

CARACTERÍSTICAS DEL GRANO DE LÍNEAS SELECCIONADAS DE QAÑAWA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) TIPO SAIWA Y LAST'A EN EL PROCESO DE POS COSECHA

Grain characteristics of selected lines of qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Saiwa and Last'a type in the post-harvest process

Mariel Bonifacio-Callisaya¹, Alejandro Bonifacio-Flores²

RESUMEN

El programa de mejoramiento del Centro de Investigación Kiphakphani, ha generado líneas promisorias de qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) según su comportamiento agronómico. El material genético requiere de evaluación complementaria en aspectos de pos cosecha. Por lo que se ha propuesto evaluar cinco líneas del tipo Saiwa y cinco del tipo Last'a los objetivos han sido describir las características del grano, evaluar el volumen de expansión del grano en la obtención de pipoca, determinar el peso porcentual del perigonio del perigonio (grano entero y grano pulido) y evaluar el rendimiento de hojuela entera y sémola. El grano (con y sin perigonio) de las líneas fue sometida a examen visual y descrito según el descriptor específico para qañawa (IPGRI et al., 2005), luego se registró el color del grano, aspecto del perigonio y la forma de la semilla. Para la obtención de pipoca, el grano fue lavado y acondicionado para el proceso de expandido mediante el método tradicional (olla de arcilla). En la pipoca obtenida fue registrado el peso y volumen. El peso hectolítico del grano fue determinado sobre la base de grano con y sin perigonio y la hojuela fue obtenida mediante laminado. Las variables cuantitativas fueron evaluadas bajo el diseño experimental de Bloques Completos al Azar. Las líneas de qañawa presentan el grano con aspecto del perigonio cerrado, excepto una línea que tiene el perigonio semi cerrado. El color del grano cubierto por el perigonio incluye el gris, rojo, amarillo y anaranjado, mientras que el color de la semilla incluye el café y negro de forma subcilíndrico con borde cónico. La pipoca obtenido de las líneas de qañawa presenta forma esferoidal como la más frecuente y la forma de número ocho como la menos frecuente, el volumen de expansión máxima de la pipoca alcanza hasta 154.4 % respecto al volumen de grano sometido a expansión y el volumen mínimo de 55.56 %. El peso hectolítico del grano cubierto por el perigonio es menor (62.025 kg hl⁻¹) frente al peso de grano sin perigonio (81.225 62.025 kg hl⁻¹). El porcentaje de obtención de grano pulido es de 87.456 % y la pérdida de peso representado por el peso de perigonio es de 12.546 %. El peso de hojuela entera expresado en porcentaje respecto al peso total de hojuela fue de 84.15 % y el menor porcentaje de 68.88 % que tiene relación inversa con el peso de sémola al interior de la hojuela integral. En conclusión, las líneas seleccionadas de qañawa Saiwa y Last'a presentan variación es características pos cosecha tales como en color de grano con perigonio, grano sin perigonio, peso de perigonio, peso hectolítico (de grano entero y grano pulido), volumen de expansión de pipoca y rendimiento de hojuela, dichas variables registradas en pos cosecha, conducen a seleccionar líneas de qañawa por calidad industrial y pueden contribuir a la obtención de valor agregado en el grano de qañawa.

Palabras clave: qañawa Saiwa, qañawa Last'a, líneas de qañawa, evaluación pos cosecha.

ABSTRACT

The breeding program of the Kiphakphani Research Center has generated promising lines of qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) according to their agronomic behavior. The genetic material requires complementary evaluation in post-harvest aspects. Therefore, it has been proposed to evaluate five lines of the Saiwa type and five of the Last'a type. The objectives have been to describe the characteristics of the grain, evaluate the volume of grain expansion in obtaining qañawa-pop, determine the percentage weight of the perigonium (whole grain and polished grain) and evaluate the performance of whole flake and semolina. The grain (with and without perigonium) of the lines was subjected to visual examination and described according to the specific descriptor for qañawa (IPGRI et al., 2005), then the color of the grain, appearance of the perigonium and the shape of the seed. To obtain qañawa-pop, the grain was washed and conditioned for the expanding process using the traditional method (clay pot). In the obtained pop, the weight and volume were recorded. The hectoliter weight of the grain was determined based on grain with and without perigonium and the flake was obtained by rolling. The quantitative variables were evaluated under the experimental design of Randomized Complete Blocks. The qañawa lines present the grain with the appearance of a closed perigonium, except for one line that has a semi-closed perigonium. The color of the grain covered by the perigonium includes gray, red, yellow and orange, while the color of the seed includes brown and black with a subcylindrical shape with a conical edge. The pop obtained from the qañawa lines has a spheroidal shape as the most frequent and the number eight shape as the least frequent, the maximum expansion volume of the pop reaches up to 154.4% with respect to the volume of grain subjected to expansion and the minimum volume of 55.56%. The hectoliter weight of the grain covered by the perigonium is lower (62,025 kg hl⁻¹) compared to the weight of grain without the perigonium (81,225 62,025 kg hl⁻¹). The percentage of polished grain is 87.456% and the weight loss represented by the weight of perigonium is 12.546%. The weight of the whole flake expressed as a percentage of the total weight of the flake was 84.15% and the lowest percentage was 68.88%, which has an inverse relationship with the weight of semolina inside the whole flake. In conclusion, the selected lines of qañawa Saiwa and Last'a present variation in post-harvest characteristics such as grain color with perigonium, grain without perigonium, perigonium weight, hectoliter weight (whole grain and polished grain), expansion volume of pop and flake yield, these variables recorded post-harvest, lead to selecting qañawa lines for industrial quality and can contribute to obtaining added value in the qañawa grain.

Keywords: Qañawa Saiwa, Qañawa Last'a, qañawa lines, post-harvest evaluation.

¹ Asistente de Investigación, Fundación PROINPA, Bolivia. ORCID: [0009-0008-7388-5993](https://orcid.org/0009-0008-7388-5993). mariel.b.c.f.11@gmail.com

² Investigador Principal, Fundación PROINPA, Bolivia. ORCID: [0000-0003-1185-3423](https://orcid.org/0000-0003-1185-3423). a.bonifacio@proinpa.org

INTRODUCCIÓN

La qañawa, qañawi, cañahua o kañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), es una especie que se cultiva en zonas marginales (3 000 a 4 000 m s.n.m.) del altiplano de Bolivia y Perú de donde es originaria. Los aspectos morfológicos de la planta son el hábito de crecimiento y el color de planta. Los morfotipos con hábito de crecimiento con ramas abiertas o alejadas del tallo principal se conocen como Last'a y las de crecimiento con ramas paralelas al tallo principal se conoce como Saiwa (Apaza, 2010; Tapia y Fries, 2007; Bonifacio-Callisaya, 2022).

La producción de qañawa tiene propósito múltiple por sus características propias de la planta y del grano. La planta es tolerante a heladas y al granizo en niveles mucho mayores que la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y por la precocidad escapa de la sequía (Bonifacio-Callisaya, 2022). Para Gade (1970), la qañawa es la fuente de producto alimenticio en un ambiente donde practicar agricultura es más dificultosa. A pesar de las características favorables para la producción en ambientes adversos, la qañawa es un cultivo menos estudiado en su propio centro de origen (Tapia y Fries, 2007).

La producción de qañawa en Bolivia es considerada como de subsistencia y de menor escala, aunque Cárdenas (1989) recuerda que durante la guerra del Chaco (1932-1935) existía grandes cantidades de pitu de qañawa en los almacenes de abastecimiento del ejército, lo que refleja la importancia del producto elaborado de qañawa para caminatas largas propias de la campaña bélica. La importancia de la qañawa ha sido resumido por Estaña y Muñoz (2012): aumenta la variedad de alimentos disponibles en zonas altas, mejora el estado nutricional, tolera a factores adversos, no necesita insumos costosos, fácil almacenamiento para periodos de escases, conserva y eleva la fertilidad del suelo, resistente a plagas y enfermedades, fuente de ingresos para las familias rurales en especial a las mujeres que viven en altitudes de 3 500 y 4 200 m s.n.m., estimulan a las agroindustrias pequeñas y grandes y puede convertirse en una fuente de divisas al exportar sus productos derivados.

El grano es el principal producto del cultivo de qañawa que se emplea en la alimentación de los pobladores que viven en zonas marginales para la agricultura debido a la altitud (3 000 a 4 500 m s.n.m.)

y el régimen climático adverso (heladas y sequia). El grano de qañawa presenta alta calidad nutritiva por el contenido balanceado de aminoácidos esenciales, contenido de hierro y zinc (Repo-Carrasco, 2014).

Según Repo-Carrasco (2014), la qañawa contiene 18.8 g 100g⁻¹ de proteína frente a 14.4 g 100g⁻¹ en la quinua, la composición de sus constituyentes (albuminas y globulinas) se presenta en forma balanceada y los aminoácidos esenciales similar a la composición de la proteína de la leche (caseína). La qañawa y la quinua pueden ser empleadas en mezclas alimenticias para el destete de los niños (Repo-Carrasco et al., 2003).

A diferencia de la quinua, el grano de qañawa no contiene saponina (Bonifacio-Flores, 2018), aunque otros autores sostienen la presencia de saponina (Rastrelli et al., 1997; Guzmán et al., 2013; Villa et al., 2014; Quiroga et al., 2018). En el aprovechamiento milenario del grano de la qañawa incluido su pariente silvestre (illama), éste no presenta sabor amargo propia de la saponina, lo cual hace que el beneficiado del grano antes del consumo sea menos laboriosa y de menor costo especialmente en la economía del agua empleado en relación al desaponificado de la quinua.

Por las características de la planta de qañawa, sus propiedades del grano y el proceso pos cosecha, la qañawa es el recurso genético más apropiado para el contexto con menos disponibilidad de agua dulce impuesto por el cambio climático particularmente en el altiplano.

La qañawa presenta cáliz envolvente que encierra totalmente el fruto (Planchuelo, 1975). Al respecto, Tapia y Fries (2007), mencionan que el fruto de la qañawa está cubierto por el perigonio de color gris, el pericarpio es delgado y traslúcido cuya semilla es pequeña (1.0 a 1.3 mm de diámetro) de color negro o café.

El grano de qañawa tiene colores que están directamente relacionados con el color de la planta. Callohuanca-Pariapaza et al. (2021) concluyeron que el color del perigonio exhibió capacidad antioxidante y esta propiedad presentó relación directa con el contenido de flavonoides.

Según los resultados del estudio de la producción y comercialización obtenidos por Alanoca en 2006, la

qañawa es consumida como pitu (grano tostado y molido) seguida de la thayacha (panecillos de qañawa congelados) y finalmente en p'isq'i (masamorra). Por entonces, el uso de la qañawa en hojuela no ha sido mencionado para el altiplano de Bolivia.

Cuba (2013), ha recopilado la experiencia en la producción y consumo de la qañawa en las comunidades de Ayllu Majasaya Mujlli, reportando que el pitu de cañahua es el producto más inmediato e importante para consumo familiar; además, el pitu se comercializa en mercados locales y constituye una fuente de ingresos importantes para los productores. Quiroga (2015), ha recabado información de los productos elaborados que incluyen qañawa, destacándose el pitu de qañawa (53.8 %) como el producto elaborado que ofertan las empresas de Cochabamba y con menos oferta (23.1 %) se encuentran las granolas, pipoca y refrescos instantáneos. Según Churata (2015) el contenido de proteína del pitu de qañawa es de 13.7 %.

El reducido consumo de la qañawa en la población urbana se atribuye a varios factores, siendo la falta de valor agregado y la diversificación de los usos como los factores que limitan el consumo. El consumo del grano de qañawa, puede tener diversas formas de presentar, lo cual se obtiene de los procesos de agregación de valor en pos cosecha, pudiendo ser en forma de grano entero o grano laminado que se obtienen pasando los granos previamente beneficiados a través de rodillos giratorios en sentido contrario (Paitan y Taira, 2022).

Con respecto al procesamiento de la qañawa, Apaza (2010), menciona que los productos procesados de qañawa tiene demanda creciente, entre los productos elaborados se tienen harinas, expandidos, hojuelas y mezclas fortificadas.

Peñarrieta et al. (2008), demostraron que la qañawa contiene valores de capacidad antioxidantes altos en comparación con otros granos incluida la quinua. Churata (2015), ha elaborado una bebida instantánea de cañahua con actividad antioxidante que luego del análisis de laboratorio evidenció mayor contenido de hierro y magnesio superando los requerimientos diarios de niños de 7 a 9 años de edad.

Las operaciones de cosecha y pos cosecha de qañawa es distinta a las de la quinua, sin embargo, frecuentemente se maneja similar a la quinua. Por lo

que es necesario describir y evaluar las diferentes etapas del proceso de pos cosecha orientados a la obtención del producto para el consumo.

El programa de mejoramiento genético de qañawa del Centro de Investigación Kiphakiphani, ha seleccionado líneas promisorias de los morfotipos Saiwa y Last'a. Este material genético no ha sido evaluado en las variables que involucra las diferentes etapas de pos cosecha, planteándose los siguientes objetivos: 1) Describir las características del grano, 2) Evaluar el volumen de expansión del grano en la obtención de pipocas de qañawa, 3) Determinar el peso porcentual del perigonio y el peso hectolítrico en el grano de qañawa y 4) Evaluar el rendimiento de hojuela en las líneas de qañawa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de investigación ha tenido lugar en el Centro de Investigación Kiphakiphani perteneciente a la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) ubicada en el municipio de Viacha de la provincia Ingavi del departamento de La Paz, Bolivia. El sitio de trabajo se encuentra a una altitud de 3 880 m s.n.m., con coordenadas geográficas de 16°49'39" Latitud Sur y 68°40'30" Longitud Oeste. La precipitación pluvial anual es de 573.29 ± 82.06 mm, temperatura mínima 11.63 °C, máxima 21.89 y media de 6.0 °C.

El material genético para la investigación estuvo integrado por el grano cosechado de cuatro líneas promisorias de tipo Saiwa, cuatro líneas de tipo Last'a y dos variedades como testigo de comparación de ambos fenotipos. Las diferencias de los morfotipos de qañawa se pueden observar en las Figuras 1 y 2.



Figura 1. Qañawa morfotipo Last'a.



Figura 2. Qañawa morfotipo Saiwa.

Para la descripción de las características del grano cubierto por el perigonio y sin perigonio se ha empleado el descriptor de qañawa (IPGRI et al., 2005), probeta de 10 cc, balanza digital (0.1 g).

Los materiales para la obtención de pipocas de qañawa fueron agua de grifo, determinador digital de humedad (AGRATRONIX MT-PRO), balanza de precisión, probeta graduada (100 cc), cocina a gas de dos hornallas, ollas de arcilla (jik'i o jiwk'i), mango agitador, toalla de tella, platos desechables y recipientes de plástico.

El método tradicional para la obtención de pipocas o tostado de qañawa fue adaptado de los descritos por Cuba (2013), Mariscal y Mathez-Stiefel (2010) y Rojas et al. (2010); además del método de expansión del grano de amaranto (Ramirez-Perez et al., 2018 y 2022). El proceso consistió en toma de muestra, lavado de grano (Figura 3), pre-secado, calentado, tostado, separación de trozos de perigonio, determinación del volumen del tostado, tamizado registro de peso de los componentes del tostado (grano reventado y no reventado). La muestra de grano tomado para cada repetición fue de 30 cc de volumen con peso que tuvo una variación de 18 y 20.3 gramos.



Figura 3. Proceso de preparación de grano de qañawa para el tostado.

El peso hectolítrico se determinó para el grano entero o cubierto por el perigonio y para el grano sin perigonio. Para el primer caso, se empleó grano limpio de impurezas y para el segundo caso, el grano fue previamente pulido en la pulidora semi industrial de quinua y se procedió al venteo del mismo para remover el polvillo generado en el proceso.

Las muestras de grano de qañawa (entero o pulido) fueron cuidadosamente introducidos a una probeta del 10 cm³ y luego determinado el peso. El dato registrado en g cm⁻³ según la siguiente Ecuación 1:

$$PH = P/V \quad (1)$$

Dónde: PH = peso hectolítrico; P = peso (g); V = volumen (cc).

El dato registrado fue transformado a kg por 100 litros.

Para evaluar el rendimiento de hojuela de qañawa, primeramente, se la obtenido el grano perlado (grano pulido y lavado), posteriormente se ha procedido al laminado u obtención de hojuela propiamente dicho.

El grano de las 10 líneas de qañawa previamente registrado el peso de muestra, fue sometido a proceso de escarificación en una pulidora semi industrial para quinua, el grano pulido separado del polvillo generado mediante venteo. El grano pulido fue lavado con agua de grifo empleando bañadores de plástico y el grano lavado fue secado sobre una tela de algodón y exponiendo a temperatura ambiente. En cada etapa del proceso, se ha registrado el peso de la muestra y con los datos se ha determinado el porcentaje de peso del perigonio correspondiente.

Para obtener hojuela de qañawa, se ha empleado grano perlado (pulido, lavado) tomando 100 g de muestra por cada línea y con cuatro repeticiones (Figuras 4 y 5). El proceso del laminado de qañawa incluyó los siguientes pasos: humedecimiento del grano perlado hasta 14.5 % de humedad determinado por el equipo AGRATRONIX, limpieza de rodillos de la laminadora antes y después de procesar cada muestra, laminado del grano en laminadora semi industrial de quinua, recogida de la hojuela integral en bandejas y transferida a platos desechables en forma individualizada por cada variedad y repetición. La hojuela obtenida fue secado a temperatura ambiente bajo sombra, luego se registró del peso de hojuela con una balanza digital y el volumen de hojuela en una probeta de 1 000 cc. Posteriormente la hojuela de cada línea y repetición fue tamizada con malla estándar ATM 10 que permitió obtener en forma diferenciada la hojuela entera y la sémola; finalmente se determinó el porcentaje de cada componente.

El diseño experimental adoptado para evaluar variables cuantitativas en el proceso de tostado y laminado fue el de Bloques Completos al Azar con tres y cuatro repeticiones respectivamente. El bloqueo fue adoptado en razón del periodo de tiempo que toma procesar las 10 muestras de qañawa por cada repetición. El análisis estadístico se realizó mediante el análisis de varianza bajo el siguiente modelo lineal aditivo (Ecuación 2):

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + u_{ij} \quad (2)$$

Donde: Y_{ij} = la variable aleatoria que representa la observación (i)-ésima del bloque (j)-ésimo; μ = efecto constante que mide el nivel promedio de respuesta para todas las unidades (media global); τ_i = efecto producido por el nivel i-ésimo del factor principal (líneas); β_j = efecto producido por el nivel j-ésimo del

factor secundario (bloque); u_{ij} = error experimental.

En caso de que las diferencias observadas fueron estadísticamente significativas, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple Duncan para obtener el agrupamiento de las líneas en función a similitud o diferencia de medias.



Figura 4. Grano con perigonio y sin perigonio.



Figura 5. Hojuela de qañawa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del grano

Según la tecnología tradicional de manejo pos cosecha de qañawa, en sus componentes de trilla y venteo, es diferente a la de la quinua; razón por la cual, el grano que se obtiene se encuentra cubierto por el perigonio a diferencia de la quinua que se obtiene grano libre de perigonio. Para fines de diferenciación del color de grano se tomó el color del perigonio y luego el color del epispermo. El pericarpio es delgado y transparente por lo que no influye en el color del grano. La Tabla 1 contiene el color de grano cubierto por el perigonio, color del epispermo y forma de la semilla según los criterios del descriptor de qañawa (IPGRI et al., 2005).

La Tabla 1 presenta las ocho líneas con perigonio cerrado y dos el aspecto semi cerrado. El perigonio cerrado no permite diferenciar el color de episperma, lo cual es una limitante para determinar la pureza del material genético en procesos de selección (mejoramiento). El color del perigonio de las líneas promisorias muestra diversidad que incluye el gris, gris oscuro, rojo y anaranjado. El color gris del grano cubierto con perigonio proviene de plantas de color verde y púrpura, mientras que los colores rojo, anaranjado y amarillo provienen plantas de color guindo, rojo y anaranjado.

El color del epispermo se reduce a dos colores, el café y el negro, aunque se evidencia tonalidades en color café. Según la forma de la semilla, las líneas de qañawa presentan las formas subcilíndrico y sublenticular con borde redondeado (Tabla 1).

Cárdenas en 1989, ha diferenciado los siguientes colores para grano cubierto por el perigonio: ceniciento, castaño claro y castaño oscuro; mientras que para el color de la semilla (sin perigonio), menciona los siguientes colores: pardo, pardo oscuro o de apariencia blanca oscura.

El color del grano de qañawa se puede diferenciar en función al color del perigonio que cubre la semilla y según el color de la semilla. Los pigmentos del perigonio son hidrosolubles y se pierden con el agua de lavado; mientras que el color del epispermo es permanente, lo que permite definir el color de la semilla. Por tanto, para fines de selección por color de grano se considera apropiado tomar en cuenta el color del epispermo como criterio de diferenciación, esto implica remover el perigonio del grano, puesto que el perigonio cerrado no permite observar el color del epispermo.

Tabla 1. Características del grano de qañawa en líneas promisorias.

Línea	Color planta	Aspecto perigonio	Color perigonio	Color episperma	Forma semilla	Borde semilla
S1	Púrpura	Semi abierto	Gris oscuro	Café	Subcilindrico	Redondeado
S2	Guindo	Cerrado	Rojo	Café oscuro	Subcilindrico	Redondeado
S3	Rojo	Cerrado	Anaranjado	Café claro	Sublenticular	Redondeado
S4	Púrpura	Cerrado	Gris	Café	Subcilindrico	Redondeado
S5 Akapuya	Anaranjado	Cerrado	Anaranjado	Café claro	Sublenticular	Redondeado
L1	Verde	Semi abierto	Gris oscuro	Negro	Subcilindrico	Redondeado
L2	Púrpura	Cerrado	Gris	Café claro	Sublenticular	Redondeado
L3	Rosado	Cerrado	Gris	Café oscuro	Sublenticular	Redondeado
L4	Púrpura	Cerrado	Gris	Café claro	Sucilindrico	Redondeado
L5 Illimani	Púrpura	Cerrado	Gris	Café oscuro	Suncilindrico	Redondeado

Características de la pipoca de qañawa en líneas promisorias

Las características cualitativas de la pipoca de qañawa de las 10 líneas están representados por la forma esferoidal como la forma más frecuente y en

forma de número ocho como la menos frecuente; sin embargo, tres líneas del tipo Saiwa fueron 100 % esferoidal (Tabla 2). Reynaga y Torrez (2016), al evaluar las pipocas de amaranto identificaron las siguientes formas: esferoidal, trébol y en forma de ocho.

Tabla 2. Características cualitativas de la pipoca en líneas promisorias de qañawa.

Línea	Color		Forma	
	Predominante	Secundario	Mas frecuente	Menos frecuente
S1	Blanco	Negro	Esferoidal	Número ocho
S2	Blanco	Café	Esferoidal	Número ocho
S3	Blanco	Café	Esferoidal	Trebol
S4	Blanco	Café claro	Esferoidal	Trebol
S5 Akapuya	Blanco	Café	Esferoidal	Trebol
L1	Negro	Café claro	Esferoidal	Número ocho
L2	Blanco	Café claro	Esferoidal	Número ocho
L3	Blanco	Café	Esferoidal	Número ocho
L4	Café claro	Café claro	Esferoidal	Número ocho
L5 Illimani	Blanco	Café claro	Esferoidal	Número ocho

Según el análisis de varianza, las diferencias observadas en volumen y peso de pipoca son altamente significativos para las líneas (Tabla 3), por lo que se deduce que al menos una línea de qañawa es diferente frente a las otras líneas. Estas diferencias

son para el volumen que alcanza y el peso que registra la pipoca. Las diferencias en expansión de las pipocas, se pueden visualizar en la Figuras 6 y la máxima expansión en la Figura 7.

Tabla 3. Cuadrados medios de análisis de varianza para peso y volumen de pipoca en líneas seleccionadas de qañawa.

Fuente de variación	g.l.	Volumen de pipoca		Volumen de pipoca	
		Cuadrados medios	Valor de p	Cuadrados medios	Valor de p
Bloque	2	1.30	0.1016	100.23	0.0167
Línea	9	2.20	0.0036	288.89	<0.0001
Error	18	0.50		19.34	
Total	29				

C.V. (%) = 4.72 C.V. (%) = 6.63

C.V.: coeficiente de variación, g.l.: grados de libertad.



Figura 6. Diferencias en expansión durante el proceso del tostado.



Figura 7. Pipocas con máxima expansión.

En la Tabla 4, se evidencia que para el peso de pipocas, las líneas Last'a (excepto L4) presentan los mayores pesos frente a las Saiwa, lo que puede atribuirse a la presencia de granos completamente llenados en el grupo Last'a y presencia de grano vanos en la muestra de grano obtenidos en el grupo Saiwa. En cambio, para el volumen de pipoca, los mayores volúmenes de expansión corresponden a las

líneas del tipo Saiwa (excepto la línea S1). De lo anterior se deduce que las líneas Saiwa serían las más apropiadas para elaborar pipocas de mayor volumen, por lo que este carácter sería un criterio de selección por calidad para pipoca. Según la apariencia del producto, el tamaño de pipoca es un criterio de calidad, lo cual depende del volumen de expansión durante el proceso de tostado.

Tabla 4. Prueba de Duncan para peso y volumen de pipoca expandido.

Peso de pipoca (grano expandido)			Volumen de pipoca (grano expandido)		
Línea	Medias (g)	Grupos	Línea	Medias (cc)	Grupos
L1	16.50	A	S3	76.33	A
L5	16.27	AB	S2	74.00	A
L3	15.27	ABC	L2	73.67	A
L2	15.17	BC	S4	73.67	A
S5	14.93	C	S5	72.67	A
S4	14.77	C	L4	69.00	B
S3	14.37	C	L3	61.00	B
S1	14.20	C	S1	59.67	B
L4	14.13	C	L5	56.67	B
S2	14.10	C	L1	56.67	C

La Figura 8, presenta que el grano de qañawa una vez sometida al proceso de tostado, incrementa su volumen. Sin embargo, las diferencias en el incremento son claramente visibles entre las líneas.

La Figura 8 representa la relación porcentual del volumen incrementado respecto a la muestra de grano (30 cc) y el volumen alcanzado por las pipocas (grano reventado o expandido), observándose que los mayores volúmenes alcanzados corresponden a las líneas del tipo Saiwa con 154.4 % en volumen de expansión. Al contrario, considerando las pérdidas porcentuales de peso de pipoca en relación al peso

del grano sometido a expansión, las del tipo Saiwa presentan mayores pérdidas (25.44 % en promedio) frente a las Last'a (19.90 % en promedio). Alcon et al. (2019), en una evaluación de 28 líneas del tipo Saiwa, reportaron volúmenes de expansión del 200 % respecto a la muestra sometido al proceso. Nuestro resultado proviene exclusivamente del volumen de grano expandido sin tomar en cuenta el volumen del grano no expandido, esto en razón de que la calidad comercial de la pipoca se basa en granos expandidos y no incluye los granos no reventados que son consideradas como descarte o se da otro uso.

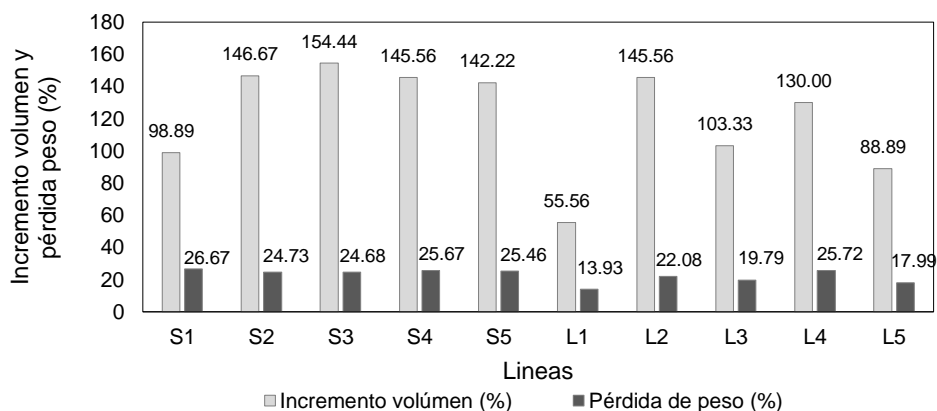


Figura 8. Porcentaje del volumen incrementado y pérdida de peso en el proceso de obtención de pipoca.

La pipoca de qañawa contiene intacto el 80 % de sus nutrientes y la forma de consumo es variado, pudiendo ser como barras, con yogurt, con leche, jugos de fruta y ensaladas de fruta siendo un complemento a la ración que adopta el consumidor (Ccallo, s.f.). Cuba (2013), Mariscal y Mathez-Stiefel (2010), han documentado sobre el uso de la pipoca o tostado de qañawa en la elaboración del pitu. La elaboración del tostado y pitu de qañawa es el rol exclusivo de la mujer mientras que el hombre y los hijos cumplen roles secundarios pero complementarios (ARIA SRL, 2020).

Peso hectolítrico, obtención de grano pulido y porcentaje de pérdida

Según el análisis de varianza (Tabla 5), las diferencias observadas en peso hectolítrico de grano con perigonio y sin perigonio, no son estadísticamente diferentes. Lo anterior quiere decir que el peso hectolítrico de las líneas de qañawa son similares. Los coeficientes de variación que de 5.46 y 1.92 % reflejan el manejo apropiado de datos del peso hectolitrito. Los valores bajos del coeficiente de variación pueden explicarse por el trabajo realizado en laboratorio.

Tabla 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para peso hectolítrico (grano con y sin perigonio).

Fuente de variación	g.l.	Con perigonio		Sin perigonio	
		Cuadrado medio	Probabilidad	Cuadrado medio	Probabilidad
Bloque	3	1.09	0.9620 ns	5.29	0.1149 ns
Línea	9	13.14	0.3666 ns	3.25	0.2675 ns
Error experimental	27	11.46		2.44	
Total	39				
C.V. (%)		5.46		1.92	

C.V.: Coeficiente de variación, g.l.: grados de libertad.

Fuente: Bonifacio-Callisaya (2022).

Según los valores promedio presentados en la Tabla 6, el promedio del peso hectolítrico del grano cubierto por el perigonio es 62.025 kg hl⁻¹, el valor mínimo 59.75 kg hl⁻¹ máximo de 65.00 kg hl⁻¹. En cambio, el peso hectolítrico promedio de grano sin perigonio es 81.225 kg hl⁻¹ con valor mínimo de 80.00 kg hl⁻¹ y el máximo de 82.05 kg hl⁻¹. De lo anterior se deduce que el grano cubierto por el perigonio pesa menos que el grano sin perigonio. La diferencia promedio entre el peso hectolítrico del grano con perigonio y sin perigonio es de 19.20 kg hl⁻¹.

Tabla 6. Valores promedio del peso hectolítrico: grano con perigonio, grano sin perigonio y diferencias en el peso hectolítrico.

Línea	Peso hectolítrico (kg hl ⁻¹)		Diferencia
	Con perigonio	Sin perigonio	
S1	62.00	80.75	18.75
S2	63.50	80.50	17.00
S3	65.00	81.50	16.50
S4	60.50	80.50	20.00
S5	63.25	82.50	19.25
L1	60.50	81.50	21.00
L2	63.25	80.50	17.25
L3	59.75	82.00	22.25
L4	59.75	80.00	20.25
L5	62.75	82.50	19.75
Media	62.025	81.225	19.20
D.E:	1.89	0.90	2.150
Mínimo	59.75	80.00	16.50
Máximo	65.00	82.05	22.25

D.E.: Desviación estándar.

Fuente: Bonifacio-Callisaya (2022).

Tabla 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para porcentaje de obtención de grano pulido y porcentaje de pérdida.

Fuente de variación	g.l.	Grano pulido (%)		Pérdida de peso (%)	
		Cuadrado medio	Probabilidad	Cuadrado medio	Probabilidad
Bloque	3	6.03	0.066ns	6.02	0.068 ns
Línea	9	14.27	0.001**	14.27	0.0001 **
Error experimental	27	2.25		2.25	
Total	39				
C.V. %		1.71		11.95	

C.V.: Coeficiente de variación, g.l.: grados de libertad

Fuente: Bonifacio-Callisaya (2022).

Las diferencias en volumen entre las muestras de grano con perigonio frente al volumen del grano sin perigonio, presentan implicaciones prácticas en el envasado y almacenamiento del producto. Los granos con perigonio ocupan mayor volumen en el envase y también mayor espacio en el almacén. Por otra parte, el grano con perigonio es más liviano y el grano sin perigonio es más pesado, lo que tiene relación directa en el momento de la comercialización, puesto que la transacción se decide en función al peso.

Chambi (2017), reportó 60 kg hl⁻¹ como único valor al evaluar 39 accesiones del banco de germoplasma de qañawa. Ticona (2017) al evaluar 11 líneas de qañawa precoz, ha reportado 65 y 85 kg hl⁻¹ para grano cubierto y grano sin perigonio. Nuestros resultados son similares a lo reportado por Chambi (2017) y Ticona (2017).

En la caracterización del banco de germoplasma de qañawa, Bravo-Portocarrero et al. (2022), encontraron grupos de accesiones con el promedio de 66.8 y 54.6 kg hl⁻¹ que representa una amplia variación. En el presente trabajo el valor mínimo y máximo fueron 59.75 y 65.00 kg hl⁻¹ respectivamente.

El análisis de varianza para la tasa de extracción de grano pulido y porcentaje de pérdida, se encuentra en Tabla 7, donde las diferencias observadas son altamente significativas para las líneas.

Según la prueba de comparación de rango múltiple Duncan (Tabla 8), la línea Last'a S2 ha registrado mayor porcentaje del peso de grano pulido y diferente a las otras líneas. En cambio, las líneas S1 y S4 conforman el grupo con menor peso de grano después del pulido. En la bibliografía accesible sobre qañawa, no se tiene información sobre el peso de grano pulido y tampoco sobre el porcentaje de obtención de grano pulido. La obtención de grano pulido es de 87.456 % y la pérdida en peso

(perigonio) es de 12.546 %.

Con respecto a la pérdida del peso (%), tiene relación inversa con el porcentaje de obtención de grano pulido, lo cual tiene sentido, puesto que representa el peso de perigonio que se desprende como polvillo. Lo anterior significa que a mayor porcentaje de obtención es menor el porcentaje de pérdida del peso de grano y viceversa (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de Duncan para porcentaje de obtención de grano pulido y porcentaje de pérdida.

Línea	Peso grano pulido (%)		Peso perigonio (%)		Duncan
	Medias	Duncan	Línea	Medias	
S2	91.25	A	S1	15.83	A
S3	88.50	B	S4	14.45	AB
S5	88.40	B	L4	13.40	B
L3	88.05	B	L2	13.00	B
L1	87.65	BC	L5	12.63	B
L5	87.38	BC	L1	12.35	B
L2	87.00	BC	L3	11.95	BC
L4	86.60	BC	S5	11.60	C
S4	85.55	CD	S3	11.50	C
S1	84.18	D	S2	8.75	D

S: Saiwa, L: Last'a; Medias con una letra común no son significativamente diferentes.
Fuente: Elaborado en base a Bonifacio-Callisaya (2022).

La tasa de extracción de grano pulido tiene relación con el llenado del grano, lo cual a su vez está relacionado con el estado madurez de la planta que fue cosechada. En la tecnología tradicional de cosecha, la qañawa se cosecha cuando la planta contiene algo de humedad o sea que las ramas secundarias aún se encuentran verdes. Esto deriva en que no todo el grano en formación en la planta ha completado el llenado, pudiendo existir la presencia de grano parcialmente llenados hasta granos vanos. El grado de llenado del grano influyen directamente en la tasa de extracción de grano pulido.

Obtención de hojuela en 10 líneas de qañawa

La hojuela de qañawa tiene una apariencia interesante por presentar la combinación de colores

café y blanco o negro y blanco (mixtura). El color café o negro proviene del color del epispermo de la semilla que al ser laminado sufre roturas y fraccionamiento por lo que aparece como puntos de color café o negro. El color blanco proviene del perisperma del grano que es farináceo.

La sémola de qañawa que está constituido por las partículas finas que se genera durante el laminado, tiene la coloración similar a la hojuela tendiendo a color más claro. Según el análisis de varianza, las diferencias observadas en la tasa de extracción de hojuela entera y sémola son altamente significativas para las líneas, lo que significa que al menos una de ellas es diferente al resto de las líneas (Tabla 9).

Tabla 9. Cuadrados medios del análisis de varianza para tasa de extracción de hojuela entera (%) y sémola (%).

Fuente de variación	g.l.	Hojuela entera		Sémola	
		Cuadrado medio	Probabilidad	Cuadrado medio	Probabilidad
Bloque	3	22.34	0.4494 ns	22.34	0.4494
Línea	9	132.92	0.0003 **	132.92	0.0003 **
Error experimental	27	24.56		24.56	
Total	39				
C.V. %	6.4			21.9	

C.V.: Coeficiente de variación, g.l.: grados de libertad.
Fuente: Elaborado en base a Bonifacio-Callisaya (2022).

La prueba de Duncan (Tabla 10) para el porcentaje de hojuela entera ha conformado cinco grupos de medias similares para las líneas de qañawa. La línea con mayor porcentaje de hojuela entera es la L2 con 84.15 %. Cabe mencionar que L2 ha dado origen a la nueva variedad Qañawiri (INIAF, 2020). Las líneas L1, S1 y S4 pertenecen al mismo grupo de medias similares que son de menor porcentaje de hojuela entera (67.48, 68.88 y 74.42 %). Ticona (2017), ha reportado el rendimiento en hojuela entera del 68.03 %, dicho porcentaje es similar a los valores más bajos obtenidos en nuestra investigación. Ccallo (s.f.), sostiene que la hojuela constituye uno de los mejores productos que mantiene sus nutrientes en forma concentrada o sin mayores pérdidas de su calidad nutritiva durante el proceso.

La prueba de Duncan para el porcentaje de sémola, conformó cinco grupos. La línea L1 que tiene mayor porcentaje de sémola (32.53 %), representa que tiene menor cantidad de hojuela entera, por lo cual, esta línea podría considerarse con mayor pérdida. La línea con menor porcentaje de sémola es la línea L2 (15.85 %), lo que se interpreta que contienen mayor porcentaje de hojuelas enteras expresado en peso, o sea que la línea L2 presenta menor porcentaje de pérdida.

Tabla 10. Prueba de Duncan para peso de hojuela entera y sémola expresado en porcentaje.

Hojuela entera			Sémola		
Línea	Medias (%)	Duncan	Línea	Medias (%)	Duncan
L2	84.15	A	L1	32.53	A
S2	82.93	AB	S1	31.12	AB
L3	81.74	ABC	S4	25.58	ABC
L5	81.41	ABC	S5	24.31	BCD
L4	79.54	ABC	S3	21.82	CDE
S3	78.18	ABC	L4	20.47	CDE
S5	75.70	BCD	L5	18.59	CDE
S4	74.42	CDE	L3	18.26	CDE
S1	68.88	DE	S2	17.08	DE
L1	67.48	E	L2	15.85	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); S: Saiwa, L: Last'a

Fuente: Elaborado en base a Bonifacio-Callisaya (2022).

Las diferencias en el volumen incrementado por la hojuela en relación al volumen de grano sometido al proceso de laminado no son estadísticamente significativas, lo que quiere decir que los valores alcanzados por las líneas son similares (Tabla 11),

Tabla 11. Cuadrados medios del análisis de varianza para el volumen incrementado respecto al volumen del grano sometido al proceso de laminado de 10 líneas de qañawa.

Fuente de variación	g.l.	Cuadrado medio	Probabilidad
Bloque	3	1278.57	0.1088 ns
Línea	9	376.74	0.7415 ns
Error experimental	27	575.94	
Total	39		
C.V. %	12.92		

C.V.: Coeficiente de variación, g.l.: grados de libertad.

En la Figura 9 se presenta el volumen de grano, hojuela integral (hojuela + sémola) y la diferencia del volumen incrementado con respecto al volumen de grano sometido al proceso de laminado.

El resumen de la estadística descriptiva es la siguiente: volumen promedio del grano de 131.6 cc (desviación estándar de 4.82) con el valor mínimo de 122.5 cc y máximo de 138.3 cc, promedio de volumen de hojuela 418 (D.E. = 31.35) con mínimo de 357.5 cc y máxima de 462.5 cc y finalmente el volumen incrementado al laminar el grano (diferencia del volumen de hojuela integral – volumen del grano) tiene el promedio de 185.68 cc (desviación estándar de 9.71) con incremento mínimo de 169.3 cc y máximo de 196.30 cc. Estas diferencias, aunque estadísticamente no significativas, muestra el volumen que alcanza el grano pulido una vez sometida al proceso de laminado, lo cual es un criterio comercial importante cuando se trata de un producto con valor agregado.

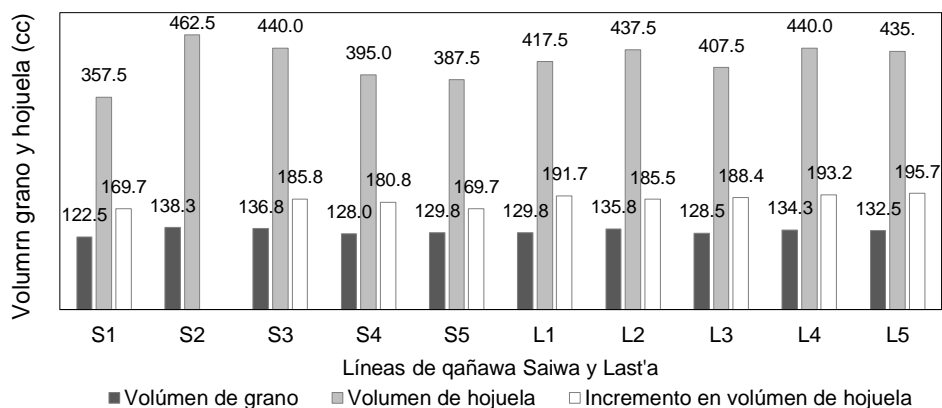


Figura 9. Volumen de grano y hojuela en 10 líneas qañawa Saiwa y Last'a.

CONCLUSIONES

Las líneas de qañawa presentan el grano cuyo aspecto del perigonio es cerrado, excepto una línea que tiene el perigonio semi cerrado; esta característica dificulta la diferenciación del color de la semilla mediante métodos visuales, lo cual limita la selección para mantener la homogeneidad del color de la semilla.

El color del grano cubierto por el perigonio tiene relación con el color de la planta, obteniendo grano color gris de plantas verde y púrpura y colores rojo, amarillo y anaranjado de plantas de color rojo, rosado y anaranjado respectivamente.

El color del grano sin perigonio o color de la semilla propiamente dicho, presenta color negro y café de tonos variados de forma subcilíndrico con borde cónico.

La pipoca obtenido de las líneas de qañawa presentan forma esferoidal como la más frecuente y la forma de número ocho como la menos frecuente, volumen de expansión alcanza hasta 154.4 % respecto al volumen de grano sometido a expansión mediante el calor.

El peso hectolítrico del grano cubierto por el perigonio es menor (62.025 kg hl⁻¹) frente al peso hectolítrico de grano pulido o sin perigonio (81.225 kg hl⁻¹), lo cual tiene connotaciones prácticas en el volumen que ocupa el producto en los envases y en almacén como también en la comercialización mediante el peso del producto.

El porcentaje de obtención de grano pulido es de 87.456 % y el porcentaje de pérdida representada por el peso de perigonio del grano de qañawa es de 12.546 % en promedio.

En la hojuela obtenida a partir del grano de las líneas, el mayor peso expresado en porcentaje de hojuela entera fue de 84.15 % y el menor porcentaje de 68.88 % que tiene relación inversa con el peso de sémola al interior de la hojuela.

El volumen promedio incrementado en hojuela respecto al volumen del grano sometido al laminado fue de 185.68 cc con incremento mínimo de 169.65 cc (línea S5) y máximo de 196.74 cc (línea S2).

Agradecimientos

Deseamos agradecer profundamente a la Fundación PROINPA y a la Academia Nacional de Ciencias de Bolivia por otorgar el segundo premio del concurso INVESTIGACIONES CON ENFOQUE DE AGRICULTURA SOSTENIBLE “Dr. Antonio Gandarillas Antezana”. en su segunda versión, puesto que el presente artículo es parte de la tesis con la que se ha concursado.

BIBLIOGRAFÍA

Alcon, M; Apaza, B; Bonifacio, A. 2019. Evaluación de líneas de qañawa saiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) según su calidad para pipoca, hojuela y grano hervido. En: Congreso Nacional sobre saberes y conocimientos en cañahua, II, 25 y 26 de octubre de 2018. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. P. 39-51.

Alanoca, C. 2006. Evaluación económica de la producción y comercialización de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en tres comunidades del altiplano Norte. Tesis Lic. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 105 p.

Apaza, V. 2010. Manejo y mejoramiento de kañiwa. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA-Puno), Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente (CIRNMA), Bioversity International, International Fund for Agricultural Development (IFAD). Puno, Perú. 75 p.

- ARIA SRL. 2020. Producto 3: informe final de resultados del estudio sistémico del cultivo de la cañahua. línea base del proyecto y estudio sistémico del complejo productivo de la cañahua, Programa EUROCLIMA+. 91 p.
- Bonifacio-Flores, A. 2018. Métodos de mejoramiento en qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Presentación en: Congreso Nacional de Saberes y Conocimientos en Cañahua, 2do. Facultad de Agronomía, UMSA, 25 y 26 de octubre de 2018.
- Bonifacio-Callisaya, M. 2022. Selección por precocidad en qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación agronómica de líneas promisorias en Kiphakiphani, Viacha. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de Andrés. 92 p
- Bravo-Portocarrero, RY; Leon-Ttacca, B; Llanos-Nina, J.M; León-Tacca, A; Medina, WT. 2022. Caracterización morfológica y evaluación agronómica de 3 variedades y 27 accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) procedentes del banco de germoplasma Camacani, Puno, Perú (en línea). Bioagro 34(2): 111-124. Consultado 11 sept. 2022. Disponible en <http://www.doi.org/10.51372/bioagro342.2>
- Callohuanca-Pariapaza, MA; Mamani-Mamani, E; Mamani-Paredes, J; Canaza-Cayo, AW. 2021. Perigonium color and the antioxidant capacity of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), Revista de Ciencias Agrícolas, 38(2):99-110.
- Cárdenas, M. 1989. Manual de plantas económicas de Bolivia. Enciclopedia Boliviana, Los Amigos del Libro, 2da Ed. Poligraf, Cochabamba, Bolivia. 333 p.
- Ccallo, Y. s.f. Qañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) (en línea). Consultas 11 oct. 2022. Disponible en https://www.academia.edu/32717706/QA%C3%91IWA_Chenopodium_pallidicaule_Aellen
- Chambi, JL. 2017. Caracteres agronómicos de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el período reproductivo relacionado a la calidad de grano en treinta y nueve accesiones. Tesis Lic. La Paz Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 63 p.
- Churata, PP. 2015. Elaboración de bebida instantánea de cañahua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen) con actividad antioxidante. Proyecto de Grado. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 157 p.
- Cuba ER. 2013. Producción de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) para seguridad y soberanía alimentaria en comunidades del Ayllu Majasaya Mujlli. Observatorio y soberanía alimentaria y agroecología. Sistematización de experiencias en Soberanía alimentaria y Agroecología (OSALA). 37 p.
- Estaña, W; Muñoz, C. 2012. Variabilidad Genética de la cañihua en las provincias de Puno. Proyecto Mejoramiento de Capacidades Técnico Productivas para la Competitividad de los Cultivos Andinos de Papa Nativa, Haba y Cañihua en la Región, Copydisc S.A.C., Puno Perú. 89 p.
- Gade, DW. 1970. Ethnobotany of cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), rustic seed crop of the Altiplano. Economic Botany 24(1):55-61.
- Guzmán, B; Cruz, DL; Alvarado, JA; Mollinedo, P. 2013. Cuantificación de saponinas en muestras de cañihua *Chenopodium pallidicaule* Aellen. Rev. Bol. Quim. 30(2):131-136.
- INIAF. 2020. Certificado de Registro Variedad Qañawiri, 203. RV-CA-1003-20.
- IPGRI, PROINPA e IFAD. 2005. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Roma, Italia. 45 p.
- Mariscal JC, Mathez-Stiefel S-L. 2010. Fortaleciendo la soberanía alimentaria mediante la revalorización de saberes ecológicos locales: Experiencia en los Andes Bolivianos. Ecología 8: 75-89
- Paitan, YN; Taira, DK. 2022. Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de hojuelas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*). Tesis Lic. Universidad de Lima, Lima, Perú. 231 p.
- Peñarrieta, J.M.; Alvarado, J.A.; Akesson, B; Bergenståhl, B. 2008. Total antioxidant capacity and content of flavonoids and other phenolic compounds in canihua (*Chenopodium pallidicaule*): an Andean pseudocereal. Mol Nutr Food Res. 52(6):708-17.
- Planchuelo, AM. 1975. Estudios de los frutos y semilla de Chenopodium en Argentina. Darwiniana 19(2-4):530-565.
- Quiroga CC. 2015. Empresas cochabambinas y cañahua: ¿Una alternativa para la economía regional? (en línea) Development Research Institute - Tilburg University, Tilburg, The Netherlands, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. 40 p. Consultado 10 jul. 2023. Disponible en https://www.bcb.gob.bo/eeb/sites/default/files/8eeb/docs/Claudia_Montano.pdf
- Quiroga, CC; Ortiz, AJ; Escalera, CR. 2018. Evaluación de un proceso novedoso de beneficiado en seco del grano de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), basado en la aplicación de un lecho fluidizado tipo surtidor. Investigación & Desarrollo, 18(1):17-34.
- Repo-Carrasco, R; Espinoza, C; Jacobsen, S-E. 2003. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food reviews international, 19(1-2):179-189.
- Repo-Carrasco, R. 2014. Valor nutricional y compuestos bioactivos en los cultivos andinos: Redescubriendo los tesoros olvidados, Fondo Editorial – UNALM, Lima, Perú. 112 p.
- Ramírez-Pérez, AR; Ortiz-Torres, E, Argumedo-Macías, A, De la O-Olán, M, Jacinto-Hernández, C, Ocampo-Fletes, I; Díaz-Ruiz, R. 2018. Método para evaluar reventado de grano en amaranto (en línea). Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(3):675-682. Consultado 03 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1224>

- Ramírez-Pérez AR, Ortiz-Torres, E; Argumedo-Macías, A; De la O-Olán, M, Jacinto-Hernández, C; Ocampo-Fletes I. 2022. Volumen de expansión de grano de amaranto en poblaciones locales y variedades mejoradas- Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 13 (6):1091-1102.
- Reynaga, AP; Torrez, M. 2016. Diseño de un prototipo expansor continuo de grano de amaranto Facultad de tecnología, Instituto de investigaciones y aplicaciones tecnológicas. UMSA Proyecto financiado fondos IDH, 57 p.
- Rastrelli, L; De Simone, F; Schettino, O; Dini, A. 1997. Constituents of *Chenopodium pallidicaule* (Cañihua) Seeds: Isolation and Characterization of New Triterpene Saponins. Journal of Agricultural and Food Chemistry (USA) 44(11):3528-3533.
- Rojas, W.; Soto, J.L.; Pinto, M.; Jäger, M.; Padulosi S. (eds.). 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersity International, Roma, Italia. 178 p.
- Tapia, ME; Fries, AM. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima. 109 p.
- Ticona, M. 2017. Evaluación de variables de cosecha y pos cosecha en 11 líneas precoces de qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en K'iphak'iphani, Viacha. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 82 p.
- Villa, D Y G, Russo, L, Kerbab, K, Landi, M; Rastrelli, L. 2014. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium pallidicaule* (cañihua) and *Chenopodium quinoa* (quinoa) seeds. Emirates Journal of Food and Agriculture, 26 (7):609-15.

Artículo recibido en: 17 de julio del 2023

Aceptado en: 15 de diciembre del 2023