

EFFECTO DE TRES MÉTODOS DE COSECHA SOBRE EL DESGRANE DE SEIS CULTIVARES DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*) EN EL ALTIPLANO NORTE, BOLIVIA

Effect of three harvest methods on seed shattering of six cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) cultivars in the Northern Altiplano, Bolivia

Wilmer A. Macuchapi Cordova¹; Rubén Jacobo Trigo Riveros²; Gladys J. Chipana Mendoza³; Juan Pablo Rodríguez Calle⁴

RESUMEN

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una planta que resiste a condiciones climáticas adversas, además de sequías, heladas y salinidad. Este cultivo tiene una dehiscencia variable, por ello la cosecha debe ser adecuada para disminuir pérdidas de grano e impurezas. Esta investigación determinó las pérdidas de grano antes y durante la madurez fisiológica en seis cultivares de cañahua utilizando tres métodos de cosecha en el Altiplano Norte. Los cultivares evaluados fueron L-300, Ak'apuya, Illimani, Kullaca, Warikunka y Umacutama. Los métodos de cosecha comprendieron en: corte con hoz, tijeras de podar y arrancado manual. Las variables evaluadas fueron fisiológicas, agronómicas, calidad de grano y pérdida de grano en condiciones naturales y por acción del método de cosecha. Nuestros resultados muestran que el desgrane natural para el cultivar Illimani fue de 1.042 kg ha⁻¹ por su precocidad y para Umacutama de 0.420 kg ha⁻¹ debido a su desarrollo tardío. El método del arrancado durante la cosecha tuvo mayor pérdida con 477.40 kg ha⁻¹, seguido del método con hoz de 297.61 kg ha⁻¹ y el método con tijera de 161.82 kg ha⁻¹. Los rendimientos de grano tuvieron un rango de 341.23 a 706.68 kg ha⁻¹. Los cultivares con mejor adaptabilidad fueron L-300 y Ak'apuya.

Palabras clave: grano andino nutritivo, cultivo resiliente, dehiscencia natural, métodos de cosecha.

ABSTRACT

Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), is a plant that resists adverse climate conditions, as well to drought, frost and salinity. This crop has a variable dehiscence, so the harvest must be adequate to reduce grain losses and impurities. This investigation determined grain losses before and during physiological maturity in six cultivars of cañahua using three harvest methods in the Northern Altiplano. The cultivars evaluated were L-300, Ak'apuya, Illimani, Kullaca, Warikunka and Umacutama. Harvesting methods included: cutting with a sickle, pruning shears and manual cutting. Physiological, agronomic, grain quality and grain loss in natural conditions and by the action of the harvest method were evaluated. Our results show that seed shattering for the Illimani cultivar was 1.042 kg ha⁻¹ due to its early growth cycle and 0.420 kg ha⁻¹ to Umacutama due to its late growth. Harvested method during harvest had greater loss with 477.40 kg ha⁻¹, followed by the sickle method of 297.61 kg ha⁻¹ and the scissor method of 161.82 kg ha⁻¹. Grain yields ranged from 341.23 to 706.68 kg ha⁻¹. The cultivars with better adaptability were L-300 and Ak'apuya.

Keywords: nutritive andean grain, resilient crop, natural dehiscence, harvest methods.

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. willamilcar777@gmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

³ Docente Investigadora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

⁴ Centro Internacional para la Agricultura Biosalina, ICBA, Dubai, UAE.

INTRODUCCIÓN

La cañahua es una planta que responde a condiciones climáticas adversas como sequías, heladas, variaciones altas de temperatura y crece de 3000 a 4000 m s.n.m. por su alto contenido de proteína, vitaminas y minerales se constituye en un alimento de alto valor nutritivo, que proporciona subproductos como la broza y jipi o rastrojo, que son empleados como forraje para el ganado, por todo lo mencionado es considerada como un recurso natural de primera calidad para el habitante de la zona andina.

El cultivo de cañahua en el Altiplano, es manejado de forma tradicional para abastecer el autoconsumo de los productores y una pequeña parte de lo que se produce es comercializado en ferias. En los mercados de la ciudad no existe mucha demanda pese a su potencial nutritivo. Desde el punto de vista económico carece de importancia para los agricultores, tomando en cuenta que el área cultivada es muy pequeña con relación a otros cultivos comerciales (papa, quinua, haba, etc.).

Lescano (1994), menciona que esta planta tiene gran importancia en la producción de grano sin saponina y de alto valor biológico, como también por las enormes posibilidades de uso como forraje verde de alto valor nutritivo. Además presenta alto contenido proteínico, tiene buena adaptabilidad a factores edáficos y ambientales que muy pocas especies pueden competir con ella, sin embargo aún no se conoce mucho sobre las relaciones de requerimientos hídricos, fotoperiodismo, etc.

La cañahua presenta una dehiscencia variable por su domesticación no completa (Rodríguez et al. 2017), es por eso que la cosecha de las plantas se debe realizar antes que la planta esté totalmente madura para evitar que un gran porcentaje de ellos caigan al suelo. Las pérdidas de grano antes y durante la madurez pueden afectar en algunos ecotipos hasta un 30% de la producción total. Sin embargo, estas pérdidas de grano pueden ser hasta 80% a causa de las granizadas que suelen registrarse en marzo (Tapia, 1997).

Rodríguez (2007), señala que el método comúnmente utilizado en la cosecha de cañahua es el arrancado que introduce un alto porcentaje de impurezas (tierra, piedrecillas) en el grano, por eso los métodos de cosecha deben ser adecuados para disminuir la presencia de impurezas y así lograr buenos ingresos al momento de la comercialización.

Estas son algunas de las dificultades con las que el agricultor tropieza en el momento de la cosecha y en el manejo de postcosecha, las mismas que limitan el aprovechamiento comercial de este cultivo. Por tal motivo, es necesario establecer un adecuado método de cosecha para este cultivo que responda a minimizar en lo posible la cantidad de grano caído producido por esta actividad.

El presente trabajo de investigación propone cuantificar las pérdidas de grano que se presentan antes y durante la madurez fisiológica en seis cultivares de cañahua a nivel planta y plantas por área.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en la localidad de Puerto Carabuco, Tercera Sección de la provincia Camacho del departamento de La Paz, Altiplano Norte. Geográficamente ubicada a 15° 34' 58" LS y 68° 55' 30" LO y altitud de 3800 m s.n.m. (Gobierno Municipal de Carabuco, 2007). Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2012 (INE, 2012), esta región tiene una población de 14589 habitantes y la principal actividad económica es la agricultura, ganadería, pesca y silvicultura.

Metodología

Asociación Cuna (2010) indica dos periodos climáticos en el año: la seca (mayo-agosto y parte de septiembre) y la húmeda (periodo de verano). En los meses secos la temperatura media fluctúa entre 4 a 6°C. Las características del material vegetal empleado en la investigación se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Características morfológicas y agronómicas de seis cultivares de cañahua.

Característica morfológica	Cultivar de cañahua					
	L-300 ¹	Ak'apuya ²	Illimani ³	Kullaca ³	Warikunka ²	Umacutama ⁴
Habito de crecimiento	Saihua	Saihua	Lasta	Lasta	Lasta	Lasta
Color de planta	Púrpura	Morado-púrpura	Verde en floración y rosado-anaranjado en la madurez fisiológica	Verde en floración y purpura – anaranjado en la madurez	Verde en floración y amarillo en la madurez	Verde en floración y rosado - morado en la madurez Frondoso
Aspecto general de la planta	Vigoroso	Vigoroso	Vigoroso, con ramificaciones basales que alcanza la altura máxima de la planta	Vigoroso, con ramificaciones basales que alcanza la altura máxima de la planta	Frondoso con cuatro ramas corimboideas	Frondoso
Altura de la planta (cm)	51	52	54	50	42	42
Cobertura vegetativa (cm ²)	110	177	34	42	1250	
Rendimiento promedio (kg ha ⁻¹)	750	1600	800	700	2100	

Fuente: ¹PROINPA, 2006; ²Maydana, 2010; ³Pinto et al, 2008; ⁴Alanoca, 2006.

La preparación del terreno fue a una profundidad de 20-25 cm, con su nivelación y mullido. La siembra fue manual y en línea en el surco a una densidad de siembra de 6 kg ha⁻¹. Se implementaron colectores de grano (Figura 1) en tres plantas por unidad experimental. La cosecha se realizó en cuatro surcos centrales de cada unidad experimental. Los métodos de cosecha fueron a) corte con hoz, b) corte con tijeras de podar. El corte con hoz y tijera fue realizado mediante un corte de 3 cm de altura sobre la superficie del suelo, c) arrancado manual de plantas que consistió en la extracción de toda la planta de incluyendo la raíz. Esta es una técnica tradicional comúnmente empleada por los agricultores.



Figura 1. Colector piloto instalado en la planta de cañahua para determinar la dehiscencia de granos.



Figura 2. Colecta del grano caído a causa de los métodos de cosecha.

El diseño Bloques Completos al Azar, con seis tratamientos y tres repeticiones fue empleado para evaluar las variables agronómicas y dehiscencia de granos de la parcela experimental (Calzada, 1982) según el siguiente modelo lineal aditivo.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} \quad (1)$$

Dónde: Y_{ij} = observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima clase (bloque); μ = media general; β_k = efecto del k -ésimo bloque; α_i = efecto del i -ésimo tratamiento; ε_{ijk} = error experimental.

Para cuantificar la pérdida de grano causada por los tres métodos de cosecha se utilizó un segundo modelo estadístico. Los cultivares fueron considerados como factor A y el método de cosecha como factor B. Los datos fueron analizados de acuerdo con el modelo estadístico lineal aditivo de Bloques Completos al azar con arreglo bifactorial (Calzada, 1982).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \theta_j + (\alpha\theta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

Dónde: Y_{ijk} = cualquiera de las observaciones realizadas; α_i = efecto del i -ésimo nivel del factor A; θ_j = efecto del j -ésimo nivel del factor B; $(\alpha\theta)_{ij}$ = interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B; ε_{ijk} = error asociado a la ijk -ésima observación.

Se evaluaron variables fenológicas de una muestra de tres plantas por tratamiento, como *días a la floración (DFL)*: mediante el conteo de los días transcurridos después de la siembra hasta el momento en que más del 50% de las plantas de cada unidad experimental presentaron floración en sus ramas principales.

Días a la madurez fisiológica (DMF): cuando los días transcurridos fueron después de la siembra hasta el momento en que más del 50% de las plantas de cada tratamiento presentaron el cambio de coloración tanto de la planta como de la panoja según el cultivar. El cambio de consistencia del grano masoso a duro fue evaluado a través de la presión con las uñas sobre el grano.

Altura de planta: se evaluó la altura alcanzada en la fase de la madurez fisiológica, desde el cuello hasta el ápice de la planta. Variables agronómicas y a la postcosecha fueron evaluados como *rendimiento de grano*: se pesó el grano obtenido de la unidad experimental después de la trilla y el venteado, incluyendo el grano caído por acción de los métodos de cosecha en las plantas bajo los tratamientos.

Índice de cosecha: fue calculado mediante la relación entre el peso de los granos libres de impurezas y el peso total de la planta (biomasa seca: raíces + tallo + hoja + granos).

Variables de calidad del grano como el *peso de 1000 granos*: donde se registró el peso de 1000 granos libre de impurezas. Se consideraron cuatro muestras por unidad experimental.

Peso volumétrico del grano: se determinó con grano seco, se introdujeron muestras de los seis cultivares de cañahua a la mufla durante 48 horas a una temperatura de 105°C, se empleó una probeta graduada de 10 cm³ en la que se registró el volumen y peso con base en semilla pura. Esta técnica estimó la densidad de la semilla.

Pérdida de grano por la dehiscencia de granos en la planta (DHN): se cuantificó a través del peso de grano de la dehiscencia (grano caído) a causa de las condiciones ambientales y propias de la planta. La colecta de granos caídos fue cada cinco días.

Pérdida de grano por el método de cosecha (DMC): todo el grano caído a causa del movimiento ocasionado al sujetar la planta y aplicar el método de cosecha fue colectado en cobertores que se pusieron en la base de la planta previa a la cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura y precipitación

La temperatura media más alta registrada durante el experimento en campo fue en el mes de mayo con 10.8°C, seguido del mes de diciembre con 10.7°C, la media más baja se presentó en el mes de enero con 10.4°C.

La temperatura máxima fue en mayo con 15.5°C y la mínima extrema en abril con 3.5°C (Figura 3). Sin embargo, esta disminución de temperatura no afectó en el normal desarrollo del cultivo. La cañahua es una especie similar a la quinua que puede resistir una temperatura mínima de hasta -10.0°C.

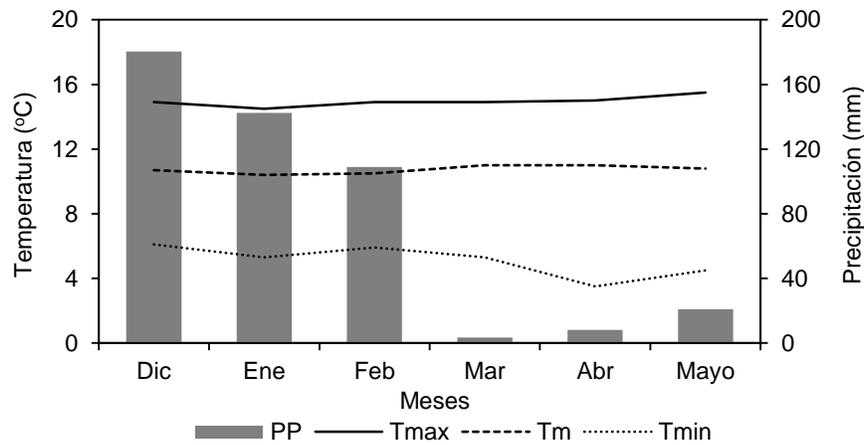


Figura 3. Temperatura ambiente y precipitación mensual de la localidad de Carabuco, precipitación (PP), temperatura máxima (Tmax), media (Tm) y mínima (Tmin) durante el ciclo del cultivo. Fuente: SENAMHI, 2013.

La mayor ocurrencia de precipitación fue en diciembre con 180.3 mm, seguido del mes de enero con 142.3 mm, este decremento continuó durante los meses siguientes presentando el mes de febrero una precipitación de 108.9 mm, marzo fue el mes seco y solo se registró 3.3 mm (Figura 2).

Según Pinto et al. (2008) el cultivo de la cañahua requiere desarrollarse en lugares que presenten una precipitación pluvial anual de 500 a 700 mm. La precipitación total durante el ciclo de desarrollo del cultivo fue de 463.7 mm y la precipitación anual para la localidad de Carabuco para la gestión 2013 fue de

584.6 mm, se considera que el cultivo recibió la cantidad necesaria de agua para un adecuado desarrollo.

Días a la floración y a la madurez fisiológica

El análisis de varianza muestra que existen diferencias significativas entre los seis cultivares para días a la floración ($Pr = 0.005$) y a la madurez fisiológica ($Pr = 0.0011$). Sin embargo, no existen diferencias estadísticas entre bloques ($Pr = 0.8456$; $Pr = 0.4638$) (Tabla 2).

Tabla 2. Días a la floración y madurez fisiológica en seis cultivares de cañahua.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque		2	2.111	1.056	0.17	0.8456 NS
Cultivar		5	383.611	76.722	12.40	0.0005 *
Error		10	61.889	6.189		
Días a la madurez fisiológica						
Bloque		2	11.111	5.556	0.83	0.4638 NS
Cultivar		5	340.944	68.189	10.19	0.0011 **
Error		10	66.889	6.689		

CV: coeficiente de variación para DFL = 2.46% y para DMF = 1.81%; FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; Fc: F calculado; Pr>F: probabilidad; (*) significativo, (**) altamente significativo; NS: no significativo.

Los cultivares L-300, Ak'apuya y Umacutama tuvieron un mayor número de días desde la siembra hasta la floración con 104.67; 106.33, y 106.33 días en promedio respectivamente, diferente a las cultivares Illimani, Kullaca y Warikunka todas con hábito de crecimiento 'lasta' que obtuvieron 96.67; 95.33 y 98.33 días respectivamente. Estas diferencias podrían deberse a las características propias de los cultivares por su desarrollo más precoz en los cultivares con hábito de crecimiento lasta, mientras que los cultivares con hábito 'saihua' fueron más tardíos en su desarrollo.

La prueba de rango múltiple de Duncan identificó cuatro grupos de acuerdo al tiempo a la madurez fisiológica (Figura 4).

El grupo A conformado por los cultivares L-300, Ak'apuya y Umacutama con 1147-148 días después de la siembra (DDS), el grupo B conformado por los cultivares Illimani y L-300 con 141-146 DDS, el grupo C formado por los cultivares Illimani y Kullaca con 131-148 DDS, y por último el grupo D formado por el cultivar Warikunka y Ak'apuya con 136 DDS (Figura 4).

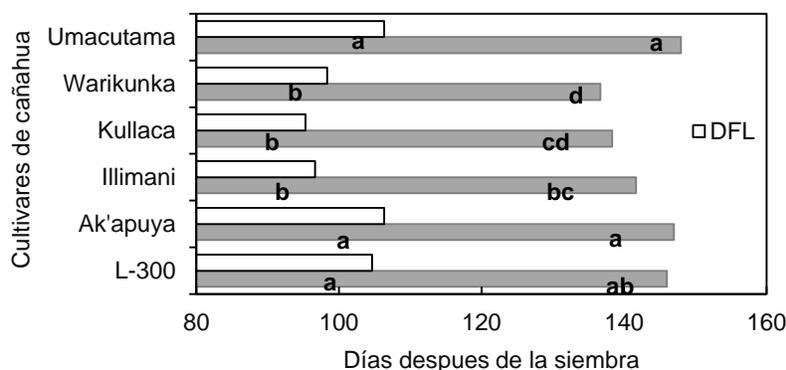


Figura 4. Días a la floración (DFL) y días a la madurez fisiológica (DMF) en seis cultivares de cañahua. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($Pr < 0.05$) entre medias de acuerdo con comparación de medias de Duncan ($n = 4$).

Comparando los resultados del presente trabajo de investigación con el realizado por Ardaya (2012) se puede observar la semejanza en los comportamientos de los cultivares 'lasta' y 'saihua'. Los cultivares con habito de crecimiento 'saihua' tuvieron un ciclo largo hasta alcanzar la madurez fisiológica en comparación a los cultivares con habito de crecimiento 'lasta'. Ardaya (2012) obtuvo una media para los cultivares Illimani y Kullaca de 138.67 y 130.56 días respectivamente, mientras que para el cultivar tipo

'saihua' obtuvo una media de 150 días desde la siembra hasta la madurez fisiológica.

Altura de planta

La Tabla 3 señala que no existieron diferencias significativas entre bloques ($Pr = 0.3486$), pero se tiene diferencias significativas en cultivares de cañahua ($Pr = 0.0194$).

Tabla 3. Altura de planta en seis cultivares de cañahua.

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque		2	0.898	0.449	0.013	0.3486 NS
Cultivar		5	440.600	88.120	2.572	0.0194 *
Error		10	342.600	34.260		

CV = 23%

Las alturas de planta de los cultivares Ak'apuya (32.33 cm) y L-300 (32.11 cm), fueron superiores a los cultivares Warikunka, Illimani, Umacutama y Kullaca (Figura 5). La diferencia se atribuye al hábito de crecimiento de los cultivares tipo 'saihua' que son de crecimiento con ramas erectas y poca ramificación mientras que los cultivares tipo 'lasta' presentan

mayor ramificación y frondosidad alcanzando una cobertura vegetal mayor a los cultivares 'saihua'. No existen diferencias estadísticas entre las alturas de planta de Illimani (22.33 cm) y Warikunka (25.61cm). Sin embargo, las alturas de planta de Umacutama (21.11 cm) y Kullaca (20.00 cm) fueron inferiores, respectivamente.

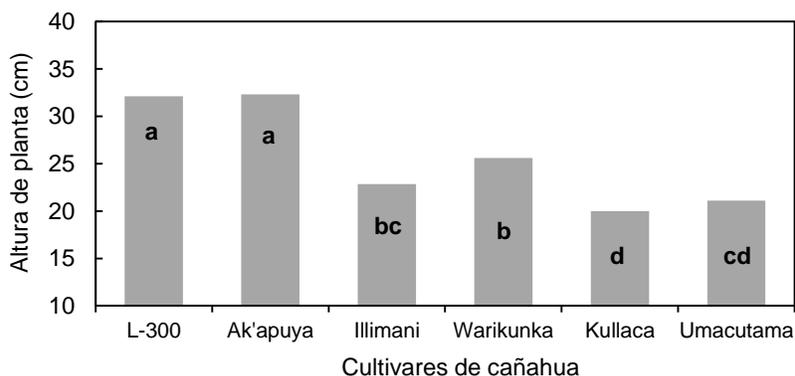


Figura 5. Altura de planta en seis cultivares de cañahua. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($Pr < 0.05$) entre medias de acuerdo con comparación de medias de Duncan ($n = 4$).

Rendimiento de grano e índice de cosecha

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 4) muestran que no existen diferencias estadísticas significativas en rendimiento de grano entre bloques (Pr=0.1859) y cultivares (Pr=0.1685). El rendimiento para Ak'apuya fue 709.21 kg ha⁻¹ y L-300 de 706.68 kg ha⁻¹, estadísticamente no fueron superiores entre sí, pero son superiores a los rendimientos de Kullaca,

Illimani, Umacumata y Warikunka con 645.96; 538.25; 494.95 y 341.23 kg ha⁻¹. El cultivar Kullaca con 645.96 kg ha⁻¹ estadísticamente fue superior en rendimiento a los cultivares Illimani, Umacutama y Warikunka con 538.25; 494.95 y 341.23 kg ha⁻¹; por otra parte, el cultivar Illimani con 538.25 kg ha⁻¹ fue superior sobre los cultivares Umacutama con 494.95 kg ha⁻¹ y Warikunka con 341.23 kg ha⁻¹.

Tabla 4. Rendimiento de grano e índice de cosecha en seis cultivares de cañahua.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	122711.537	61355.768	2.00	0.1859 NS
Cultivar	5	302770.579	60554.116	1.97	0.1685 *
Error	10	306774.120	30677.412		
Índice de cosecha					
Bloque	2	0.005	0.0025	0.675	0.0741 NS
Cultivar	5	0.017	0.0034	0.919	0.0544 **
Error	10	0.037	0.0037		

CV: coeficiente de variación para rendimiento de grano = 30.58% y; 12.91% para índice de cosecha.

El análisis de varianza (Tabla 4) para el índice de cosecha muestra que no existen diferencias significativas entre bloques (Pr=0.0741), la disposición de bloques no ha influido en el índice de cosecha de los cultivares, asimismo, no existen diferencias significativas entre cultivares de cañahua (Pr=0.0544).

Los índices de cosecha superiores fueron para los cultivares Illimani y Kullaca con 0.51 y 0.50, seguidos por Umacutama, Ak'apuya, L-300 y Warikunka con 0.48; 0.45 y 0.43. Marin en 2002 reportó índices de cosecha de 0.29 en ecotipo Saihua Roja y 0.27 para Lasta Amarilla. Vidaurre (2002) afirma que el índice de cosecha en cañahua está relacionado por el rendimiento de grano y broza, y que pueden estar influenciados por las fases fenológicas del cultivo.

Peso de 1000 granos y densidad de granos

El análisis de varianza de la Tabla 5 indica que no

existen diferencias significativas entre bloques (Pr = 0.1201) pero, si hay diferencias significativas entre los cultivares (Pr = 0.0001).

Los cultivares con mayor peso de 1000 granos fueron Illimani y Kullaca con 0.85 y 0.79 g respectivamente. El cultivar con menor PMS fue L-300 con 0.56 g. El cultivar Illimani con 0.85 g de PMS, fue estadísticamente superior sobre Kullaca (0.79 g), Umacutama (0.66 g), Ak'apuya (0.64 g), Warikunka (0.62 g) y L-300 (0.56 g).

La diferencia significativa entre los cultivares para el peso de mil granos supone que el desarrollo del cultivo pudo haber influenciado en la calidad de grano respecto a su peso y también a su tamaño.

Algunos cultivares presentaron valores menores de PMS a los registrados por Ardaya (2012) quien obtuvo 1.05 g para el cultivar L-300, 0.92 g para el cultivar Kullaca y 0.89 g para el cultivar Illimani.

Tabla 5. Análisis de varianza para el peso de 1000 gramos (PMS).

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	0.0025	0.00127	2.64	0.1201 NS
Cultivar	5	0.1870	0.03730	77.78	0.0001 *
Error	10	0.0048	0.00048		
Peso volumétrico del grano					
Bloque	2	2.0447	1.02230	0.52	0.6084 NS
Cultivar	5	155.7190	31.14400	15.91	0.0002 **
Error	10	19.5711	1.95700		

CV: coeficiente de variación para PMG = 3.19% y 1.9% para PVM.

El análisis de varianza indica que para el peso volumétrico o hectolitrico (Tabla 5) no existen diferencias significativas entre los bloques ($Pr=0.6484$), pero si existen diferencias altamente significativas entre los cultivares ($Pr=0.0002$). La prueba de rango múltiple de Duncan identificó dos grupos de los cultivares de cañahua, el grupo A conformado por los cultivares Illimani, Kullaca y Umacutama, y el grupo B formado por los cultivares

L-300, Ak'apuya y Warikunka. El cultivar Illimani tuvo un peso volumétrico superior de 75.86 kg hl^{-1} y el inferior fue $659.38 \text{ kg hl}^{-1}$ para Ak'apuya (Figura 6). Esta variación se debe a las características propias de los cultivares, asimismo, a los cultivares con hábito de crecimiento 'lasta' fueron más precoces y tuvieron mayor peso volumétrico en comparación a los cultivares con hábito de crecimiento 'saihua'.

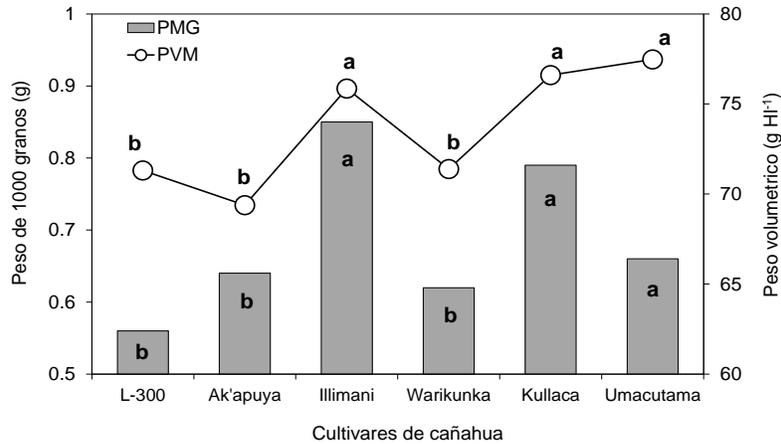


Figura 6. Peso de 1000 granos (PMG) y peso volumétrico (PVM) en seis cultivares de cañahua. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($Pr<0.05$) entre medias de acuerdo con comparación de medias de Duncan ($n = 4$).

Pérdida del grano por dehiscencia en la planta y acción del método de cosecha

No existieron diferencias significativas entre bloques ($Pr=0.1267$), la disposición de bloques influyó en la pérdida de grano por desgrane natural, existieron diferencias significativas entre cultivares ($Pr=0.0004$).

Asimismo, el análisis de varianza (Tabla 6) muestra que los bloques no influyeron en el método de cosecha ya que las diferencias entre estos no son significativas ($Pr=0.0814$), para los cultivares ($Pr=0.0088$) y el método de cosecha ($Pr=0.0003$) las diferencias fueron significativas, la interacción entre cultivares y métodos de cosecha tuvo diferencias significativas ($Pr=0.0088$).

Tabla 6. Peso de la pérdida del grano por dehiscencia y por el método de cosecha.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	2.07800	0.039	3.000	0.1267 NS
Cultivar	5	0.79200	0.158	12.154	0.0004 *
Error	10	19.57110	1.957		
Pérdida de grano por acción del método de cosecha					
Bloque	2	2.11614	1.05807	1.311541	0.0814 NS
Método de cosecha	2	7.62689	3.813445	4.726993	0.0003 *
Cultivar	5	58.83821	11.767642	14.586696	0.0088 *
Cultivar x método de cosecha	10	13.63820	1.36382	1.690536	0.0088 *
Error	34	27.42910	0.806738		0.0623 NS
Total	53	109.64800			

CV: coeficiente de variación para dehiscencia de granos = 19.62% y 32.88% para desgrane por métodos de cosecha.

El promedio de la pérdida de grano por la dehiscencia (DHN) para el cultivar Illimani fue 1.042 kg ha^{-1} , superior a los cultivares Warikunka, Kullaca, L-300, Ak'apuya y Umacutama que obtuvieron 0.539 ; 0.523 ; 0.463 ; 0.495 y 0.420 kg ha^{-1} (Figura 7). Los cultivares con mayor desprendimiento de grano antes de la

cosecha fueron Illimani, Kullaca y Warikunka, esta situación se debe a que los cultivares 'lasta' tienen mayor cobertura por unidad de superficie expuesta a las condiciones de campo como: lluvia, granizo, viento y ataque de pájaros. Los promedios de los cultivares Warikunka, Kullaca y Ak'apuya no son superiores entre

sí, pero si son superiores a los cultivares L-300 y Umacutama, este último a pesar de tener un hábito de crecimiento 'lasta' mostró una dehiscencia natural inferior a los cultivares Illimani, Kullaca y Warikunka, esta diferencia se debe a que Umacutama tuvo un ciclo

de crecimiento tardío. Además, se sospecha que la diferencia se debe a que este cultivar (variedad nativa) podría presentar una mayor resistencia a las condiciones de campo que el resto de los cultivares con hábito de crecimiento 'lasta'.

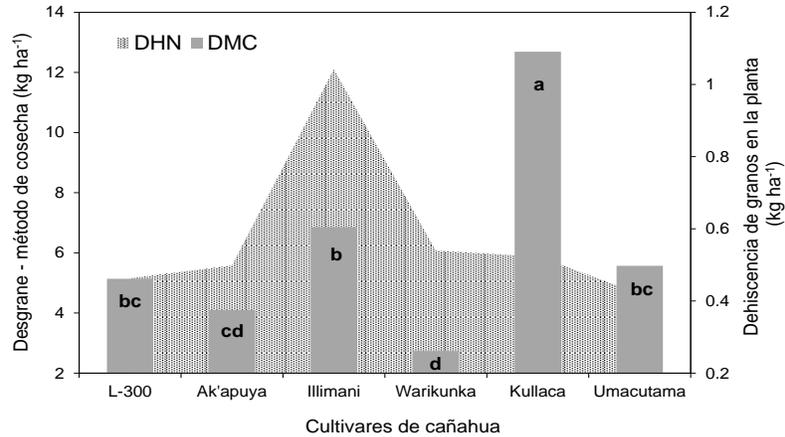


Figura 7. Dehiscencia natural de granos (DHN) y desgrane durante la aplicación de métodos en la cosecha (DMC) en seis cultivares de cañahua. Letras diferentes denotan diferencias significativas ($Pr < 0.05$) entre medias de acuerdo con comparación de medias de Duncan ($n = 4$).

Según la prueba de rango múltiple de Duncan, el cultivar Kullaca tuvo una pérdida de grano los métodos de cosecha utilizados (DMC) de 12.688 kg ha⁻¹. Este cultivar tuvo un ciclo de crecimiento precoz y su madurez fisiológica fue antes que el resto de los otros cultivares. El cultivar Illimani tuvo una DMC de 6.852 kg ha⁻¹ y los cultivares L-300, Ak'apuya y Umacutama con valores de 5.137; 4.100 y 5.570 kg ha⁻¹, el cultivar con menor pérdida de grano por DMC fue Warikunka con solo 2.732 kg ha⁻¹.

Warikunka demostró ser más precoz en su desarrollo con respecto a los demás cultivares y tuvo menor pérdida de grano durante la cosecha, demostrando que tiene buena resistencia a la acción mecánica a las técnicas de cosecha. Otra razón para esta diferencia es que este cultivar al momento de la cosecha presentó el tallo aun tierno mientras que los demás mostraron el tallo ya casi seco, lo que suponía una mayor resistencia al método de cosecha empleado.

La comparación de medias para DMC, señala que estadísticamente el método de cosecha de Arrancado con 477.402 kg ha⁻¹ es superior a los métodos de cosecha con hoz 297.608 kg ha⁻¹ y tijeras con 161.819 kg ha⁻¹. El método menos recomendable es el arrancado manual debido a que en el momento de la cosecha el suelo en el que se desarrolló el cultivo se encuentra seco debido al poco aporte de lluvias, lo que

lleva a ejercer más fuerza y más daño a la planta a ser arrancada lo que se traduce en un mayor grado de dehiscencia, además de que la raíz de la planta es extraída con piedrecillas e impurezas que dificultan la limpieza del grano, desde el punto de vista agronómico, el arrancar la planta equivale a quitar del suelo el aporte de materia orgánica necesaria para el desarrollo de cultivos futuros.

CONCLUSIONES

El cultivar Illimani tuvo un desgrane natural de 1.042 kg ha⁻¹, esto debido a su precocidad, pues alcanzó la madurez fisiológica en 141 días, presentando mayor susceptibilidad al desgrane precosecha a causa de las condiciones de campo como granizo, lluvia y viento, mientras que para Umacutama se tuvo una dehiscencia natural de 0.420 kg ha⁻¹, esto debido a su comportamiento tardío con respecto a los demás cultivares.

Se tiene mayor pérdida durante la cosecha por el método de arrancado con 477.402 kg ha⁻¹, la pérdida por el método con hoz fue de 297.608 kg ha⁻¹ y el método con tijera de 161.819 kg ha⁻¹. El método no recomendable es el arrancado manual por las pérdidas en el desgrane a causa del daño que recibe la planta al momento de la cosecha. Esta requiere de más tiempo para recolectar y extraer del suelo, cuando esta

carece humedad durante la época de cosecha (marzo-abril-mayo) del año en que comúnmente se realiza la cosecha y dificulta el manejo de futuros cultivos a realizarse en el terreno en la parcela.

Los rendimientos de grano para los cultivares de Ak'apuya, L-300, Kullaca, Illimani, Umacutama y Warikunka fueron de 709,21; 706,68; 645,96; 538,25; 494,95 y 341,23 kg ha⁻¹, estos resultados indican que los cultivares tuvieron mejor adaptabilidad en la localidad de Carabuco, Altiplano fueron los cultivares Ak'apuya y L-300, de crecimiento tipo 'saihua' por su rendimiento superior en comparación a los demás cultivares, además que la dehiscencia en ellos fue menor antes y durante la cosecha. La cañahua es una planta de múltiples propósitos y por su carácter de semi-domesticación en la dehiscencia de granos, se recomienda utilizar el método de cosecha de corte con hoz y tijera de podar.

AGRADECIMIENTOS

Damos nuestro agradecimiento al Proyecto "ANDESCROP-Usa Competente de Cultivos Andinos de Alto Valor" financiado por el gobierno Danés a través de DANIDA, por brindar con el apoyo económico para realizar el trabajo de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Alanoca, C. 2006. Evaluación económica de la producción y comercialización de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en tres comunidades del altiplano norte. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 120 p.

Ardaya, C. 2012. Comportamiento agronómico de tres variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en proceso de introducción en la localidad de Carabuco-La Paz. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 98 p.

Calzada, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Jurídica. Tercera Edición. Lima, Perú. 643 p.

Asociación Cuna. 2010. Propuesta de Proyecto: Recuperación de semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) en cuatro comunidades del municipio de Carabuco circundantes al Lago Titicaca. La Paz, Bolivia. 48 p.

Gobierno Municipal de Carabuco. 2007. Plan de desarrollo municipal 2007-2011. 315 p.

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2012. Bolivia características de población y vivienda; censo nacional de población y vivienda 2012. La Paz, Bolivia. 127 p.

Lescano, J. L. 1994. Genética y Mejoramiento de cultivos Altoandinos. Programa Interinstitucional de Waru Waru, Convenio INADE/DELT-COTESU. 1ª Edición. Puno, Perú. 43 p.

Maydana, E. 2010. Evaluación de la producción de seis variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con participación de agricultores en la comunidad de Pacaure del municipio de Mocomoco. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 110 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2013. Sistema de información. Disponible en <http://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>

PROINPA, 2006. Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos alto andinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Final Septiembre 2005-Agosto 2006. La Paz, Bolivia. 415 p.

Rodríguez, M. 2007. Evaluación de las pérdidas de grano y grado de impurezas en cuatro métodos de cosecha de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la comunidad de Quipaquipani, Viacha. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 70 p.

Rodriguez, J.P., Aro, M., Coarite, M., Jacobsen, S.-E., Ørting, B., Sørensen, M., Andreasen, C. 2017. Seed shattering of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Journal of Agronomy and Crop Sciences, <https://doi.org/10.1111/jac.12192>

Pinto, M., Rojas, W., Soto, J. 2008. Ficha Técnica Variedad Kullaca. PROINPA. La Paz, Bolivia. 4 p.

Tapia, M. 1997. Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en cultivos Andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Santiago, Chile. 94 p.

Vidaurre, R. 2002. Determinación de la época óptima de cosecha en tres cultivares saihua de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 109 p.

Artículo recibido en: 4 de febrero 2018

Aceptado en: 5 de octubre 2018