaboración de fideos, lo que muestra una buena calidad y aumenta, así, el valor nutritivo del producto (Alvarado 2010). De manera similar, se evaluó el empleo de cañihua en la preparación de magdalenas, las cuales fueron aceptadas rápidamente por los consumidores (Sotomayor 2019). También, se ha propuesto su utilización para la elaboración de panes libres de gluten, donde la harina de cañihua reemplaza a la de trigo y tiene muy buena aceptabilidad (Zegarra *et al.* 2019). Por otra parte, no se ha observado variación de las propiedades nutricionales durante los procesos de germinación y extrusión del grano de cañihua durante su procesamiento (Huanatico 2008). Sin embargo, el tiempo adecuado en estos procesos es importante para mantener los compuestos fenólicos (Castillo 2010). Asimismo, el procesamiento del grano mediante la expansión por explosión mejora sus propiedades funcionales en comparación al proceso de tostado (Tacora *et al.* 2010).

Todas estas evidencias brindan un panorama alentador en cuanto a la expansión agroindustrial en el Perú, la cual se incrementará de manera exponencial a medida que la investigación científica en la cañihua impulse el valor agregado del producto.

Consideraciones finales

El cultivo de cañihua en el Perú tiene un gran potencial para su industrialización. Esto se logrará mediante estudios que evalúen la diversidad genética de esta especie y caractericen sus poblaciones en el país a través de enfoques agronómicos, químicos, moleculares y genómicos. De esta forma, será posible aprovechar más eficientemente este recurso, crear nuevas variedades con mejores propiedades nutricionales y nutraceuticas en sus granos, así como mayor rendimiento y homogeneidad en la producción. Esto aumentará la rentabilidad de la producción de cañihua, lo que atraerá a más agricultores a cultivar esta especie y permitirá expandir las áreas y regiones de cultivo en el país. Este avance no solo impulsará la comercialización de cañihua en el mercado nacional, sino también su exportación a países que demandan nuevos alimentos orgánicos con alto valor nutritivo.

Literatura citada

Abderrahim, F; Huanatico, E; Repo-Carrasco-Valencia, R; Arribas, S; González, M; Condezo-Hoyos, L. 2012. Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). Journal of Cereal Science 56(2):410-417. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.013>

Alvarado, U. 2010. Elaboración de fideos precocidos a partir de harina de cañihua (*chenopodium pallidicaule* Allen) como sustituto parcial de la harina de trigo (*triticum vulgare*). Tesis Lic. Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano. 120 p.

Apaza, V. 2010. Manejo y mejoramiento de kañiwa. Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA. Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA. Bioversity International e International Fund for Agricultural Development-IFAD. Puno, Perú. Disponible en http://www.nuscommunity.org/uploads/tx_news/Libro_Manejo_y_Mejoramiento_Ka%C3%B1iwa.pdf

Bartolo, D. 2013. Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Revista de Investigación Universitaria 2(1):47-53.

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. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2019.454>

Bravo, R; Valdivia, R; Andrade, K; Padulosi, S; Jäger, M. 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú. Bioversity International, Rome, Italy. p. 115-116.

Callohuanca, M; Mamani, E; Mamani, J; Canaza, A. 2021. Perigonium color and the antioxidant capacity of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Revista de Ciencias Agrícolas 38(2):99-110. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.164>

Castillo, E. 2010. Determinación de la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la germinación y extrusión en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis Lic. Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano. 145 p.

Chahua, J. 2020. Comportamiento agromorfológico de diez accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Centro Experimental Camacani Puno. Tesis Lic. Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano. 124 p.

Choquehuanca, V. 2005. Determinación de mercado para galletas con cañihua germinada y chocolate y con quinua expandida en Arequipa. Cusco y Juliaca. Tesis Mg. Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano. 86 p.

CIEN (Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales). 2024. Granos andinos: evolución del mercado internacional y nacional. Disponible en https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2024/06/CIEN_NSIM2_Junio_Granos-Andinos.pdf

Coronado-Olano, J; Repo-Carrasco-Valencia, R; Reategui, O; Toscano, E; Valdez, E; Zimic, M; Best, I. 2021. Inhibitory activity against α -amylase and α -glucosidase by phenolic compounds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) from the Andean region of Peru. Pharmacognosy Journal 13(4):896-901. DOI: <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2021.13.115>

Fernández, D; Mendoza, R. 2023. Formulación y elaboración de conservas de caballa en salsas de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus Caudatus*). Tesis Lic. Nuevo Chimbote, Perú, Universidad Nacional del Santa. 121 p.

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 Lic. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 112 p.

Huamani, F. 2018. Evaluación del perfil químico nutricional y actividad antioxidante de tres ecotipos de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) procedentes de Puno. Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Peruana Cayetano Heredia. 52 p.

Huanatico, E. 2008. Efecto del germinado y extrusión sobre el contenido de aminoácidos de la cañihua (*chenopodium pallidicaule* Aellen) y su elaboración de donas. Tesis Mg. Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano. 137 p.

Hurtado, J; Rodríguez, J. 2011. Elaboración de una bebida láctea enriquecida con harina de cañihua (*chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*amaranthus caudatus*). Tesis Lic. Trujillo, Perú, Universidad Nacional de Trujillo. 95 p.

Juárez, S; Quispe, M. 2016. Aceptabilidad y evaluación proteica de galletas integrales elaboradas con harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), Lactosuero y Salvado de Trigo. Tesis Lic. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín. 97 p.

Kolano, B; Gardunia, B; Michalska, M; Bonifacio, A; Fairbanks, D; Maughan, P; Coleman, C; Stevens, M; Jellen, E; Maluszynska, J. 2011. Chromosomal localization of two novel repetitive sequences isolated from the *Chenopodium quinoa* Willd. Genome 54(9):710-717. DOI: <https://doi.org/10.1139/g11-035>

La Rosa, R; Anaya, E; Flores, Z; Bejarano, M; Brito, L; Pérez, E. 2016. Germinación de *Chenopodium Pallidicaule* Aelle “kañiwa” bajo diferentes condiciones de salinidad y temperatura. The Biologist (Lima), 14(1):5-10. Disponible en <https://es.scribd.com/document/372656934/Germinacion-de-Canihua>

Ligarda, C; Repo-Carrasco, R; Encina, C; Herrera, I; Quinde-Axtell, Z. 2012. Extracción con soluciones neutra y alcalina para el aislamiento de fibra soluble e insoluble a partir de salvado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.). Revista de la Sociedad Química del Perú 78(1):53-64. Disponible en <https://lc.cx/doisgw>

Macuchapi, W; Trigo, R; Chipana, G; Rodríguez, J. 2018. Efecto de tres métodos de cosecha sobre el desgrane de seis cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en el Altiplano Norte, Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 5(2):90-100. Disponible en <https://lc.cx/hwqINY>

Mamani, E. 2013. Caracterización molecular de 26 accesiones de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) con mayor rendimiento en grano: altiplano-Puno. Tesis PhD. Puno, Perú, Universidad Nacional del Altiplano. 91 p.

Mangelson, H; Jarvis, D; Mollinedo, P; Rollano-Penaloza, O; Palma-Encinas, V; Gomez-Pando, L; Jellen, E; Maughan, P. 2019. The genome of *Chenopodium pallidicaule*: an emerging Andean super grain. Applications in Plant Sciences 7(11):e11300. DOI: <https://doi.org/10.1002/aps3.11300>

Mayta, N. 2019. Prospectiva económica de la producción y comercialización de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la región Puno. Tesis Mg. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina. 109 p.

Medina, W. 2018. Revaloración del cultivo y del potencial agroindustrial de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y su empleo en el diseño de una nueva matriz alimentaria (cañihuarroz) como una alternativa en la mejora en la alimentación y nutrición de la población peruana. Disponible en <https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/PPT-Caihua.pdf>

MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). 2023. Nota técnica de coyuntura económica agraria N°. 011-2023-MIDAGRI. Los granos andinos en el Perú. Lima, Perú. Ene. 2024. Disponible en <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4769910/N.%C2%B0011%7C%20Los%20granos%20andinos%20en%20el%20Per%C3%BA.pdf?v=1687898415>

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2018. Nota Técnica de Granos Andinos. Lima, Perú. Abril de 2022. 10 p.

Moscoso-Mujica, G; Zavaleta, A; Mujica, A; Santos, M; Calixto, R. 2017. Fraccionamiento y caracterización electroforética de las proteínas de la semilla de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Revista Chilena de Nutrición 44(2):144-152. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182017000200005>

Nina, A. 2014. Comportamiento agronómico de diez accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en zonas áridas. Tesis Lic. Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 81 p.

Pinto, M; Rojas, W. 2016. Variabilidad genética de la colección del germoplasma de cañahua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) de Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 3(2):125-133. Disponible en <https://lc.cx/gATW-a>

Poma, K. 2018. Actividad antihipertensiva, hipocolesterolémica y antioxidante de hidrolizados proteicos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) mediante estudios en vivo. Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 130 p.

Quispe, J; Guevara, M; Aguilar, S; Flores, G; Velásquez, W; Quispe, C. 2022. Implicancias del cambio climático en el rendimiento de la producción de *Chenopodium Pallidicaule* (cañihua) en Lampa, Región Puno-Perú. Revista Alfa 6(16):107-119. DOI: <http://dx.doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i16.153>

Quispe, J; Ramírez-Chulluncuy, M; Salazar, E; Ticse, G; Vargas, S. 2017. Elaboración de galletas naturales nutritivas a base de "cañihua". Tesis Bach. Lima, Perú, Universidad San Ignacio de Loyola. 238 p.

Repo, R; Encina, C. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Revista de la Sociedad Química del Perú 74(1):85-99. Disponible en <https://lc.cx/vcuRoz>

Repo-Carrasco, R; Acevedo, A; Icochea, J; Kallio, H. 2009. Chemical and functional characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) grain, extrudate and bran. Plant Foods for Human Nutrition 64(2):94-101. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-009-0109-0>

Repo-Carrasco, R; Espinoza, C; Jacobsen, S. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International 19(1-2):179-189. DOI: <https://doi.org/10.1081/fri-120018884>

Repo-Carrasco, R; Hellström, J; Pihlava, J; Mattila, P. 2010. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Food Chemistry 120(1):128-133. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>

Repo-Carrasco-Valencia, R. 2020. Nutritional value and bioactive compounds in andean ancient grains. Proceedings 53(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/proceedings2020053001>

Reyes, M; Gómez, I; Espinoza, C. 2017. Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud del Perú, Instituto Nacional de Salud, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Enero de 2024, Perú. s. p.

Ríos, C; Espichán, F; Ruiz, C; Rojas, R. 2020. Búsqueda de biomarcadores para la discriminación de las variedades de kañiwa (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) “Chilliwa” y “Ramis” por medio de metabolómica non-targeted. Revista de la Sociedad Química del Perú 86(1):13-23. DOI: <https://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v86i1.266>

Robinson, S; Mason, D; Islam, S; Cenacchi, N; Creamer, B; Gueneau, B; Hareau, G; Kleinwechter, U; Mottaleb, K; Neduraman, S; Robertson, R; Rosegrant, M; Sika, G; Sulser, T; Wiebe, K. 2015. Climate change adaptation in agriculture: ex ante analysis of promising and alternative crop technologies using DSSAT and IMPACT. IFPRI Discussion Paper 1469. Washington, D. C., USA. Disponible en <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/129694>

Rodríguez, J; Jacobsen, S; Andreassen, C; Sørensen, M. 2020. Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*): a promising new crop for arid areas. In: Hirich, A; Choukr-Allah, R; Ragab, R (eds.). Emerging Research in Alternative Crops. Environment & Policy 58:221-243. Cham, Suiza, Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-90472-6_9

Ruas, P; Bonifacio, A; Ruas, C; Fairbanks, D; Anderson, W. 1999. Genetic relationship among 19 accessions of six species of *Chenopodium* L., by Random Amplified Polymorphic DNA fragments (RAPD). Euphytica 105(1):25- 32. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1003480414735>

Sotomayor, W. 2019. Caracterización de magdalenas de cacao y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) usando la prueba sensorial Check-All-That-Apply (CATA) y el método Taguchi. Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Peruana Unión. 122 p.

Sucari, M. 2003. Determinación de humedad y presión en el proceso de expansión por explosión para dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis Lic. Puno, Perú Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. s. p.

Tacora, R; Luna, G; Bravo, R; Mayta, J; Choque, M; Ibañez, V. 2010. Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). CienciAgro. Journal de Ciencia Tecnología Agraria 2(1):188-198.

Tapia, M. 2017. Industrialización de la cañihua en el Centro Promotor de la Industrialización de la Kañiwa. Universidad Global (01):54.

Vargas, A; Elzinga, D; Rojas-Beltran, J; Bonifacio, A; Geary, B; Stevens, M; Jellen, E; Maughan, P. 2011. Development and use of microsatellite markers for genetic diversity analysis of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Genetic Resources and Crop Evolution 58:727-739. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-010-9615-z>

Zegarra, S; Muñoz, A; Ramos-Escudero, F. 2019. Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial. Revista Chilena de Nutrición. 46(5):561-570. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>



Agronomía Costarricense, Universidad de Costa Rica.

Se encuentra licenciada con [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr