

DETERMINACIÓN DE LA PUREZA Y CALIDAD DE GRANO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DULCE Y AMARGA DE VARIEDADES COMERCIALES, EN VIACHA - LA PAZ

Purity of the sweet and bitter quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) of commercial varieties in Viacha La Paz

Erwin R. Mamani M.¹, *Alejandro Bonifacio F.², Gloria C. Taboada B.³, Franklin R. Angulo R.⁴

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar la pureza y calidad de la quinua dulce y quinua amarga en variedades comerciales. La pureza de las variedades fueron evaluados según presencia y ausencia de saponina; mientras que la calidad del grano fue categorizado según calibre por cada variedad determinado su porcentaje de sus componentes (extra grande, grande, mediano y pequeño) y el peso hectolítrico fue determinado por el peso que ocupa un volumen dado. Los resultados muestran que las variedades varían en pureza, la variedad Jacha Grano tiene 100% de pureza, la variedad Surumi tienen 90,67% de pureza, el resto de las variedades se encuentran en ese rango de variación de pureza. Dos variedades Jacha Grano y Maniqueña se distinguen por el mayor porcentaje de grano grande (49,78 a 46,95%). Las variedades Chucapaca, Kurmi, Intinaira, Selección Pandela y Surumi son las que sobresalen con mayor porcentaje de granos medianos (86,48 a 80,22%) cuyas medias están entre 1,40 mm a 1,70 mm de diámetro. Finalmente, las variedades Maniqueña, Selección Pandela, Selección Jacha Grano e Intinaira son de mayor peso hectolítrico del grano, cuyos pesos son similares entre sí (73,79, 73,71, 73,63 y 73,28 kg/100 l respectivamente). La cantidad de agua empleada para el beneficiado de quinua amarga fue cerca de veces del volumen empleado para quinua dulce. En conclusión, las variedades de quinua amarga y dulce presentan variación en pureza 90,67% (Surumi) y 100% (Jacha Grani); las variedades Maniqueña y Jacha Grano contienen mayor porcentaje de grano grande (49,78 a 46,95%) y las variedades de mayor peso hectolítrico son Chucapaca, Kurmi, Intinaira, Selección Pandela y Surumi (entre 73,79 y 73,28 kg/100 l), el volumen de agua empleado para 300 g de quinua amarga fue 3,0 l y para quinua dulce de 1,8 l.

Palabras clave: Pureza, quinua, amarga, dulce y variedades.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the purity and quality of sweet quinoa and bitter quinoa in commercial varieties. The purity of the varieties, were evaluated according to the presence and absence of saponin; while the quality of the grain was categorized according to caliber for each variety and determined its percentage of its components (extra large, large, medium and small) and the hectoliter weight was determined by the weight that occupies a given volume. The results show that the varieties vary in purity, the Jacha Grano variety has 100% purity, the Surumi variety has 90.67% purity, the rest of the varieties are in that range of purity variation. Two varieties Jacha Grano and Maniqueña are distinguished by the highest percentage of large grain (49.78 to 46.95%). The varieties Chucapaca, Kurmi, Intinaira, Selección Pandela and Surumi are the ones that stand out with the highest percentage of medium grains (86.48 to 80.22%) whose averages are between 1.40 mm and 1.70 mm in diameter. Finally, the Maniqueña, Pandela Selection, Jacha Grano Selection and Intinaira varieties have the highest hectoliter weight and present the highest grain weights, whose weights are similar to each other (73.79, 73.71, 73.63 and 73.28 kg/100 l respectively). The amount of water used to process bitter quinoa was almost twice greater than the volume used for sweet quinoa. In conclusion, the varieties of bitter and sweet quinoa present variation in purity 90.67% (Surumi) and 100% (Jacha Grani); the Maniqueña and Jacha Grano varieties contain a higher percentage of large grain (49.78 to 46.95%) and the varieties with the highest hectoliter weight are Chucapaca, Kurmi, Intinaira, Selección Pandela and Surumi (between 73.79 and 73.28 kg /100 l), the volume of water used for 300 g of bitter quinoa was 3.0 l and for sweet quinoa 1.8 l.

Keyword: Purity, quinoa, bitter, sweet, varieties.

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/qdjk7329or48t>

Recibido: 29/05/2021 Aceptado: 16/04/2022

¹ Ingeniero en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

² * Autor de correspondencia. Docente, Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1185-3423>. abonifacio@umsa.bo

³ Docente, Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia.

⁴ Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
fran_rey5454@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es originario de Bolivia y Perú tiene importantes características, las cuales incluyen una tolerancia a las condiciones de altas alturas montañosas y su contenido de alta proteína en sus granos, muy adaptable a las condiciones que presenta la región altiplánica de Bolivia. La quinua es un cultivo andino que se conserva entre las poblaciones campesinas desde tiempos ancestrales y es catalogada como uno de los alimentos con más futuro a nivel mundial por su alto valor nutritivo por la cantidad y la calidad de proteínas y aminoácidos esenciales para la alimentación humana. Por otra parte, es destacable su capacidad de adaptarse a diversas condiciones climáticas, por presentar alta resistencia a factores abióticos y por su diversidad genética (Montoya *et al.*, 2005).

La quinua constituye un producto con excepcionales cualidades nutritivas cuyo cultivo puede adaptarse muy fácilmente a las nuevas exigencias de los mercados por alimentos de origen orgánico, por sus elevadas cualidades nutricionales (Ayala *et al.*, 2004). En Bolivia, las zonas de producción de quinua conforman tres grandes eco regiones que son el altiplano norte, central y sur; la zona de los valles también es una zona productora de este grano, pero en menor escala (Gandarillas, 1982; Gandarillas *et al.*, 2014).

Para Mujica *et al.* (2006) la desaponificación de quinua incluye el escarificado y la extracción de saponina por varias vías: seca, húmedo y seca-húmedo. Por su parte, Quiroga *et al.* (2014) indican que la desaponificación o la remoción de las saponinas es una de las etapas más importantes del beneficiado del grano de la quinua; en los últimos años se han desarrollado tecnologías apropiadas para la remoción de saponinas sin causar daños, ni pérdidas de sus propiedades nutricionales. Por las consideraciones anteriores, se ha desarrollado la investigación con los siguientes objetivos: Evaluar la pureza de las variedades de quinua dulce y amarga, determinar el porcentaje del tamaño de grano grande y mediano, el peso hectolítrico y el volumen de agua empleado para el beneficiado de variedades de quinua comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo se realizó en el Centro de Investigación de K'iphak'iphani dependiente de la Fundación PROINPA, la misma que se encuentra a 4.0 km de la ciudad de Viacha. Esta comunidad pertenece al municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz; situada a 16°40'30" Latitud Sur y 68°17'58" de Longitud Oeste a una altitud de 3880 m s.n.m.

Metodología

Material biológico

El material biológico constituyó 10 variedades comerciales de quinua, de las cuales, seis variedades son de quinua dulce y cuatro amargas. En la Tabla 1 se presentan sus características.

Tabla 1. Variedades comerciales con sus características.

Variedades	Color Planta	Grano	Color grano	Tamaño de grano
Amargas				
Maniqueña	Verde	Amargo	Blanco	Grande
Jacha grano	Verde	Amargo	Crema	Grande
Selección Jacha Grano	Verde	Amargo	Crema	Grande
Selección Pandela	Púrpura	Amargo	Rosado	Grande
Dulces				
Intinaira	Verde	Dulce	Amarillo	Grande
Surumi	Púrpura	Dulce	Rosado	Grande
Chucapaca	Rojo	Dulce	Blanco	Mediano
Patacamaya	Verde	Dulce	Blanco	Grande
Blanquita	Verde	Dulce	Blanco	Pequeño
Kurmi	Púrpura	Dulce	Crema	Grande

Fuente: Mamani (2016)

Modelo estadístico

El diseño experimental adoptado para evaluar las variables cuantitativas fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones, los tratamientos fueron las variedades de quinua y los bloques, los periodos de lavado del material y también los periodos en que se realizó las evaluaciones (pureza, clasificación del grano, peso hectolítrico y beneficiado de la quinua). Según Gonzales (1985) para un diseño de bloques completos al azar, la descripción del modelo lineal aditivo, está dado por:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \rho_j + \beta + (X_{ij} - X \dots)\varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Dónde: μ = media; X_{ij} = variable independiente; Y_{ij} = variable dependiente; T_i = efecto de tratamiento; ρ_j = efecto de bloques; β = coeficiente de regresión; ε_{ij} = error; X = media de la variable independiente.

Análisis de pureza varietal

Para determinar la pureza varietal de las variedades, se ha tomado al azar 100 plantas individuales, las mismas que fueron enumeradas correlativamente e identificadas según variedad. Las plantas fueron secadas en semi sombra hasta el momento de trilla. En las variedades de quinua amarga la presencia de saponina se evaluó por el método de espuma; donde se utilizaron los tubos de ensayo con agua de 10 a 15 ml; luego a los tubos de ensayo se introdujeron aproximadamente 0,30 g de grano obtenidos de cada panoja, inmediatamente se agitó vigorosamente por algunos segundos y se observó la formación de espuma para el caso de quinua amarga y la ausencia de espuma en caso de grano dulce. Según el número de plantas de grano amargo o dulce en las variedades registradas como dulce o amarga se ha determinado el porcentaje de pureza.

Clasificación de granos

La clasificación del grano se realizó una vez obtenido el grano limpio de las distintas variedades, para lo cual se procedió a tomar muestras representativas de 100 g de grano para clasificar de acuerdo al calibre o tamaño mediante un juego de tamices establecido para cuatro categorías de grano. El juego de tamices se diferencian por color, blanco =2,50 mm, amarillo =2,00 mm, celeste =1,00 mm y verde < 1,00 mm. Una vez separado el grano según calibre o tamaño, se procedió a registrar el peso por cada categoría de grano (extra, grande, mediano y pequeño).

Peso hectolítrico

El peso hectolítrico, en las diez variedades de quinua comercial se realizó con sus respectivas réplicas, en la cual la muestra de grano se colocó a una probeta de 10 ml sin presionar, luego, el grano contenido en el volumen de 10 ml se pesó en una balanza digital de precisión (0,10 y 0,01) registrando el peso en gramos y posteriormente convirtiendo el ato de cada variedad en kg/100 litros.

Beneficiado de la quinua o desaponificación

El proceso de la desaponificación de los granos de la quinua fue por el método combinado (vía seca y vía húmeda). En la vía seca, el escarificado fue en escarificador experimental y la vía humedad mediante lavado manual con cambios sucesivos de agua hasta eliminar la espuma. El volumen de agua fue registrado diferenciado para la quinua amarga y la dulce.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Porcentaje de pureza en quinua comercial

En la Tabla 2, se describe los resultados de la variable cualitativa para el porcentaje de pureza en las diez variedades de quinua comercial. La variedad Maniqueña tiene 98,0% de plantas de grano amargo y 2,04% de plantas de grano dulce, seguido de la variedad selección Pandela que tiene un 99,4% de plantas de grano amargo

y 0,58% de plantas de grano dulce. En tanto que la variedad Jacha Grano está integrada por plantas con grano amargo en un 100% de plantas muestreadas.

Tabla 2. Porcentaje de pureza genética en variedades amargas y dulces de quinua.

Variedades	Genotipo	Nro. Pta DD	Nro. Pta dd	Nro. Pta. Total	DD (%)	Mezcla (%)
Amargas						
Maniqueña	rrgg	528	11	539	98,0	2,04
Jacha grano	rrgg	600	0	600	100,0	0,00
Selección Jacha Grano	rrGG	600	0	600	100,0	0,00
Selección Pandela	rprpgg	1034	6	1040	99,4	0,58
Dulces						
Intinaira	rrgg	28	572	600	95,33	4,70
Surumi	gpgg	56	544	600	90,67	9,30
Chucapaca	RRgg	16	584	600	97,33	2,70
Patacamaya	rrgg	31	669	700	95,57	4,40
Blanquita	rrgg	17	583	600	97,17	2,80
Kurmi	rprpgg	24	576	600	96,00	4,00

Fuente: Mamani (2016); DD = grano amargo; dd = grano dulce.

Considerando que las variedades Maniqueña y Pandela son amargas y su color de planta coincide con la descripción varietal, los porcentajes de grano dulce encontrados en dichas variedades se atribuyen a cruzamientos naturales con plantas dulces durante el manejo del cultivo a nivel de campo. Las variedades que no tienen la presencia de polinización cruzada con grano dulce en las mismas parcelas son Jacha Grano y Selección Jacha grano, puesto que estas dos variedades tienen 100,00% de planta de grano amargo en las parcelas cultivadas, lo que significa que el manejo de estas variedades fue apropiada para conservar la pureza varietal (aislamiento). En general, en las variedades de quinua amarga el porcentaje de pureza varía entre 100 y 97,06% y un promedio de 93,00%.

Según el porcentaje de pureza en las variedades dulces (Tabla 2) se puede diferenciar tres grupos. 1) La variedad que tiene mayor porcentaje de polinización cruzada con quinua amarga es la Surumi con 9,30% de plantas con grano amargo y 90,67% son plantas de granos dulces; 2) le siguen las variedades Intinaira con 4,70% de plantas de grano amargo y 95,33% son plantas de grano dulce y la Patacamaya tiene 4,40% de plantas de grano amargo y 95,57% son plantas de grano dulce y la Kurmi tiene 4,00% de plantas de grano amargo y 96,00% son plantas de grano dulce. Finalmente 3) las variedades que tiene menor porcentaje de polinización cruzada que son la Blanquita con 2,80% de plantas de grano amargo y 97,17% plantas de grano dulce y la variedad Chucapaca que tiene 2,70% de plantas de grano amargo y 97,33% de grano dulce. Los resultados obtenidos para el porcentaje de pureza en las variedades de quinua, se evidenció que tiene mezclas de variedades con respecto a la presencia o ausencia de saponina (amarga o dulce), con una variación de 2,7% y 9,3% y un promedio de 4,65%. Las causas de contaminación de quinua amarga en el interior de las parcelas de quinua dulce se podrían atribuir al cruzamiento natural con una variedad amarga que estuvo sembrado cerca a la variedad dulce o podría ser por la segregación natural intra varietal.

Las mezclas mecánicas durante las labores de trilla, venteo y selección se podrían descartar puesto que el fenotipo de las plantas coinciden con lo descrito en la ficha de las variedades. Según Bonifacio (2007), para evitar la polinización cruzada entre variedades, mencionan tres métodos de siembra: el aislamiento por espacio de parcela a parcela de cuatro metros; el aislamiento por tiempo consiste en sembrar con una diferencia de 15 a 20 días entre parcelas vecinas y por último el aislamiento por ciclos que consiste en el aprovechamiento de las diferencias en el ciclo productivo entre variedades de 20 días. Las investigaciones realizadas sobre el porcentaje de polinización cruzada, determinaron que el porcentaje de polinización cruzada disminuyeron a medida que aumentó la distancia entre las plantas desde 9,9% de polinización cruzada a un 1,0 m de distancia y hasta 1,5% de polinización cruzada a 20,0 metros, deduciendo que la quinua es una especie de fecundación autogamia ya que el porcentaje de alogamia no sobrepasa el 10,0% (Tapia *et al.*, 1979).

Porcentaje de tamaño de grano grande

En la Tabla 3, se muestra el análisis de varianza de las diez variedades de quinua comercial en estudio para la variable de categoría de tamaño grano grande. Las diferencias en el porcentaje de grano grande en las variedades, son altamente significativas; lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades en el porcentaje de grano grande. El coeficiente de variación llegó al 15,3%, que determina la confiabilidad en el manejo de los datos. En la Tabla 4, se presenta la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan, donde se evidencia la formación de cuatro grupos de medias similares que determinaron el porcentaje de grano grande. Dos variedades Jacha Grano y Maniqueña se distinguen por el mayor porcentaje de grano grande (49,78 a 46,95%).

Tabla 3. Análisis de varianza para tamaño de grano grande.

FV	GL	SC	CM	F-valor	Pr>F
Variedades	9	17208,900	1912,1	317,26	0,001**
Bloques	5	28,472	5,694	0,94	
Error	42(3)	253,134	6,027		
Total	56(3)	14552,967			

Fuente: Mamani (2016); CV(%) = 15,3); FV = Fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio; CV= Coeficiente de variación; ** = Altamente significativo.

Tabla 4. Prueba Duncan para porcentaje de grano grande (GG) en variedades de quinua comercial.

Variedad	GG (%)	Duncan
Jacha grano	49,78	A
Maniqueña	46,95	A
Surumi	14,73	B
Patacamaya	14,13	B
Selección Jacha Grano	13,92	B
Kurmi	8,05	C
Intinaira	6,75	C
Selección Pandela	6,07	C
Chucapaca	0,00	D
Blanquita	0,00	D
Media	16,04	

Fuente: Mamani (2016)

De lo anterior, se deduce que las variedades Jacha Grano y Maniqueña son de mejor calidad para el grano perlado; ya que en este tipo de producto, el tamaño de grano es decisivo para la exportación. Los granos pequeños en cambio, pueden ser empleados en la obtención de harina y otros productos. Esta variación y menor porcentaje de tamaño de grano grande en las otras variedades como la selección Jacha Grano, Surumi, Patacamaya, Kurmi, Intinaira y Selección Pandela podría deberse a la menor disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido a la intensa labor del cultivo de este grano en la zona de K'iphak'iphani.

Investigaciones realizadas por Aroni *et al.* (2009) indican, las plantas de quinua generalmente tienen una panoja alargada y además tienen ramas que terminan en panojas secundarias. Los granos que se producen en las diferentes partes de la panoja varían de tamaño, por lo que los granos obtenidos en una misma planta no son uniformes; por esta razón, es necesario realizar la selección mecánica, empleando tamices apropiados para obtener granos grandes que tengan un diámetro igual o mayor a 2,4 mm.

Aroni y Aroni (2005), señalan que en la misma panoja existen tres a cuatro tamaños de grano, que oscilan entre 1,5 mm a 2,5 mm esta diferencia puede traer como consecuencia una madurez fisiológica desigual o diferente. Según la ficha técnica, la variedad Jacha Grano tiene grano de primera clase 85,0% y la variedad Maniqueña según Bonifacio *et al.* (2012) el porcentaje tamaño de grano grande que tiene es de 83,47%; la variedad Kurmi tiene 83,0% de grano de primera clase.

Porcentaje de tamaño de grano mediano

En la Tabla 5, se muestra el análisis de varianza de las diez variedades de quinua comercial en estudio para las variables de porcentaje de grano mediano donde se identificó diferencias altamente significativas entre las variedades, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades.

Tabla 5. Análisis de varianza para grano mediano.

F.V.	GL	SC	CM	F-valor	Pr>F
Variedades	9	11455,85	1272,87	114,95	0,001**
Bloques	5	4,35	0,87	0,08	
Error	42(3)	465,07	11,07		
Total	56(3)	9846,73			
CV (%)	4,4				

Fuente: Mamani (2016)

El análisis de varianza establece diferencias altamente significativas para el tamaño de grano mediano, además se establece un coeficiente de variación de 4,4%, misma que determina la confiabilidad en el manejo de datos. En la Tabla 6, se muestra la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan donde se registraron la formación de cuatro grupos de medias similares aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos para el porcentaje de grano mediano. Las variedades Chucapaca, Kurmi, Intinaira, Selección Pandela y Surumi son las que sobresalen con mayor porcentaje de granos medianos (86,48 a 80,22%) cuyas medias están entre 1,40 a 1,70 mm de diámetro. Esto significa que las variedades de este grupo tienen el mayor porcentaje de granos medianos. Mientras las variedades Jacha Grano y Maniqueña son del último grupo con (47,15 a 49,76%); lo que quiere decir, que tienen poca presencia de granos medianos; esta variación podría deberse simplemente al mayor porcentaje de grano grande. Las otras variedades se encuentran entre los rangos mencionados anteriormente.

Tabla 6. Prueba Duncan para porcentaje de grano mediano (GM) en variedades de quinua comercial.

Variedad	GG (%)	Duncan
Chucapaca	86,48	A
Kurmi	85,09	A
Intinaira	85,77	A
Selección Pandela	83,12	AB
Surumi	80,22	BC
Blanquita	79,17	BC
Selección Jacha Grano	79,05	BC
Patacamaya	77,15	C
Maniqueña	46,76	D
Jacha grano	47,15	D
Media	75,38	

Fuente: Mamani. E.R. 2016

Respecto, a los porcentajes de tamaños de granos medianos, se puede evidenciar que estos son complementarios; es decir, cuanto mayor es el porcentaje de granos grandes, menor es el porcentaje de granos medianos específicamente; las variedades Maniqueña y Jacha Grano tienen mayor porcentaje de granos grandes y menor porcentaje de granos medianos, las otras variedades tienen mayor porcentaje de granos medianos. Al respecto Marca *et al.* (2011) mencionan que los granos medianos son destinados para el consumo familiar o para la transformación en harina.

Bonifacio *et al.* (2014) mencionan un aspecto muy importante para mejorar la calidad y uniformidad de tamaño del grano en la panoja, a través del mejoramiento genético que actualmente se encuentran hasta tres tamaños de granos en la misma panoja. Según IBNORCA NB/NA 0038 (2007) el grano de quinua se clasifica por su diámetro en cuatro categorías: extra grande $\geq 2,0$ mm, grande entre 2,00 a 1,70 mm, mediano entre 1,70 a 1,40 mm y

pequeño $\leq 1,40$ mm. En la categoría extra grande se encuentra la Quinoa Real, cuya característica principal es el tamaño grande de sus granos muy apreciado por el mercado internacional.

Peso hectolitrito

El análisis de varianza de las diez variedades de quinua comercial para las variables de peso hectolitrito donde se establece diferencias altamente significativas entre variedades, lo cual indica que al menos una de las variedades es distinta al resto de las variedades para el peso hectolitrito en las variedades de quinua, además se establece un coeficiente de variación de 0,8%, misma que determina la confiabilidad de los datos del experimento (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de varianza para peso hectolitrito.

F.V.	GL	SC	CM	F-valor	Pr>F
Variedades	9	54,88	6,0989	16,59	0,001**
Bloques	5	1,04	0,2082	0,57	
Error	42(3)	16,17	0,3676		
Total	58(1)	70,71			
CV (%)	0,8				

Fuente: Mamani (2016)

En la Tabla 8, se muestra la prueba de comparación de medias múltiples de Duncan, donde existen cuatro grupos de medias similares aunque algunos grupos comparten medias con otros grupos para el peso hectolítrico. Las variedades Maniqueña, Selección Pandela, Selección Jacha Grano e Intinaira presentan los mayores pesos de grano, cuyos pesos son similares entre sí (73,79 a 73,28 kg/100 l) de peso. Esto significa que las variedades de este grupo tienen el mayor peso de grano que ocupa en un volumen de 100 litros. En cambio la variedad Blanquita, resulta ser la única del último grupo con solo 70,42 kg/100 l; lo que quiere decir, que presenta granos livianos. Mientras las otras variedades se encuentran entre los rangos mencionados.

Tabla 8. Prueba Duncan para porcentaje de grano mediano (GM) en variedades de quinua comercial.

Variedad	Peso hectolitro	Duncan
Maniqueña	73,79	A
Selección. Pandela	73,71	A
Selección Jacha Grano	73,63	A
Intinaira	73,28	AB
Kurmi	72,64	BC
Chucapaca	72,56	BC
Jacha grano	72,47	C
Patacamaya	72,38	C
Surumi	72,12	C
Blanquita	70,42	D
Media	72,69	

Fuente: Mamani (2016)

Los resultados registrados en la presente investigación para el peso hectolítrico son casi similares a los que obtuvo Bonifacio et al. (2012) en los ensayos realizados en el Altiplano Sur de Bolivia, con los ecotipos de quinua real cuánto al peso hectolítrico es; Achachino 76,2 g, Café Chullpa 79,9 g, Cariqueña 76,8 g, Ch'illpi Amapola 76,0 g, Hilo 74,3 g, Kairoja 76,6 g, Lipeña 77,6 g Maniqueña 76,1 g, Manzano 77,8 g, Moqu 76,9 g, Negra 81,6 g, Negra Blanquita 74,2 g, Pandela 76,4 g, Perlada 76,9 g, Phisangalla tres Hermanos 78,5 g, Qhaslala Blanca 79,6 g, Q'illu 72,3 g, Quinoa Roja 73,7 g, Q'uitu 76,6 g y otros, donde el promedio de peso hectolítrico en los ecotipos de quina real fueron de 72,3 a 81,6 kg/100 litros. De acuerdo a la Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo (2006), el peso hectolítrico se define como el peso en kilogramos de un volumen de grano de 100 litros. Es un valor muy útil porque resume en un solo valor que tan sano es el grano tanto de la calidad física del grano, como de la calidad molinera.

Estudios realizadas por Reynaga *et al.* (2013) el valor del peso hectolítrico de los granos del altiplano Sur, son en 8,0% más pesados, de la misma forma la densidad aparente también es de 7,3% más densos. Por último el peso promedio de cada grano de quinua proveniente del Altiplano Sur es más pesado en un 10% más, estos granos con mayor peso hectolítrico son recomendables para la panificación.

Beneficiado de la quinua amarga y dulce

En la Tabla 9, se muestra el volumen de agua para el beneficiado de la quinua amarga y dulce, observándose que el volumen de agua requerido para quinua amarga es de 3 litros para 300 g de grano de quinua, mientras que para quinua dulce es de 1.8 litros. Haciendo inferencias, se necesitaría un total 10 m³ para una tonelada de quinua amarga y 6 m³ para quinua dulce.

Tabla 9. Volumen de agua utilizado en el beneficiado de variedades de quinua amarga y dulce.

Variedad (300 g)	Volumen de agua (ml)
Maniqueña	3000
Selección. Pandela	3000
Selección Jacha Grano	3000
Intinaira	1800
Kurmi	1800
Chucapaca	1800
Jacha grano	3000
Patacamaya	1800
Surumi	1800
Blanquita	1800

Fuente: Mamani (2016)

CONCLUSIONES

El análisis de pureza varietal en las quinuas dulces se reportó 9,3 a 2,7% con plantas de grano amargo y para las variedades de quinua amarga se tienen 2,0% de plantas de grano dulce atribuible una polinización cruzada. Las diez variedades de quinua comercial presentan diferentes tamaños de grano, la variedad que tiene mayor porcentaje de grano grande es la Jacha grano y la variedad Chucapaca tiene mayor porcentaje de grano mediano $\leq 1,10$ mm. Las variedades que tienen mayor peso hectolítrico en granos son: Maniqueña 73,79 kg/100 l, Selección Pandela 73,71 kg/100 l e Intinaira 73,28 kg/100 l. El volumen de agua empleado para el beneficiar 300 g de quinua amarga fue de 3,0 l mientras que para la quinua dulce, el volumen de agua requerido fue de 1,8 l.

BIBLIOGRAFÍA

- Aroni, J., & Aroni, G. (2005). Fascículo 2. Manejo de semilla. In: PROINPA y FAUTAPO (eds.). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinua: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinua Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. 101 p.
- Aroni, J., Cayoja, M., & Layme, M. (2009). Situación Actual al 2008 de la quinua real en el Altiplano Sur Boliviano. Fundación FAUTAPO, Educación para el Desarrollo. Oruro, Bolivia. 172 p.
- Ayala, G., Ortega, L., & Morón, C. (2004). Valor nutritivo y usos de la quinua. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathe (eds). Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 215-253.
- Bonifacio, A. (2007). Producción de semilla de quinua. Fundación PROINPA. MDRAyMA-SIBTA-The McKnight Foundation, La Paz, Bolivia. Ficha Técnica P/FTE/84 4 p.
- Bonifacio, A., Aroni, G., & Villca, M. (2012). Catálogo Etnobotánica de la quinua real. Fundación PROINPA, Poligraf, Cochabamba, Bolivia. 122 p.
- Bonifacio, A., Gómez, P., & Rojas, W. (2014). Mejoramiento genético de la quinua y el desarrollo de variedades modernas: En: Bazile D., Bertero H. D. y Nieto C. (Editores). "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). pp. 203-226.

- Cámara Nacional de la Industria Molinera del trigo. (2006). Informe de calidad de trigo Ciclo Otoño – Invierno 2005 / 2006. (En línea) consultado el 27 octubre de 2015. Disponible en: <http://harina.org>
- Gandarillas, H. (1982). El cultivo de la quinua. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. IBTA-CID, La Paz, Bolivia. 21 p.
- Gandarillas, A., Rojas, W., Bonifacio, A., & Ojeda, N. (2014). La Quinua en Bolivia: Perspectiva de la Fundación PROINPA. En: Bazile D., Bertero H. D. y Nieto C. (Editores). “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”. Publicación FAO-RLC, Santiago (Chile)/CIRAD, Montpellier (Francia). pp. 410-431.
- Gonzales, G. (1985). Métodos estadísticos y principios de diseño experimental. 2d ed. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 371 p.
- IBNORCA. (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). NB – NA 0038 (2007) Granos Andinos – Pseudo Cereales – Quinua en Grano – Clasificación y Requisitos.
- Marca, S., Chaucha, W., Quispe, J., & Mamani, V. (2011). Comportamiento actual de los agentes de la cadena productiva de quinua en la región de Puno: Dirección Regional Agraria de Puno. Proyecto: Desarrollo de Capacidades de la Cadena Productiva de Quinua en la Región Puno, Perú. 82 p.
- Montoya, L. A., Vianchá, A., Martínez, L., & Peralta, J. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *Innovar*, 15(25), 103-119.
- Mamani, E. R. (2016). Evaluación del beneficiado y laminado de cuatro variedades amargas y seis variedades dulces de quinua comercial. Universidad Mayor de San Andrés. 109 p.
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., Romero, A., & Jacobsen, S. E. (2006). Agroindustria de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los países andinos Perú – Bolivia – Colombia, PNUD – CONCYTEC – UNA – PROINPA – U. Colombia. Puno, Perú. 113 p.
- Quiroga, C., Escalera, R., Aroni, G., Bonifacio, A., Gonzales, J. A., Villca, M., Saravia, R., & Ruiz, A. (2014). Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. Capítulo 3.1. IN: BAZILE D. et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): sp
- Reynaga A., Quispe, M., Huarachi, A., Calderon, I., Soto, J. L., & Torrez, M. (2013). Caracterización físico – química y nutricional de los 13 ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales Instituto de Investigaciones y Aplicaciones Tecnológicas (IIAT). Universidad Mayor de San Andrés, 98 p.
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A., Ortiz, R., Otazu, V., Rea, J., Salas, B., & Zanabria, E. (1979). La Quinua y la Kañiwa: Cultivos Andinos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de cincias Agrícolas (IICA). Bogotá, Colombia. Serie: Libros y Materiales Educativos Nro. 40. 228 p.