

Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia)

Evaluation of 16 genotypes of sweet quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the municipality of Iles, Nariño (Colombia)

Adriana I. Delgado P.¹, Jaime H. Palacios C.¹ y Carlos Betancourt G.^{1,2}

RESUMEN

Debido a su alto potencial agrícola y nutritivo, el interés por la quinua se ha incrementado en los últimos años, convirtiéndola en alternativa de diversificación para la región andina. Sin embargo, se han detectado necesidades limitantes, así como buenas posibilidades de mejoramiento genético, aún escasamente exploradas. En la presente investigación, llevada a cabo en la vereda San Francisco del municipio de Iles, Nariño, se evaluaron 16 líneas de quinua dulce. Una parte de ellas fueron selecciones provenientes de los genotipos SL47, Piartal y Tunkahuan. El resto consistió en cuatro testigos comerciales (SL47, Piartal, Tunkahuan y Blanca de Jericó). El estudio fue conducido bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, a través del cual se evaluaron algunos componentes de rendimiento (altura de la planta, longitud de panoja, peso de 1.000 granos, y rendimiento), la reacción al mildeo vellosa y las características fenológicas. Posteriormente todas las variables fueron sometidas a análisis de varianza, prueba de Tukey (5%) y evaluación del grado de asociación por medio del análisis de correlaciones de Pearson. Los resultados mostraron la precocidad del grupo SL47 (128,75 a 135 días a madurez fisiológica). Al comparar las líneas con sus testigos, se observa que el grupo Tunkahuan (S20, S39, S44) obtuvo ganancia genética en rendimiento (2.635,25 a 2.699,83 kg ha⁻¹). El análisis de correlación mostró que hay asociación significativa entre las variables altura de la planta y longitud de panoja (0,739) por una parte, y por otra entre rendimiento y peso de 1.000 granos (0,647). SL47 testigo alcanzó el mayor índice de selección (0,960), mostrándose superior a las demás líneas.

Palabras clave: ganancia genética, índice de selección, precocidad, mildeo.

ABSTRACT

Due to its nutritious and agricultural potential, interest on quinoa has increased lately, turning it into a diversification alternative for the andean region. However, the detection of relevant needs and unexplored breeding possibilities has led to the present research study, which consisted in the evaluation of 16 lines of sweet quinoa. Part of them were accessions obtained from genotypes SL47, Piartal and Tunkahuan, and the rest were four commercial controls (SL47, Piartal, Tunkahuan and Blanca de Jerico). The study was conducted at the locality of San Francisco in the municipality of Iles (Nariño, Colombia), under a random block experimental design with four repetitions, evaluating some yield components such as plant height, panicle length, 1,000 grain weight and yield, reaction to downy mildew, and certain phenological traits. An analysis of variance was applied to the obtained data, together with a Tukey test (5%) and a Pearson correlation analysis. The results showed the precocity of SL47 (128.75 to 135 days at physiological maturity). In comparing the lines to the controls, the Tunkahuan group (S20, S39 and S44) exhibited genetic improvement regarding yield (2,635.25 to 2,699.83 kg ha⁻¹). The correlation analysis revealed significant associations between plant height and panicle length, on the one hand, and between yield and 1,000 grain weight, on the other hand. Having attained the best selection index, control SL47 proved to be the best of all the evaluated lines.

Key words: genetic improvement, selection index, precocious, mildew.

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie originaria de los Andes, domesticada y cultivada por distintas culturas indígenas desde tiempos inmemorables. En la actualidad se presenta como una opción alimentaria importante, especialmente en la nutrición de la población infantil (Sañudo *et al.*, 2005). Según Ayala *et al.* (2001), la

calidad nutricional del grano de quinua es considerable por su contenido y cantidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que, por el contrario, los cereales son deficientes en estos aminoácidos.

La quinua se cultiva tradicionalmente y en pequeña escala en el sur del departamento de Nariño, siendo de mayor

Fecha de recepción: 25 de septiembre de 2008. Aprobado para publicación: 2 de julio de 2009

¹ Departamento de Producción y Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto (Colombia).

² Autor de correspondencia. cbet70@yahoo.com

arraigo indígena, en donde se establece generalmente en arreglos intercalados con haba, chocho y la asociación de maíz con frijol (Sañudo y Arteaga, 2002). Para Cerón (2002), la quinua es una nueva especie para incorporar a la producción en la región andina que pretende competir en calidad, cantidad, precios y tecnología con el propósito fundamental de conseguir y sostener los mercados nacional e internacional que buscan esta fuente de sana y equilibrada alimentación.

La quinua tiene una capacidad grande para adaptarse a condiciones ecológicas muy diferentes. En comparación con otros cereales, la quinua no ha sido objeto de un mejoramiento genético sistemático y exhibe una gran variedad de entradas con las características más diversas (Wahli, 1990).

El mildeo es la enfermedad de la quinua que causa mayores daños a la planta. Existen variedades que sufren infecciones escalonadas o sistémicas; otras evidencian un alto grado de tolerancia o resistencia. La enfermedad se presenta en la mayoría de los lugares donde se cultiva la quinua, por la gran diversidad genética del patógeno y su amplio rango de adaptabilidad. En condiciones de alta presión de enfermedad, reduce los rendimientos de 33 a 58% (Danielsen *et al.*, 2000).

La quinua es una alternativa valiosa de diversificación para las regiones cerealeras. Los materiales cultivados son tardíos, de porte alto, muy ramificados y de grano amargo (Delgado y Benavides, 2000). Se han desarrollado materiales con bajos contenidos de saponina, denominados quinuas dulces, y con variabilidad evidenciada en porte, coloración, ramificación y ciclo de vida, que sirven de base para programas de mejoramiento por selección, en busca de líneas precoces para lograr óptimas condiciones en el establecimiento de monocultivo con altas densidades de población (Sañudo *et al.*, 2005).

Como germoplasma de quinua dulce se destacan las variedades:

- ‘Tunkahuan’: originaria de Ecuador, 144 cm de altura en promedio, semitardía (180 d de período vegetativo), planta púrpura y panoja amarillo anaranjada, glomerulada, grano blanco, tamaño de grano de 1,7 a 2,1 mm, contenido de saponina de 0,06 y 15,73% de proteína, tolerante a ligeramente susceptible al mildeo, con rendimiento de 2.200 kg ha⁻¹ en promedio, ligeramente susceptible a la sequía y heladas, tolerante al exceso de humedad y a la granizada, y susceptible al viento (Nieto *et al.*, 1992).

- ‘Blanca de Jericó’: procedente de Boyacá (Colombia), es de porte alto, semitardía, con ramificación abierta desde la base y panoja de color blanco rosado (Sañudo *et al.*, 2005).
- ‘Piartal’: es originaria del norte de Ecuador. Planta de color púrpura, 240 cm de altura y presenta susceptibilidad al mildeo. El grano es blanco opaco, de aproximadamente 2 mm de diámetro (Álvarez y Von Rutte, 1990).
- ‘SL47’: cultivar seleccionado por la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Es una variedad precoz, de porte bajo, ramas comprimidas y panoja de color blanco rosado (Sañudo *et al.*, 2005).

Los objetivos del mejoramiento en quinua están centrados en encontrar materiales con alto rendimiento, libre de saponinas, grano grande, resistencia a plagas y enfermedades, plantas uniformes, erectas y cortas, de panoja única terminal y glomérulos concentrados (Bonifacio *et al.*, 2001).

Sañudo y Betancourt (2005) determinaron que al encontrar plantas sobresalientes en poblaciones heterogéneas y en un solo ambiente, se hacen selecciones individuales, para hacer su multiplicación y evaluación en distintos ambientes, con la posibilidad de encontrar un individuo superior.

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño ha venido trabajando en el mejoramiento de la quinua dulce, siendo de gran interés encontrar por medio de evaluación distintos genotipos que puedan formar parte de sistemas productivos en la región. Con base en este criterio, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar 16 líneas de quinua dulce y cuatro testigos comerciales, determinando las características fenológicas, componentes de rendimiento y reacción al mildeo vellosa (*Peronospora farinosa*).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la vereda San Francisco del municipio de Iles, departamento de Nariño (Colombia), localizado a una altura de 2.985 msnm, con una temperatura media anual de 11°C y una precipitación promedio de 850 mm anuales.

El grupo de materiales estuvo compuesto por 16 líneas de quinua dulce procedentes de las líneas SL47, Piartal y Tunkahuan, coleccionadas por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y cuatro testigos comerciales (‘SL47’, ‘Piartal’, ‘Tunkahuan’ y ‘Blanca de Jericó’), las cuales se listan en la Tab. 1.

El lote experimental para el ensayo fue de 9,4 m x 67 m para un área total de 629,8 m² dividido en cuatro bloques de 9,4 m x 16 m para un área de bloque de 150,4 m², con una distancia entre bloques de 1 m, cada bloque compuesto por 20 parcelas de 2,4 m x 1,6 m, separado a 1 m entre calles. La parcela útil ocupó un área de 2,10 m x 0,8 m para un total de 1,68 m². En cada parcela se trazaron cuatro surcos de 2,4 m separados a 0,40 m; en cada surco se dispusieron siete sitios a una distancia de 0,30 m para colocar el fertilizante N, P y K (13-26-6) en dosis de 100 kg ha⁻¹, tapando ligeramente y depositando la semilla 0,1 g/sitio, a razón de 8 kg ha⁻¹. En la emergencia se aplicó Propamocarb hidrocloreuro en dosis de 40 cm³ i.a. por 20 L para el control de Damping off (*Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp.). La primera desyerba se realizó un mes después de la siembra, de forma manual, y una segunda desyerba y aporque a los dos meses.

TABLA 1. Dieciséis genotipos de quinua dulce y cuatro testigos evaluados, Iles, Nariño.

Genotipo	Parental	Color de Panoja	Lugar de colección
S16	Piartal	Rosada	Ipiales
S20	Tunkahuan	Morada	Pasto
S36	Piartal	Blanca	Córdoba
S39	Tunkahuan	Morada	Aldana
S44	Tunkahuan	Morada	Aldana
S48	Piartal	Morada	Ipiales
S50	Piartal	Morada	Ipiales
S51	Piartal	Morada	Ipiales
S81	Piartal	Morada	Córdoba
S90	SL47	Blanca	Pasto
S95	SL47	Blanca	Pasto
S100	SL47	Blanca	Pasto
S105	SL47	Blanca	Sapuyes
S112	SL47	Blanca	Sapuyes
S133	SL47	Blanca	Sapuyes
S164	SL47	Blanca	Sapuyes
Testigos	Blanca de Jericó	Blanca	Boyacá
	Tunkahuan	Morada	Carchi
	Piartal	Morada	Carchi
	SL47	Blanca	Pasto

VARIABLES EVALUADAS

Características fenológicas

Se evaluaron en forma descriptiva con las siguientes variables: días a emergencia (desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas emergieron), días a panojamiento (desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas formaron panoja), días a floración (desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas tenían florecidas las panojas), días a grano formado (desde la siembra hasta cuando más del 50% de las plantas presentaban granos con cierta resistencia) y días a madurez de cosecha (desde la siembra

hasta cuando más del 50% de las plantas presentaban el grano harinoso). Según Wahli (1990), los materiales de quinua se pueden clasificar por madurez fisiológica de la siguiente manera: materiales tardíos >180 d, materiales semitardíos, 150 y 180 d, materiales semiprecozes, 130 y 150 d, y materiales precozes <130 d.

Componentes de rendimiento

Se evaluaron las variables: altura de plantas, longitud de panoja central, número de ramas secundarias, peso de granos por panoja, peso de 1.000 granos y rendimiento de grano seco por hectárea, determinadas con la siguiente fórmula:

$$\text{kg ha}^{-1} = \frac{\text{peso parcela útil} \times 10.000 \text{ m}^2}{\text{área parcela útil m}^2} \quad (1)$$

Evaluación de mildew veloso

Se tomaron diez plantas al azar en época de floración de cada tratamiento, y se evaluó la severidad del ataque midiendo el porcentaje de tejido afectado de cada planta teniendo en cuenta la escala propuesta por Inguilan y Pantoja (2007) Fig. 1.

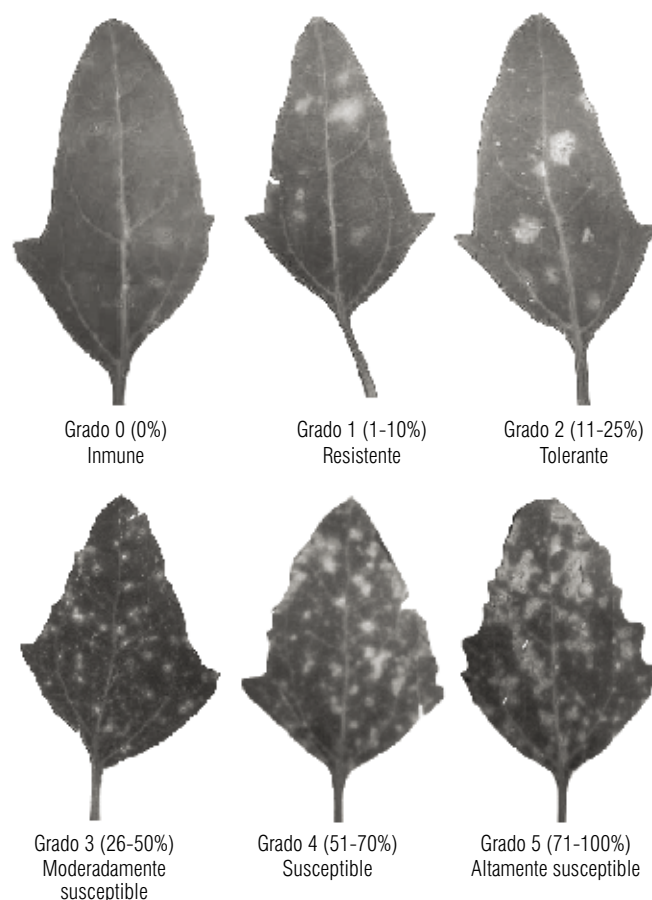


FIGURA 1. Escala gráfica del ataque de mildew veloso a hojas de quinua, según Inguilan y Pantoja (2007).

Diseño estadístico

Se trabajó en un diseño de bloques al azar con 16 selecciones (Tab. 1) y cuatro testigos comerciales en cuatro repeticiones. Los datos para los componentes de rendimiento y reacción a mildeo veloso se interpretaron estadísticamente por medio de análisis de varianza y la prueba de significancia de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos. Además se realizó un análisis de correlación de Pearson para los componentes de rendimiento altura de plantas, longitud de panoja, peso de granos por panoja y rendimiento. Los datos obtenidos en porcentaje se transformaron con la fórmula:

$$\arcseno\sqrt{\text{porcentaje}} \quad (2)$$

Selección de genotipos promisorios

Se realizó mediante la ecuación índice de selección (IS) utilizando las variables altura de plantas, precocidad, rendimiento y reacción a mildeo veloso.

$$\text{IS} = \text{rendimiento (0,45)} - \text{altura (0,20)} - \text{precocidad (0,20)} - \text{reacción a mildeo (0,15)} \quad (3)$$

donde: IS, índice de selección; rendimiento, expresado en kg ha⁻¹; altura, expresada en centímetros; precocidad, expresada en días a madurez fisiológica; reacción a mildeo, expresado en porcentaje. Las variables altura, precocidad y reacción a mildeo se expresan en forma negativa, puesto que

se buscan aquellos genotipos de menor altura, más precoces y más tolerantes. Los promedios de significancia de Tukey fueron estandarizados utilizando la fórmula:

$$\text{Dato estandarizado} = \frac{\bar{x} - \bar{x} \text{ general}}{\delta} \quad (4)$$

donde: \bar{x} , promedio de los datos obtenidos en una línea para una variable, \bar{x} general, promedio de los promedios en una variable; δ , desviación de los promedios de cada línea en una variable.

Resultados y discusión

Características fenológicas

Los resultados de las 16 líneas de quinua dulce y de los 4 testigos comerciales (Tab. 2), en referencia al ciclo de vida, oscilaron entre 128,75 y 187,75 d, siendo la línea más precoz SL47 S133 con 128,75 d, seguida por las otras líneas y el testigo del mismo grupo (Fig. 2). Del grupo Piartal, se destacó la selección S36 con 133 d a madurez fisiológica. Considerando el criterio de Wahli (1990), SL47 S133 se clasifica como material precoz (<130 d), materiales semiprecoces (130-150 d) para Piartal S36 y el grupo SL47, materiales semitardíos (150-180 d) el grupo Tunkahuan y el grupo Piartal, y como material tardío (>180 d) 'Blanca de Jericó' (T). Delgado y Benavides (2000) en la variedad Piartal clasificaron siete de ellas como semitardías (150-180 d) y tres tardías con promedios mayores a 180 d. Chávez

TABLA 2. Caracteres fenológicos para 16 genotipos y cuatro testigos comerciales (T) de quinua dulce, Iles, Nariño.

GENOTIPOS	Días a emergencia	Días a panojamiento	Días a floración	Días a grano formado	Días a madurez de cosecha
Piartal S16	8,00	72,00	84,00	140,00	165,75
Piartal S36	5,00	60,00	72,00	112,50	133,00
Piartal S48	8,50	64,00	78,00	136,00	155,25
Piartal S50	6,75	64,50	78,00	136,00	150,25
Piartal S51	6,25	63,50	78,00	130,25	150,50
Piartal S81	8,00	70,00	82,00	130,25	170,00
Tunkahuan S20	6,75	64,25	78,00	130,00	150,25
Tunkahuan S39	6,75	70,00	84,00	142,25	160,50
Tunkahuan S44	8,00	67,50	83,00	142,50	166,00
SL47 S90	5,00	58,00	71,50	108,25	130,50
SL47 S95	5,00	55,50	70,00	108,00	130,00
SL47 S100	5,00	58,00	70,75	108,00	130,25
SL47 S105	5,00	56,25	70,25	107,25	130,00
SL47 S112	5,00	54,75	71,50	107,50	135,00
SL47 S133	5,00	54,00	68,00	104,75	128,75
SL47 S164	5,00	55,50	70,25	108,25	132,75
SL47 (T)	5,00	55,75	68,50	108,00	130,00
Piartal (T)	7,75	64,00	75,00	137,00	166,00
Blanca Jericó (T)	8,50	77,50	93,25	154,25	187,75
Tunkahuan (T)	7,75	72,00	83,50	150,25	176,25

(T), testigo

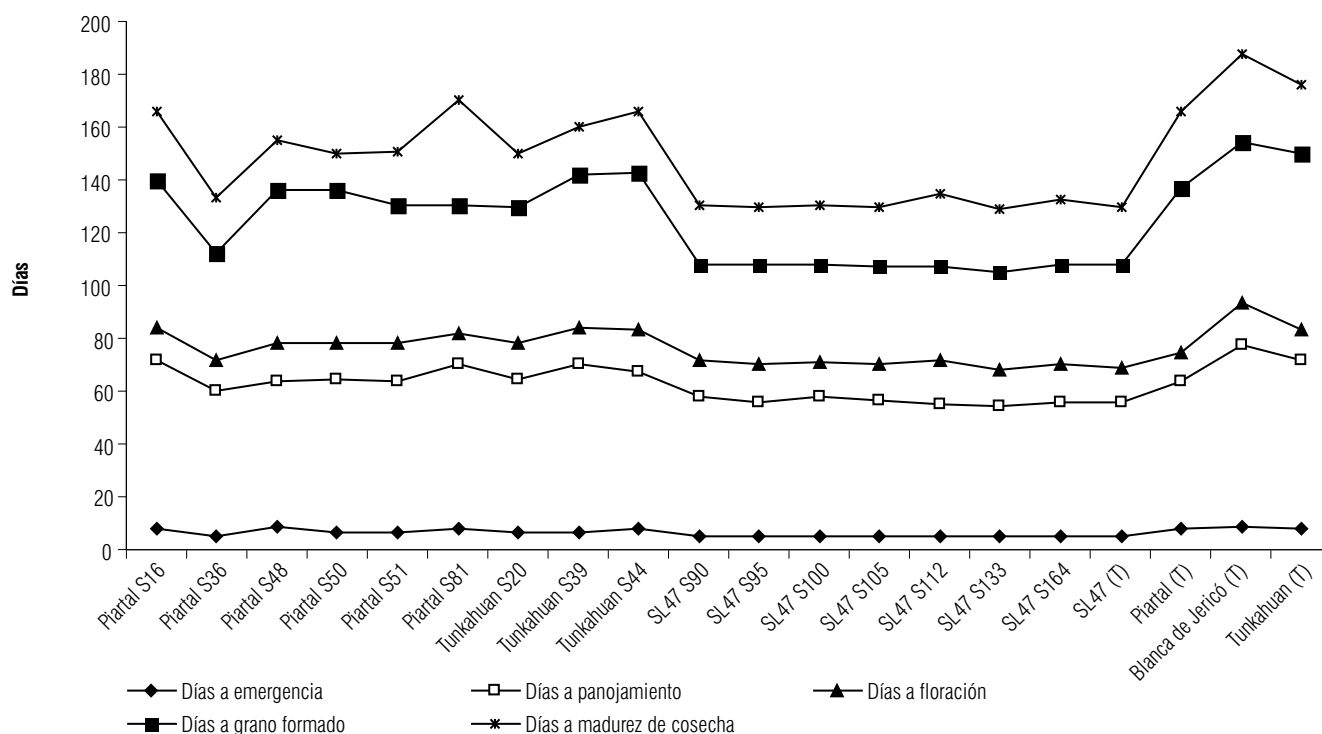


FIGURA 2. Características fenológicas para 16 genotipos y cuatro testigos comerciales (T) de quinua dulce, Iles, Nariño (Colombia).

y Pérez (1996) clasificaron como material semitardío a la variedad Tunkahuan con 171,25 d a madurez de cosecha. Inguilán y Pantoja (2007), quienes evaluaron los mismos materiales en el municipio de Córdoba a 2.800 msnm con una temperatura de 12°C, reportan un ciclo de vida entre 116-185 d similar a los encontrados en este estudio.

Componentes de rendimiento

El análisis de varianza (Tab. 3) mostró diferencias significativas para los componentes evaluados a excepción del número de ramas secundarias.

Altura de plantas

La prueba de Tukey (Tab. 4) mostró alturas entre 111,23 y 176,65 cm. Los mayores valores los presentaron 'Blanca de Jericó' (T), Piartal S81, 'Piartal' (T), Piartal S16, Tunkahuan S20 (entre 160,3 y 176,65 cm), superando estadísticamente

al grupo formado por SL47 S90, S95, S100, S105, S112, S164, y SL47 (T) y Piartal S36 con promedios entre 111,23 y 118,85 cm de altura. Inguilán y Pantoja (2007) evaluaron los mismos materiales en el municipio de Córdoba (Nariño), registraron alturas de plantas entre 107,17 y 170,85 cm, siendo similares a los encontrados. Los resultados del grupo Tunkahuan S20, S39, S44 y del parental fueron similares con los reportados por Nieto *et al.* (1992) con una altura de 144 cm en promedio. El grupo Piartal y su testigo parental mostraron resultados parecidos a los reportados por Delgado y Benavides (2000). El testigo 'Blanca de Jericó' presentó la mayor altura con 176,650 cm, siendo corroborado por Sañudo *et al.* (2005), que reporta este material como de porte alto. En el grupo SL47, las selecciones presentaron mayor altura que el testigo parental sin diferencia significativa, por lo que no se reconoce ganancia genética para este componente de rendimiento según los

TABLA 3. Análisis de varianza para componentes de rendimiento y ataque de mildew veloso de 16 genotipos y cuatro testigos comerciales de quinua dulce, Iles, Nariño.

Cuadrados medios								
Fuentes de Variación	GL	Altura de plantas (cm)	Longitud de panoja (cm)	No. de ramas secundarias	Peso de granos por panoja (g)	Peso de 1.000 granos (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ataque de mildew veloso (%)
Genotipos	19	1.874,85*	72,81*	21,54 ns	11,41*	0,32*	312.751,98*	428,59*
Error	57	46,76	7,18	12,41	1,45	0,03	36.518,90	17,46
cv		4,99	9,13	10,96	6,54	6,83	8,16	17,40
R ²		0,93	0,78	0,40	0,73	0,59	0,74	0,89

GL, grados de libertad; cv, coeficiente de variación; R², coeficiente de determinación; *, diferencia significativa (5%); ns, no significativo.

TABLA 4. Componentes de rendimiento y ataque de mildew veloso para 16 genotipos y cuatro testigos comerciales (T) de quinua dulce en Iles, Nariño.

Genotipos	Altura de plantas (cm)	Longitud de panoja (cm)	Peso de granos por panoja (g)	Peso de 1.000 granos (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ataque de mildew veloso (%)
Blanca de Jericó (T)	176,65 a	37,25 a	15,40 f	3,01 abcd	1.901,75 de	45,00 a
Piartal S81	164,00 ab	31,80 abcde	17,75 bcdef	3,07 abc	2.262,93 abcd	35,32 abcd
Piartal (T)	160,98 abc	33,50 abc	17,70 bcdef	3,45 a	2.360,83 abcd	39,00 abc
Piartal S16	160,65 abc	29,23 bcdefg	18,70 abcde	3,08 abc	2.563,08 abc	28,20 cdef
Tunkahuan S20	160,30 abc	33,00 abc	20,78 ab	2,92 abcd	2.699,83 a	22,44 efghi
Piartal S51	155,48 bcd	35,33 ab	18,08 bcdef	3,37 ab	2.324,23 abcd	41,12 ab
Tunkahuan (T)	152,85 bcd	34,10 ab	17,40 cdef	2,52 d	2.090,83 cde	33,29 bcde
Piartal S50	144,90 cd	29,80 bcdefg	19,48 abcde	3,12 abc	2.432,88 abc	29,28 cde
Tunkahuan S39	142,18 d	30,83 abcdef	20,40 abc	3,01 abcd	2.678,05 a	17,41 fghi
Piartal S48	142,08 de	32,23 abcd	17,53 cdef	2,87 bcd	2.246,20 abcd	27,66 defg
Tunkahuan S44	138,98 de	32,83 abc	21,48 a	2,88 bcd	2.635,25 ab	26,30 defgh
Piartal S36	124,20 ef	26,50 cdefg	15,18 f	2,99 abcd	1.705,20 e	17,20 ghi
SL47 S105	118,85 f	23,40 g	18,58 abcde	3,12 abc	2.436,68 abc	13,25 i
SL47 S133	117,40 f	25,33 defg	19,45 abcde	2,87 bcd	2.408,13 abc	13,15 i
SL47 S100	114,98 f	25,10 efg	19,73 abcde	2,87 bcd	2.335,18 abcd	13,79 i
SL47 S95	113,78 f	25,03 efg	17,98 bcdef	3,14 abc	2.527,20 abc	17,16 ghi
SL47 S112	113,78 f	27,05 cdefg	16,58 ef	2,85 bcd	1.875,18 de	12,89 i
SL47 S164	113,50 f	24,73 fg	17,10 def	2,64 cd	2.157,68 bcde	16,03 hi
SL47 S90	113,43 f	24,05 fg	19,43 abcde	3,07 abc	2.578,85 abc	14,67 i
SL47 (T)	111,23 f	25,53 defg	20,00 abcde	3,06 abc	2.601,40 ab	17,12 ghi
DMS	17,98	7,044	3,17	0,54	502,49	10,99

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

propósitos de esta investigación. Los resultados de este grupo se ajustan a los publicados por la Universidad de Nariño (2007) en el lanzamiento de Facianar Aurora con alturas de 85-130 cm.

Longitud de panoja

Los promedios de Tukey (Tab. 4) muestran valores entre 23,40 y 37,25 cm. ‘Blanca de Jericó’ (T), Piartal S51, ‘Tunkahuan’ (T), Tunkahuan S20, Tunkahuan S44, Piartal S48, Piartal S81 y Tunkahuan S39 fueron de mayor longitud y sin diferencias significativas. Sin embargo, este grupo superó a SL47 S105 que presentó la menor longitud. Piartal S51 y SL47 S112 presentaron mayor promedio referente a su testigo y no muestran diferencia estadística; por tanto se determina que la selección para esta característica no fue exitosa para todos los grupos. La correlación de Pearson (Tab. 5) de esta variable con relación a altura de planta es positiva (0,739) lo cual indica que el aumento en altura de planta contribuye al incremento de longitud de panoja. Delgado y Benavides (2000) reportan longitudes de panoja entre 22 y 40 cm, y relacionan este componente con la altura de las plantas: a mayor altura de planta, mayor longitud de panoja. Los resultados reportados por Morillo (2002) presentan promedios entre 39,32 y 40,32 cm para ‘SL47’, los cuales difieren de los obtenidos en este estudio.

Peso de granos por panoja

Los promedios obtenidos se encuentran entre 15,18 y 21,48 g/panoja. La prueba de Tukey (Tab. 4) muestra un grupo con mayor peso formado por Tunkahuan S44, Tunkahuan S20, Tunkahuan S39, ‘SL47’ (T), SL47 S100, Piartal S50, SL47 S133, SL47 S90, Piartal S16 y SL47 S105, y no presenta diferencias estadísticas. Además, fueron superiores a los genotipos ‘Blanca de Jericó’ (T) y Piartal S36. Las selecciones del grupo Tunkahuan superaron estadísticamente al testigo, encontrando ganancia genética para esta característica a diferencia de los otros grupos. Los datos anteriores concuerdan con los obtenidos por Chávez y Pérez (1996), de 17,8 a 19,05 g en la variedad Tunkahuan, y con los obtenidos por Inguilan y Pantoja (2007).

Peso de 1.000 granos

Los promedios (Tab. 4) se encuentran entre 2,52 y 3,45 g. Según Wahli (1990), los materiales evaluados se clasifican así: grano grande (>3 g) ‘Piartal’ (T), Piartal S51, SL47 S95, Piartal S50, SL47 S105, Piartal S16, Piartal S81, SL47 S90, ‘SL47’ (T), Tunkahuan S39 y ‘Blanca de Jericó’ (T); grano mediano (2,5 y 3 g) Piartal S36, Tunkahuan S20, Tunkahuan S44, SL47 S100, Piartal S48, SL47 S133, SL47 S112, SL47 S164 y ‘Tunkahuan’ (T). Al comparar las selecciones con sus testigos no se encontraron diferencias

TABLA 5. Correlación de Pearson entre componentes de rendimiento para 16 genotipos y cuatro testigos comerciales (T) de quinua dulce.

	Altura de plantas	Longitud de panoja	Peso de granos por panoja	Peso de 1.000 granos	Rendimiento
Altura de plantas	1	0,739**	-0,102 NS	0,189 NS	0,004 NS
		<0,0001	0,366	0,092	0,974
Longitud de panoja		1	-0,079 NS	0,022 NS	-0,089 NS
			0,489	0,846	0,435
Peso de granos por panoja			1	0,071 NS	0,647 **
				0,534	<0,0001
Peso de 1.000 granos				1	0,230 NS
					0,040
Rendimiento					1

NS, no significativo; **, significativo.

significativas por consiguiente no hubo ganancia genética en esta variable. Resultados similares fueron obtenidos por Inguilan y Pantoja (2007) y Benavides y Rodríguez (2007), quienes evaluaron estos materiales en Córdoba y Pasto a una altura de 2.800 msnm y 2.710 msnm, respectivamente.

Rendimiento de grano seco por hectárea

Los promedios de Tukey (Tab. 4) mostraron valores entre 1.705,2 y 2.699,83 kg ha⁻¹, encontrando mayores promedios en el grupo Tunkahuan (S20, S39, S44) con diferencia significativa respecto a su testigo. Además, S20 y S39 presentaron diferencias estadísticas con los genotipos SL47 S164, 'Tunkahuan' (T), 'Blanca de Jericó' (T), SL47 y Piartal S36 con menores rendimientos. Alpala (1997) halló un rendimiento de 2.175 kg ha⁻¹. Para Tunkahuan, resultado similar al obtenido en este estudio para el testigo 'Tunkahuan' con 2.090,83 kg ha⁻¹. Delgado y Benavides (2000) en la evaluación de Piartal obtuvieron producciones entre 1.376 y 2.456 kg ha⁻¹. Las selecciones del grupo SL47 tuvieron un comportamiento similar al reportado por la Universidad de Nariño (2007), entre 1.800-2.400 kg ha⁻¹. Los rendimientos están muy relacionados con el nivel de fertilidad del suelo, el uso de abonos químicos, la época de siembra, la variedad empleada, el control de enfermedades y plagas, y la presencia de heladas y granizadas (Tapia, 1990). La correlación de Pearson mostró una relación significativa entre esta variable y el peso de granos por panoja (Tab. 5) con un coeficiente de 0,647; un incremento en el peso de granos por panoja se reflejará en una mayor producción. Con relación al peso de 1.000 granos, se presenta un coeficiente positivo, pero la relación no es significativa debido a la variación del tamaño de grano para cada selección. En las selecciones individuales que se realizaron en SL47 no se observaron diferencias estadísticas positivas en cuanto a mayor capacidad productiva, debido posiblemente a que se colectaron plantas con una variación influida mayormente por las condiciones ambientales que por factores

genéticos. Según Bonifacio *et al.* (2001), el rendimiento es el resultado de las componentes de tipo genético, ambiental y la interacción genético-ambiental, donde la parte genética, que es heredable, es importante desde el punto de vista del mejoramiento.

Evaluación de mildew velloso

El análisis de varianza (Tab. 3) mostró diferencias significativas para esta variable. Según los promedios de Tukey (Tab. 4), el ataque de mildew estuvo entre 12,88 y 45%; se destacó el grupo SL47 con menor porcentaje con diferencias no significativas respecto a su testigo; en este grupo se encuentran también la selección Piartal S36 con 17,20% y la selección Tunkahuan S39 con 17,41%; presentaron diferencias significativas respecto a sus testigos con 39,00 y 33,29%, respectivamente, determinando que hubo ganancia. Según la escala de calificación, se encontraron como selecciones tolerantes S112, S133, S105, S100, S90, S164, 'SL47' (T), S95, S36, S39 y S20 con porcentajes de ataque entre 22,44 a 12,89%; moderadamente susceptibles, S44, S48, S16, S50, 'Tunkahuan' (T), S81, 'Piartal' (T), S51 y 'Blanca de Jericó' (T). La tolerancia al ataque de mildew velloso del grupo SL47 es una característica agronómica importante, ya que en épocas prolongadas de lluvia este patógeno puede llegar a elevar los costos de producción y a bajar el rendimiento. Resultados similares fueron reportados por Benavides y Rodríguez (2007) con clasificaciones tolerantes y moderadamente susceptibles para los materiales evaluados.

Selección de genotipos

Se realizó teniendo en cuenta las variables: rendimiento, altura, días a madurez de cosecha y reacción a mildew velloso. El IS (Fig. 3) calculado muestra valores comprendidos entre 0,960 para 'SL47' (T) y -1,793 para 'Blanca de Jericó' (T). Las selecciones 'SL47' (T), S90, S95, S105, S133 y S100 presentaron un alto IS superando a las variedades comerciales Piartal, Tunkahuan y Blanca de Jericó debido a su

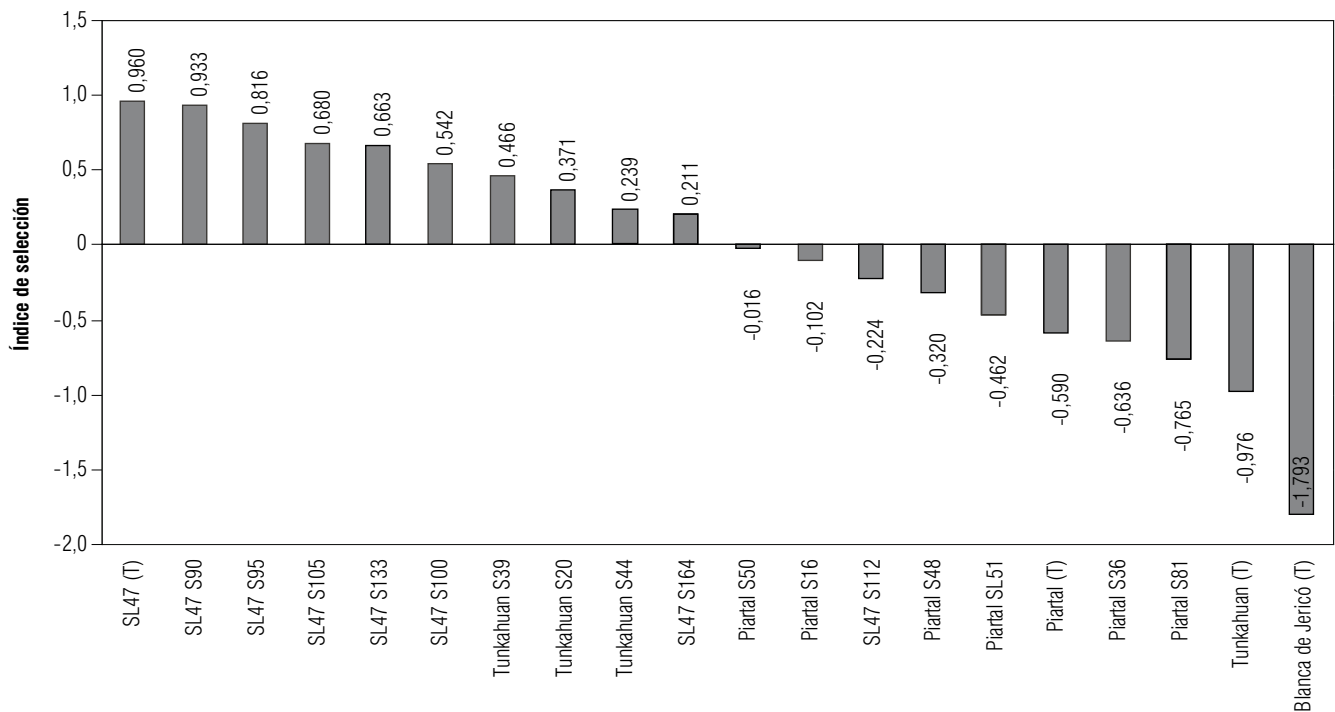


FIGURA 3. Selección de 16 genotipos y cuatro testigos comerciales (T) de quinua dulce por la ecuación índice de selección en Iles, Nariño.

precocidad, homogeneidad, porte bajo, tolerancia al ataque de mildew y buen rendimiento. Estos IS son similares a los resultados obtenidos por Inguilán y Pantoja (2007) en el municipio de Córdoba, con valores que oscilan entre -2,038 y 0,809; además, Benavides y Rodríguez (2007) en el municipio de Pasto reportan un IS entre -1,418 y 0,988 quienes evaluaron estos mismos materiales, demostrando una amplia adaptabilidad a diferentes ambientes.

No se detectó ganancia genética significativa en las selecciones realizadas a partir del material original 'SL47' y 'Piartal', lo cual indica que la selección inicial estuvo influida por factores ambientales y no por factores genéticos, catalogándolas como líneas puras. Sañudo y Betancourth (2005) mencionan que un genotipo puede ser superior a los otros genotipos en todos los ambientes de evaluación o hay comportamiento variable de los genotipos en relación con el ambiente, observándose diferentes formas de estabilidad. Según Ramírez y Egaña (2003) la variabilidad fenotípica expresada en la mayor parte de los caracteres cuantitativos tiene un componente ambiental relativamente grande en comparación con el componente genético correspondiente. La teoría de la línea pura de Johanssen en el año 1903 estableció que la variabilidad que aparece en cada línea no tiene una causa genética, sino que se debe a la distinta influencia que ejerce el ambiente sobre cada línea.

Conclusiones

El material más sobresaliente en cuanto a rendimiento, precocidad, altura de planta y tolerancia al mildew es 'SL47' (T) por presentar el mayor índice de selección (0,960). Además su amplia adaptabilidad lo convierte en una valiosa alternativa de diversificación para la región andina.

Se comprobó que los materiales 'Piartal' y 'SL47' son líneas puras debido a que las selecciones realizadas de ellos tuvieron el mismo comportamiento que sus testigos en las variables evaluadas.

Se encontró que las selecciones Tunkahuan S20, S39 y S44 sobresalieron en las diferentes formas de evaluación con respecto al material original, lo que amerita seguir realizando investigaciones para estas selecciones.

Literatura citada

- Alpala, F. 1997. Comportamiento de doce variedades de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en dos municipios del departamento de Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Álvarez, M. y S. Von Rutte. 1990. Genética. p. 37. En: Wahli, C. (ed.). Quinua hacia su cultivo comercial. Editorial Latinreco, Quito.
- Ayala, G., L. Ortega y C. Morón. 2001. Valor nutritivo y usos de la quinua. En: FAO. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro, <http://>

www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap8_1.htm#top; consulta: julio 2009.

- Benavides, A. y M. Rodríguez. 2007. Evaluación y selección de 16 selecciones promisorias de quinua dulce (*Chenopodium quinua* Willd.) en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Bonifacio, A., A. Mujica, A. Álvarez y W. Roca. 2001. Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. En: FAO, Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro, <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap6.htm#top>; consulta: julio de 2009.
- Cerón, E. 2002. La quinua, un cultivo para el desarrollo de la zona andina. Unigraf, Pasto, Colombia.
- Chávez, J. y L. Pérez. 1996. Evaluación del comportamiento agronómico de cuatro materiales genéticos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en tres zonas agroecológicas de Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Danielsen, S., S.-E. Jacobsen y A. Mujica. 2000. Susceptibilidad al mildew (*Peronospora farinosa*) y pérdida de rendimiento en ocho cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). p. 59. En: Resumen II Congreso Internacional de Agricultura en Zonas Áridas, Universidad Arturo Prat, 18 al 21 de octubre. Iquique, Chile.
- Delgado, M. y C. Benavides. 2000. Comportamiento de diez selecciones de grano dulce de quinua en los municipios de Pasto y Córdoba, departamento de Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Inguilán, J. y C. Pantoja. 2007. Evaluación y selección de 16 selecciones promisorias de quinua dulce (*Chenopodium quinua* Willd.) en el municipio de Córdoba, departamento de Nariño. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Morillo, H. 2002. Evaluación del abonamiento orgánico en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Pasto, Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Nieto, C., C. Vimos, C. Monteros, C. Caicedo y M. Rivera. 1992. INIAP Ingapirca e INIAP Tunkahuan: dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina. Programa de cultivos andinos, Estación experimental Santa Catalina, INIAP. Bol. Divul. 228. Quito.
- Ramírez, L. y B. Egaña. 2003. Guía de conceptos de genética cuantitativa. En: Departamento de Producción Agraria, Universidad Pública de Navarra, <http://www.unavarra.es/genmic/genetica%20y%20mejora/genetica%20cuantitativa/GENETICA-CUANTITATIVA.htm>; consulta: julio de 2009.
- Sañudo, B. y G. Arteaga. 2002. Manejo técnico del cultivo de quinua dulce. pp. 55-68. En: Cerón, E. (ed.). La quinua, un cultivo para el desarrollo de la zona andina. Unigraf, Pasto, Colombia.
- Sañudo, B. y C. Betancourth. 2005. Fundamentos de fitomejoramiento. Editorial Universitaria, Pasto, Colombia.
- Sañudo, B., G. Arteaga, C. Betancourth, J. Zambrano y J. Burbano. 2005. Perspectivas de la quinua dulce para la región andina de Nariño. Unigraf, Pasto, Colombia.
- Tapia, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. 2a ed. FAO, Santiago.
- Universidad de Nariño. 2007. Facianar Aurora: variedad mejorada de quinua dulce para la región andina del departamento de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.
- Wahli, C. 1990. Quinua hacia su cultivo comercial. Latinreco, Quito.