

## **EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS COMERCIALES EN QUINUA ROJA (*Chenopodium quinoa Willd.*) EN K'IPHAK'IPHANI, PROVINCIA INGAVI – La Paz**

### **Assessment of commercial characteristics in red quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) in K'iphak'iphani, Province Ingavi – La Paz**

Liliana Calle Sillo<sup>1</sup>, Carmen del Castillo Gutiérrez<sup>2</sup>, Amalia Vargas Mena<sup>1</sup>, Alejandro Bonifacio Flores<sup>1</sup>

#### **RESUMEN**

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Investigación K'iphak'iphani localidad de Viacha, departamento de La Paz, con la finalidad de evaluar variables en la cosecha y post cosecha de 12 líneas de quinoa roja (*Chenopodium quinoa Willd.*) seleccionadas por su resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis*). Los objetivos fueron evaluar las variables cuantitativas en la cosecha, determinando su respectivo índice de cosecha, evaluar el peso hectolítrico y su relación con el tamaño de grano, determinar las categorías de grano según calibre y sus proporciones, probar la calidad de semilla en la germinación y evaluar la calidad del grano al ser procesada (expandido y laminado). Los resultados de las variables cuantitativas mostraron diferencias estadísticas entre líneas, se determinó que a mayor altura de planta existe mejor desarrollo y calidad de grano, las líneas evaluadas presentaron mayor porcentaje de grano mediano. Sin embargo, presentan diferencias altamente significativas al ser procesadas, con buena calidad de grano para semilla, características que se atribuyen al material genético, lo que conduce a establecer criterios técnicos de evaluación en el proceso de selección en campo y aprovechamiento diferenciado de variedades en la agroindustria de la quinoa.

**Palabras claves:** Resistencia, post cosecha, expandido, laminado, procesado, quinoa.

#### **ABSTRACT**

The research was carried at the Research Center K'iphak'iphani Viacha, La Paz department, in order to evaluate the variables in the harvest and post-harvest of 12 lines of selected red quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) For its resistance to mildew (*Peronospora variabilis*). The objectives were to evaluate the quantitative variables in the harvest, determining their respective harvest index, to evaluate the hectoliter weight and its relation to grain size, to determine the categories of grain according to caliber and their proportions, to test seed quality in germination and evaluate the quality of the grain processed (expanded and laminated). The results of the quantitative variables showed statistical differences between lines, it was determined that at higher plant height there is better development and grain quality, the evaluated lines presented higher percentage of medium grain, however, the same ones that also present highly significant differences to processed, with good quality of grain for seed, characteristics that are attributed to the genetic material, which leads to establish technical criteria of evaluation in the process of field selection and differentiated use of varieties in the quinoa agroindustry.

**Key words:** Resistance, post-harvest, expanded, laminated, processed, quinoa.

<sup>1</sup> Investigadores de la Fundación PROINPA.

<sup>2</sup> Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

## INTRODUCCIÓN

Sobre la importancia de la quinua, Bonifacio y López (2013) sugieren que la semilla producida en sus categorías certificada y artesanal tiene alta demanda, y su precio sube cada vez más y más, actualmente el mercado no diferencia variedades por su calidad intrínseca. Solamente se diferencia en base a dos criterios: tamaño y color.

La quinua roja en particular, no ha sido objeto de evaluación por sus características en la post cosecha, sin embargo, la agroindustria de la quinua ya está incluyendo este tipo de grano a los productos comerciales. La quinua de grano rojo tiene demanda en el mercado, lo que contribuye a mantener la diversidad genética.

La evaluación de líneas mejoradas, es un proceso previo a la liberación de nuevas variedades, los caracteres agronómicos son frecuentemente evaluados y las variables relacionadas con la calidad comercial e industrial son escasamente valoradas, el objetivo de la presente investigación es evaluar la calidad comercial que presentan las 12 líneas de quinua roja seleccionadas por su resistencia al mildiu (*Peronospora variabilis*), tomando en cuenta variables a partir de la cosecha con perspectivas de aplicación en la agroindustria.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en predios del Centro Experimental K'iphak'iphani, situado a 2 km del Municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz.

El material utilizado estuvo integrado por 12 líneas de quinua roja. La investigación inició a partir de la madurez fisiológica de la planta, los granos fueron expuestos al sol sobre lonas por separado, posteriormente se tomaron las muestras para evaluar las variables cuantitativas, peso y altura de planta, diámetro y longitud de panoja. La obtención de grano se realizó mediante la trilla y venteo de las plantas de quinua. Los parámetros de calidad de semilla fueron determinados mediante: el peso hectolítrico, categorización de grano por tamaño (según norma IBNORCA), porcentaje de germinación, índice de expansión en la obtención de pipocas, y calidad de laminado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadrados medios de las variables cuantitativas (Tabla 1), muestran diferencias estadísticas entre líneas y no significativo para bloques, el porte de la planta fue erecta y sin ramificación en el tallo principal en todas las líneas.

Tabla 1. Cuadrados medios del ANVA de Altura de planta, Diámetro de panoja, longitud de panoja, rendimiento de grano e Índice de Cosecha.

Fuente de variación	Grados de libertad	CM Altura de planta	CM Diámetro de panoja	CM Longitud de panoja	CM Rendimiento	CM Índice de cosecha
Bloques	2	43,83 ns	0,0656 ns	8,61ns	785056ns	0,001809ns
Genotipos	11	180,1*	0,8585**	47,89**	333730ns	0,009676*
Error	22	64,87	0,143	7,218	281918	0,00327
Total	35					
CV (%)		8,7	11	15,1	24,4	14,4

FV=Fuentes de Variación; CV=Coeficiente de Variación; \*\*=Altamente significativo; \*=Significativo; ns=no significativo.

La prueba de comparación Duncan para las variables cuantitativas, la línea 2 del grupo "a" desarrolló mayor altura de planta, diámetro y longitud de panoja,

la misma que está relacionada con el ciclo de la planta (162 días), por el contrario las más precoces desarrollaron menor altura de planta (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de medias similares Duncan para altura de planta (AltP), diámetro de panoja (DPn) y longitud de panoja (LPn).

Línea	Altura de planta	Duncan	Línea	Diámetro de panoja	Duncan	Línea	Longitud de panoja	Duncan
2	109,00	a	2	4,65	a	2	26,77	a
1	101,03	ab	1	4,10	ab	11	21,80	ab
10	98,60	abc	4	3,69	bc	8	21,07	ab
4	96,73	abc	5	3,58	bcd	1	19,30	ab
8	95,53	abc	8	3,52	bcd	6	17,88	abc
11	94,07	abc	11	3,40	bcd	10	17,00	abcd
6	94,03	abc	6	3,31	cd	5	16,73	abcd
5	86,93	bc	12	3,27	cd	12	16,73	abcd
12	86,33	bc	10	3,02	cd	4	16,60	abcd
9	85,40	bc	3	2,90	d	7	13,73	cd
3	85,27	bc	7	2,88	d	9	13,70	cd
7	83,67	c	9	2,873	d	3	12,53	d

Gabriel *et al.* (2013) demostraron que las plantas con menor altura poseen panojas pequeñas de menor diámetro, menor rendimiento y mayor susceptibilidad al mildiu y del mismo modo, las plantas más altas tuvieron mayor longitud y diámetro de panoja, mayor diámetro de tallo, mayor rendimiento y resistencia al mildiu.

La prueba de medias similares de Duncan, agrupándose en cuatro, la línea L-GO destacó mayor

índice de cosecha en el grupo “a” de Duncan, y la línea 1 evidenció menor índice 0,29 en el grupo “d”, es decir, las plantas llegaron a formar menos cantidad de grano en la panoja (Tabla 3).

El índice de cosecha permitirá realizar selección con fines de mejoramiento, parámetro que influye en el rendimiento como la línea L-GO presenta un índice de 0,48 que a su vez contrastó con un rendimiento de 2511 kg ha<sup>-1</sup> a nivel de parcela experimental.

Tabla 3. Comparación de medias similares Duncan Índice de cosecha

Genotipo	Índice de cosecha	Duncan
7	0,4789	a
12	0,4670	ab
6	0,4518	ab
8	0,4389	ab
3	0,4248	abc
9	0,3976	abcd
11	0,3880	abcd
5	0,3791	abcd
2	0,3747	abcd
4	0,3615	bcd
10	0,3275	cd
1	0,2904	d

#### Variables comerciales en la post cosecha

La Tabla 4, presenta los cuadrados medios el análisis de varianza para tamaño de grano grande

(grano retenido en la malla de 2,0 a 1,70 mm), donde se determinó que existen diferencias altamente significativas entre líneas y no significativos para bloques

Tabla 4. Cuadrados medios del Análisis de Varianza para tamaño de grano grande, mediano y pequeño. Peso hectolítrico de grano grande (PhecGG), grano mediano (PhecGM) y grano pequeño (PhecGP).

Fuente de variación	Grados de libertad	CM grano grande	CM grano mediano	CM grano pequeño	CM PhecGG	CM PhecGM	CM PhecGP
Bloques	2	4,466ns	8,027ns	2,234**	0,2998ns	0,2166ns	0,284**
Genotipos	11	807,891**	690,487**	512,359**	3,1227**	7,0272**	22,134**
Error	22	20,973	24,298	3,631	0,2852	0,5969	1,36
Total	35						
CV(%)		21,02	7,13	21,5	0,7	1,1	1,6

FV=Fuentes de Variación; CV=Coeficiente de Variación; \*\*=Altamente significativo; \*=Significativo; ns=no significativo.

La comparación de medias de Duncan (Tabla 5) para el tamaño de grano grande permite diferenciar cuatro grupos de similitud, las líneas 3, 8 y 5 en el grupo "a"

con mayores porcentajes de grano grande: 46,4%; 45,9% y 40,53% respectivamente.

Tabla 5. Comparación de medias similares Duncan para tamaño de grano grande (TGG), mediano (TGM) y pequeño (TGP).

Líneas	%TGG	Duncan	Líneas	%TGM	Duncan	Líneas	%TGP	Duncan
3	46,36	a	11	90,90	a	10	49,90	a
8	45,90	a	7	83,56	a	11	9,10	b
5	40,53	a	2	82,43	a	2	8,00	bc
9	29,83	b	1	82,43	a	6	6,40	bcd
12	25,50	b	4	82,23	a	9	6,10	bcd
6	25,00	b	12	69,96	b	12	4,53	cde
1	13,50	c	6	68,60	b	4	4,50	cde
4	13,26	c	9	64,06	bc	7	4,46	cde
7	11,96	c	5	56,26	cd	1	4,06	de
2	9,56	c	3	51,00	d	8	3,46	de
11	0,0	d	10	50,10	d	5	3,20	de
10	0,0	d	8	48,13	d	3	2,63	e

El grano grande es apreciado en el mercado y comercializado como quinua perlada, de los resultados obtenidos, se puede apreciar la variación en tamaño de grano entre líneas de quinua roja, cabe destacar la ausencia de grano extra grande en las líneas evaluadas.

La TABLA 6, presenta la prueba de Duncan para el peso hectolítrico de grano grande, donde se determinó cuatro grupos diferenciados. Parámetro que permite evaluar la densidad del grano, cuando es mayor, la probabilidad de encontrar granos dañados es baja, las líneas evaluadas no presentaron grano dañados ni quebrados.

Tabla 6. Comparación de medias similares Duncan para Peso hectolítrico de grano grande (PhecGG), grano mediano (PhecGM) y grano pequeño (PhecGP).

Líneas	PhectGG	Duncan	Líneas	PhectGM	Duncan	Líneas	PhectGP	Duncan
1	72,55	a	2	75,73	a	10	76,37	a
7	71,98	ab	7	75,17	ab	2	75,43	ab
12	71,93	ab	1	74,25	bc	7	73,75	bc
5	71,65	ab	5	73,80	bcd	9	72,87	cd
9	71,62	ab	10	73,38	cde	6	72,70	cd
6	71,56	ab	9	73,20	cdef	1	71,37	de
4	71,27	bc	6	73,08	cdef	4	71,27	de
3	71,27	bc	12	72,65	def	3	71,00	de
2	71,23	bc	8	72,43	def	8	70,09	ef
8	71,07	bc	4	72,00	ef	5	68,52	f
10	---		3	71,77	f	11	68,27	f
11	---		11	70,10	g	12	68,02	f

El porcentaje de germinación a las 24 horas en grano mediano plantea diferencias entre líneas, este parámetro advierte sobre la eficiencia de germinación y la uniformidad de la misma. Cabe señalar que todas las líneas superaron el 80% germinación a

las 36 horas (Tabla 7), denotando eficiencia en el proceso de germinación de cada línea, por influencia de la temperatura. La temperatura mínima registrada en laboratorio fue de  $-4^{\circ}\text{C}$  y la máxima de  $22^{\circ}\text{C}$  la máxima.

Tabla 7. Porcentaje de germinación a las 24, 36 y 48 horas de la hidratación.

Líneas	Germinación grano mediano			Germinación grano grande		
	24 horas	36 horas	48 horas	24 horas	36 horas	48 horas
1	91	100		97	100	
2	63	100		89	100	
3	77	100		94	100	
4	98	100		99	100	
5	80	99	99	88	100	
6	91	98	98	96	92	100
7	90	99	100	99	100	
8	89	99	99	98	100	
9	78	94	97	89	90	96
10	100			95		
11	93	99	99	98	100	
12	91	100		98	100	

Jacobsen y Bach (1998) citado por Bertero (2014), estudiaron la influencia de la temperatura sobre la germinación e identificaron una temperatura optima de entre  $30$  y  $35^{\circ}\text{C}$ , donde las semillas alcanzaron 100% de germinación en un día, bajo temperatura y humedad adecuada, pues a mayor temperatura se aceleran los procesos.

La Tabla 8, reporta los cuadrados medios del ANVA para el volumen expandido (obtención de pipocas) y laminado de quinua (hojuelas enteras obtenidas después del tamizado), como resultado de un ensayo previo para determinar la humedad adecuada para el acondicionamiento y tiempo de oreo, además, se estableció una temperatura constante.

Tabla 8. Cuadrados medios del ANVA para expandido y laminado de quinua.

Fuente de variación	Grados de libertad	CM Volumen expandido	CM %hojuelas enteras de quinua
Bloques	2	0,47 ns	1,73 ns
Genotipos	11	43,46 **	221,05 **
Error	22	1,12	7,4
Total	35		
CV(%)		5,85	3,54

CV=Coefficiente de Variación; \*\*=Altamente significativo; \*=Significativo; ns=no significativo.

En la comparación de medias similares Duncan (Tabla 9), la línea 2 sobre sale con un volumen de 26 cc de un volumen inicial de 10 cc, la misma se encuentra en el grupo "a" destacada entre las demás por su excelente calidad para el expandido, además de presentar un agradable color y apariencia;

la línea 1 del grupo "b" también obtuvo un buen expandido, por otra parte, los genotipos 11, 9, 12 y 3 con valores superiores al 80% de hojuelas enteras, perteneciendo al grupo "a" de Duncan, que poseen buenas características para el mencionado proceso de transformación.

Tabla 9. Comparación de medias similares para volumen expandido y porcentaje de hojuelas de quinua.

Líneas	Volumen expandido	Duncan	Líneas	Porcentaje de hojuelas enteras	Duncan
2	26,39	a	11	90,90	a
1	24,07	b	7	83,56	a
7	20,81	c	2	82,43	a
11	18,54	d	1	82,43	a
4	18,28	de	4	82,23	a
9	16,51	ef	12	69,96	b
5	15,81	f	6	68,60	b
12	15,78	f	9	64,06	bc
8	15,73	f	5	56,26	cd
3	15,29	f	3	51,00	d
10	14,97	f	10	50,10	d
6	14,79	f	8	48,13	d

La calidad del laminado fue determinado en el producto final, con un mayor porcentaje de hojuelas enteras y menor cantidad de sémola; cabe destacar que en el proceso también influye la humedad del grano de quinua, por esa razón se determinó anticipadamente la humedad adecuada para laminar después del beneficiado y secado de acuerdo a la línea (23% de humedad promedio), con un acondicionado superficial de una mínima cantidad de agua 12 ml para 100 g de quinua.

## CONCLUSIONES

La formación de grano en líneas de quinua roja está influenciada por el ciclo de la planta, interviene la altura de la planta, diámetro y longitud de panoja, y

por ende al índice de cosecha, mostrando diferencias estadísticas entre líneas.

Las líneas no presentan grano extra grande, existe predominancia de grano mediano. Los mayores valores en peso hectolítrico fueron registrados en grano mediano, la línea 1 con 72,55 kg hl<sup>-1</sup> en grano grande y 74,25 kg hl<sup>-1</sup> en mediano.

El porcentaje de germinación de grano grande en líneas de quinua no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, los valores de germinación son elevados a comparación de grano mediano, esto se debe a la mayor uniformidad en grano grande para todos los genotipos.

La evaluación del expandido y laminado de quinua, permite la selección de líneas de quinua que puedan aprovecharse eficientemente mediante un proceso de transformación adecuado, según las características que presenta. Las líneas estudiadas presentan diferencias en la calidad del producto final, característica atribuida al material genético.

## BIBLIOGRAFÍA

Alanoca, C. 2014. Diversidad morfológica, fenológica y calidad de semilla en ecotipos de quinua, conservadas en comunidad Irpani Altiplano sur. Cochabamba, Bolivia.

Bonifacio, A.; Gómez, L. y Rojas, W. 2014. Mejoramiento genético de la quinua y el desarrollo de variedades modernas. Capítulo 2.5: ed. Bazile S. et al. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 203-226.

Bonifacio, A. y López, T. 2013. Selección y evaluación de quinua roja y negra. Avances de Investigaciones Científicas en celebración del año internacional de la quinua. IN: Del Castillo, C y Bosque, H. (Coord. Ed.).

Avances de investigaciones científicas en celebración del año internacional de la quinua. Facultad de Agronomía – UMSA. La Paz, Bolivia. p. 22.

Calderón, I. y Guarachi, A. 2009. Contribución al estudio físico-químico integral de 15 eco tipos y variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) con fines agroindustriales (tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad Técnica, Química industrial. La Paz, Bolivia.

Gabriel, J.; Luna, N.; Vargas, A.; Magne, J.; Angulo, A.; La Torre, J. y Bonifacio, A. 2013. "Caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en el Valle Bajo de Cochabamba, Bolivia", Congreso Científico de la quinua.

IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). 2002. Quinua Grano Clasificación y requisitos. NB 312004. La Paz, Bolivia. p. 4.

Artículo recibido en: 10 de julio del 2016  
Manejado por: Comité Editorial  
Aceptado en: 17 de octubre del 2016