

EVALUACION DE 16 SELECCIONES DE QUINUA DULCE (*Chenopodium quinoa* Willd) EN EL MUNICIPIO DE GUAITARILLA, NARIÑO¹

Jasmín P. López Guerrero²; Mauricio F. Timaran Vallejo³;
Carlos Betancourth⁴

RESUMEN

El estudio se realizó en la vereda Cuatro Esquinas del Municipio de Guaitarilla, ubicada a 2400 m.s.n.m, donde se evaluó el ciclo de vida, componentes de rendimiento y la reacción a mildew veloso (*Peronospora farinosa*) de 16 selecciones y 4 testigos comerciales de quinua dulce procedentes de las variedades Tunkahuan, Piartal, Blanca de Jericó y SL47. Los materiales se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con 20 tratamientos y 4 repeticiones. Se observó que las selecciones SL47 y el material original testigo fueron los más precoces durante todas las etapas fenológicas del cultivo al cumplir su ciclo de vida entre 122 y 128 días, en tanto que la variedad Blanca de Jericó fue la más tardía con 178 días. En cuanto a rendimiento los materiales de mayor producción fueron: SL47 testigo, Piartal S36, Tunkahuan S44, SL47 S105, SL47 S164, SL47 S112, SL47 S133, Piartal testigo, Blanca de Jericó testigo, Tunkahuan S20 y Tunkahuan testigo con 2475.65 a 2814.50 Kg ha^{-1} , con diferencias estadísticas significativas con respecto a las selecciones SL47 S90, Piartal S48, Piartal S81, Piartal S50 y Piartal

1 Documento presentado a la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agrónomo.

2. Estudiante Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. jassminlopez19@hotmail.com

3 Estudiante Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. timaurox@hotmail.com

4 Ing. Agrónomo. M. Sc. Profesor asistente. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. cber70@yahoo.com

S51 con 1503.70 a 1920.05 Kg ha^{-1} que fueron los materiales de menor producción. Los mejores materiales en cuanto a precocidad, altura de plantas, rendimiento y tolerancia al mildew fueron: SL47 testigo, SL47 S105, Piartal S36, SL47 S164, SL47 S112 y SL47 S133 al presentar los mayores índices de selección con 0.881, 0.867, 0.860, 0.858, 0.758 y 0.696 respectivamente.

Palabras claves: Ecotipos, índice de selección, mildew, policultivos.

ABSTRACT

A study was carried out in “Cuatro Esquinas” town in the Municipality of Guaitarilla. This place is situated 2400 m.a.s.l. there, the cycle of life, the yield components and the reaction to downy mildew (*Peronospora farinosa*) of sixteen selections and four commercial treatments of sweet quinoa coming from varetites such as Tunkahuan, Piartal, Blanca de Jericó and SL47 were evaluated. The materials were distributed following a randomized block design with twenty treatments and four repetitions. It was possible to observe that SL47 and the original commercial treatment were the most precocious selections through all the crop phenological stages when finishing their cycle of life between one hundred and twenty-two and one hundred and twenty-eight days. On the other hand, the “Blanca de Jericó” was a late variety with one hundred and seventy-eight days. Inasmuch as their yield, the materials with the highest production were: SL47 commercial treatment, Piartal S36, Tunkahuan S44, SL47 S105, SL47 S164, SL47 S112, SL47 S133, Piartal commercial treatment, Blanca de Jericó commercial treatment, Tunkahuan S20 and Tunkahuan commercial treatment with 2457.65 to 2814.50 Kg ha^{-1} ; showing meaningful statistical differences in relation to SL47 S90, Piartal S48, Piartal S81, Piartal S50 and Piartal S51 with 1503.70 to 1920.05 Kg ha^{-1} as the materials with less production. Taking in to account precocity, plants height, yield, and *Peronospora farinosa* tolerance, the best materials were: SL47 commercial treatment, SL47 S105, Piartal S36, SL47 S164, SL47 S112 and SL47 S133 showing the highest selection indexes with 0.881, 0.867, 0.860, 0.858, 0.758 and 0.696 respectively.

Key words: Ecotypes, selection indexes, *Peronospora farinosa*.

INTRODUCCION

La quinua es un cultivo andino que se mantiene 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 (Mendoza, 1993), por su capacidad de adaptarse a diversas condiciones climáticas, por presentar alta resistencia a factores abióticos y por su diversidad Genética (Montoya et al., 2005). En Colombia se cultiva tradicionalmente en algunas regiones de Cundinamarca, Boyacá y Nariño en pequeña escala en sistemas de policultivos, con densidades bajas y en diferentes arreglos de intercalamiento con cultivos como el maíz, fríjol voluble y haba, haciendo parte de la economía campesina mejorando sus ingresos y el aspecto nutricional. En la actualidad se observan buenas posibilidades de comercialización e industrialización del grano en mercados nacionales e internacionales (Sañudo, et al., 2005).

La Facultad de Ciencias Agrícolas hace varios años ha venido desarrollando investigaciones en el mejoramiento genético de este cultivo probando diferentes materiales de quinua dulce para rescatar e incentivar su cultivo y crear hábito de consumo, con el fin de que las zonas cerealistas de Nariño la adopten como alternativa de diversificación dentro de sus sistemas productivos; sin embargo los materiales que se cultivan en la mayoría de las regiones son tardíos, de porte alto, muy ramificados y de grano amargo, los rendimientos son bajos, por lo tanto tienen escasas oportunidades comerciales. Conjuntamente con los ecotipos de grano amargo, se han desarrollado en menor proporción los denominados dulces con variabilidad evidenciada en porte, coloración, ramificación y ciclo de vida, los cuales sirven de base para programas puntuales de mejoramiento por selección, en busca de líneas precoces y mejores condiciones en el establecimiento de monocultivos, con altas densidades de población (Delgado y Benavides, 2000; Sañudo et al, 2005).

Entre las variedades de quinua dulce más utilizadas en Nariño están: Piartal, Tunkahuan cultivares originarios de la Provincia del Carchi (Ecuador), SL47, cultivar seleccionado por la Facultad de Ciencias Agrícolas y la variedad Blanca de Jericó procedente de Boyacá (Sañudo, et al., 2005). Entre las metodologías más aplicables para el mejoramiento de la quinua está el método selección panoja-surco donde se selecciona y se aísla individuos sobresalientes que serán evaluados en sus generaciones sucesivas (Mujica y Jacobsen, 1999). Bajo las anteriores consideraciones el presente trabajo se realizó con el cumplimiento del siguiente objetivo: Evaluar 16 selecciones y 4 testigos comerciales de quinua dulce, en cuanto a ciclo de vida, reacción a mildew veloso (*Peronospora farinosa*) y componentes de rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo de investigación se desarrolló en la vereda Cuatro Esquinas del Municipio de Guaitarilla, Nariño, ubicada a una altura de 2400 msnm, con una temperatura media de 16°C, una precipitación de 1100 mm anuales y humedad relativa del 80%.

Se trabajó con un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones y 20 tratamientos que correspondieron a las selecciones Piartal S16, Piartal S36, Piartal S48, Piartal S50, Piartal S51, Piartal S81, Tunkahuan S20, Tunkahuan S39, Tunkahuan S44, y las selecciones SL47 S90, SL47 S95, SL47 S100, SL47 S105, SL47 S112, SL47 S133 y SL47 S164, coleccionadas por la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño y cuatro testigos correspondientes a las variedades Piartal, Tunkahuan, SL47 y Blanca de Jericó.

El área total del ensayo fue 844.2 m², donde se trazaron cuatro bloques de 201.6 m² cada uno y por cada bloque se ubicaron 20 unidades experimentales. La separación entre bloques y parcelas fue de 1m. Cada unidad ocupó un área de 10.56 m² donde se trazaron 4 surcos de 2.40 m, separados a 0.6m, luego se sembró la semilla a una distancia de 0.30m entre plantas. La parcela útil tuvo un área de 2.52 m².

El número de días de cada variable se determinó tomando 10 plantas al azar de cada parcela. El ciclo de vida fue evaluado en forma descriptiva teniendo en cuenta los siguientes componentes: 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 tenían panoja formada), 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).

Los componentes de rendimiento fueron evaluados mediante las variables: altura de plantas (se midió en cm desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja), longitud de panoja (largo de la panoja en cm), número de ramas secundarias (conteo de ramas secundarias en época de floración), peso de granos por panoja (las panojas se trillaron y limpiaron por separado y se pesaron para obtener el peso promedio por panoja), peso de 1000 granos (se realizó el conteo de 1000 granos y se pesaron) y rendimiento de grano seco en kg/ha de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Kg/ha} = (\text{Peso de la parcela útil} \times 10000 \text{ m}^2) / \text{Área de la parcela útil m}^2.$$

El mildew velloso se determinó tomando al azar 10 plantas por parcela útil en la época de floración y se evaluó la severidad del ataque de la enfermedad midiendo el porcentaje de tejido afectado utilizando la escala gráfica propuesta por Inguilan y Pantoja (2007) figura 1.

Los componentes de rendimiento se interpretaron estadísticamente por medio del análisis de varianza, la prueba de Tukey (5%) y un análisis de correlación de Pearson entre longitud de panoja, altura de plantas, peso de granos por panoja y rendimiento.

Los materiales más sobresalientes se determinaron mediante la ecuación lineal de índice de selección así:

$$I.S = \text{Rendimiento (0.45)} - \text{Precocidad (0.20)} - \text{Altura (0.20)} - \text{Reacción a Mildeo Velloso (0.15)}$$

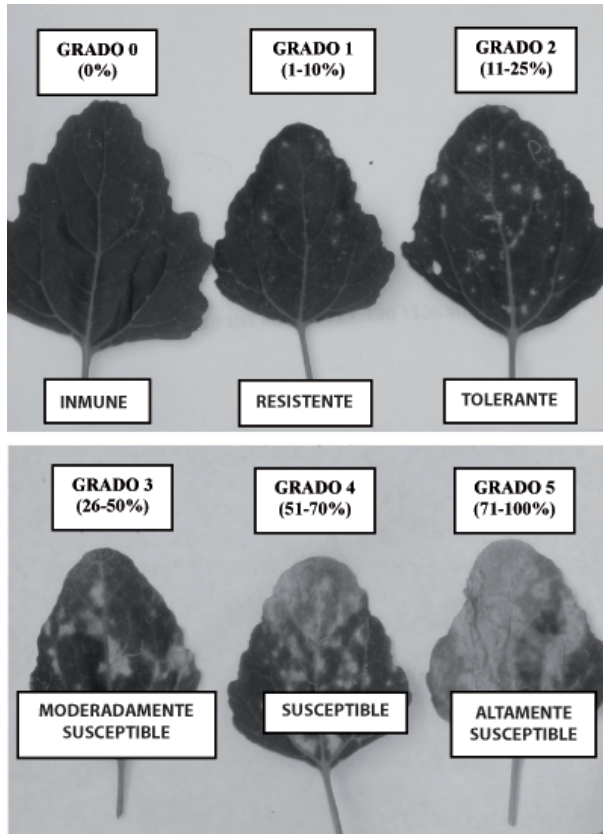


FIGURA 1. Escala gráfica del ataque de mildew velloso (*Peronospora farinosa*).

Fuente: Inguilán y Pantoja (2007).

Donde: I.S: índice de selección; Rendimiento: expresado en Kg/ha; Precocidad: expresada en días a madurez de cosecha; Altura: expresado en centímetros; Reacción a Mildeo vellosa: medido en porcentaje (%). Las variables altura, precocidad y reacción a mildeo se expresan en forma negativa, puesto que se busca los genotipos de menor altura, más precoces y tolerantes. Para aplicar la ecuación lineal índice de selección los promedios de significancia de Tukey se normalizaron utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Dato normalizado} = (\bar{y} - \text{general}) / \delta$$

Donde: \bar{y} = Promedio de los datos obtenidos en una línea para una variable, general = De los promedios de cada línea en una variable, δ = Desviación estándar de los promedios. de cada línea en una variable.

RESULTADOS Y DISCUSION

Ciclo de vida. Los resultados obtenidos para los veinte materiales de quinua dulce indican que el ciclo de vida osciló entre 122 y 178 días desde la siembra hasta la madurez de cosecha (Tabla 1). Las selecciones de SL47 y el material original testigo mostraron ser los más precoces y uniformes durante todas las etapas fenológicas con períodos comprendidos entre 4 y 5 días a emergencia, 52 a 55 días a panojamiento, 67 a 68 días a floración, 100 a 106 días a grano formado y 122 a 128 días a madurez de cosecha. Mientras que Blanca de Jericó testigo, Piartal testigo, Piartal S81 y Piartal S16 fueron los materiales más tardíos con 7 y 8 días a emergencia, 63 a 71 días a panojamiento, 72 a 90 días a floración, 128 a 145 días a grano formado y 160 a 178 días a madurez de cosecha. Según la escala de clasificación para la precocidad propuesta por Whali (1990), se encontró que el 40% de los materiales evaluados fueron precoces (<130 días), correspondiendo al material SL47 y sus selecciones. Como semiprecoces (130 y 150 días) se encuentran el 40% de los materiales entre ellos están las selecciones de Piartal: S36, S48, S50 y S51, Tunkahuan testigo y las selecciones: S20, S39 y S44; y como materiales semitardíos (150 y 180 días) las selecciones

de Piartal: S16, S81, Piartal (t) y Blanca de Jericó (t) que constituyen el 20 %

TABLA 1. Ciclo de vida de 16 selecciones y 4 testigos comerciales de quinua dulce

| Materiales | Días a Emergencia | Días a Panojamiento | Días a Floración | Días a Grano Formado | Días a Madurez de Cosecha |
|----------------------|-------------------|---------------------|------------------|----------------------|---------------------------|
| Piartal S16 | 7 | 71 | 82 | 137 | 160 |
| Piartal S36 | 6 | 54 | 68 | 115 | 132 |
| Piartal S48 | 6 | 59 | 74 | 118 | 139 |
| Piartal S50 | 7 | 65 | 78 | 119 | 139 |
| Piartal S51 | 7 | 60 | 74 | 118 | 138 |
| Piartal S81 | 8 | 71 | 82 | 135 | 161 |
| Tunkahuan S20 | 6 | 62 | 72 | 123 | 138 |
| Tunkahuan S39 | 8 | 70 | 84 | 128 | 148 |
| Tunkahuan S44 | 7 | 68 | 80 | 125 | 140 |
| SL47 S90 | 5 | 54 | 68 | 106 | 128 |
| SL47 S95 | 4 | 52 | 67 | 104 | 125 |
| SL47 S100 | 5 | 53 | 68 | 104 | 128 |
| SL47 S105 | 5 | 54 | 68 | 104 | 128 |
| SL47 S112 | 4 | 52 | 67 | 102 | 124 |
| SL47 S133 | 5 | 54 | 67 | 102 | 124 |
| SL47 S164 | 4 | 52 | 67 | 100 | 122 |
| SL47 (t) | 5 | 55 | 68 | 104 | 125 |
| Piartal (t) | 7 | 63 | 72 | 136 | 160 |
| Tunkahuan (t) | 7 | 66 | 80 | 122 | 139 |
| Blanca de Jericó (t) | 8 | 71 | 90 | 145 | 178 |

de los materiales evaluados. Según Inguilán y Pantoja (2007) y Benavides y Rodríguez (2007) quienes evaluaron los mismos materiales en los municipios de Córdoba a 2800 msnm y Pasto a 2454 msnm, respectivamente, reportaron que las selecciones SL47 incluido el testigo de la misma variedad y la selección Piartal S36 resultaron los más precoces con un rango de 124 a 132 días y 120 a 130 días, respectivamente; y las selecciones Piartal S16 y S81 coinciden con lo expuesto por los mismos autores con 154 a 166 días y 160 a 165 días respectivamente.

Componentes de rendimiento

Altura de Plantas. El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas entre los materiales (Tabla 2). La prueba de promedios de Tukey (Tabla 3) muestra que para esta variable los resultados oscilaron entre 155.70 y 78.73 cm. El testigo Blanca de Jericó presentó una altura con 155.70 cm, mostrándose estadísticamente superior con respecto a los demás materiales cuyas alturas oscilaron entre 78.73 y 123.45cm. Las selecciones de menor altura son: Piartal S16, SL47 S100, Tunkahuan S44, SL47 S164, SL47 S90, Piartal S36, SL47 S105, SL47 S95, SL47 S112 con 78.73 y 91.50 cm. Teniendo en cuenta la escala de clasificación propuesta por Sañudo, et al., (2005), quienes consideran a las quinuas mayores de 2 metros como materiales de porte alto, a los de 1.5 a 2 metros como de porte medio y menores a 1.5 metros de porte bajo, se determinó que el 95% de los materiales evaluados son de porte bajo. Los materiales seleccionados a partir de SL47 presentaron alturas de 78.73 y 98.55cm, lo cual se aproxima a los resultados obtenidos por Morillo (2002), en el municipio de Pasto (2450 m.s.n.m.), en su trabajo sobre abonamiento orgánico con la selección SL47, reporta alturas promedio de 73.52, considerándolas también como materiales de porte bajo. Los resultados obtenidos en este estudio se corroboran con Benavides y Rodríguez (2007), quienes trabajaron con los mismos materiales en el municipio de Pasto (2450 m.s.n.m), quienes encontraron alturas de 71.36 y 138.78cm, considerándolos también de porte bajo. Según Sañudo et al., (2005), afirman que una variedad puede mostrar variaciones en el

porte, de acuerdo con la época de siembra, la fertilidad del suelo y las condiciones climáticas, de lo anterior se deduce que la altura además de ser una característica propia de cada genotipo, su expresión también está condicionada por el entorno. Al respecto Tapia (2000), afirma que de acuerdo con la variedad la quinua alcanza diferentes alturas.

Longitud de Panoja. El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas entre los materiales (Tabla 2). Según la prueba de promedios de Tukey los resultados oscilaron entre 22.90 y 32.98cm (Tabla 3). Los materiales: Piartal (t), Blanca de Jericó (t), Tunkahuan (t), Piartal S81, Tunkahuan S39 y Piartal S51 con longitudes de panoja entre 28.53 y 32.98cm, superan estadísticamente al 70% de los materiales (Tabla 3). Sin embargo, Piartal (t) y Blanca de Jericó (t) sobresalen con diferencias significativas con respecto al 90% de los materiales evaluados. Iguales diferencias fueron encontradas por Inguilán y Pantoja (2007), en su estudio con los mismos materiales en el municipio de Córdoba (2800 msnm), quienes obtuvieron para los materiales antes descritos las panojas con mayor longitud de 33.8 a 36.85 cm, y las de menor longitud con 22.57 a 26.42cm. Delgado y Benavides (2000), en su estudio con selecciones provenientes del material Piartal en el municipio de Pasto (2454 msnm) y Córdoba (2800 msnm), mencionan promedios de longitud de panoja de 26.25 y 32.89 cm, respectivamente, lo cual concuerda con lo obtenido en este trabajo para dichos materiales al presentar panojas de 25.10 a 32.98cm. Puenguenan y Vitery (1996), afirman que la longitud de panoja es muy variable, encontrándose longitudes desde 15 hasta 70 cm, siendo así la panoja una característica de alta variabilidad, según el genotipo. La correlación de Pearson muestra que hay una asociación alta (0.66) entre altura de plantas y longitud de panoja, por lo tanto podemos establecer que entre mayor altura tenga la planta mayor es la longitud de panoja.

Número de ramas secundarias. El análisis de varianza se observa que no se presentaron diferencias significativas entre los materiales (Tabla 2), posiblemente debido a que es un carácter de alta heredabilidad de la especie.

Peso de granos por panoja. En el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre los materiales (Tabla 2). La prueba de promedios de Tukey (Tabla 3) indica que los resultados oscilaron entre 16.25 y 25.18g. Tunkahuan testigo, Tunkahuan S44, SL47 S105 y SL47 S164 con 20.25 a 25.18g son estadísticamente superiores al 80% de los materiales evaluados (Tabla 3). Sin embargo, Tunkahuan testigo es estadísticamente superior al 95% de los materiales. Benavides y Rodríguez (2007), quienes en su estudio con los mismos materiales en el municipio de Pasto reportaron pesos que oscilaron entre 12.18 a 28g, lo cual señala que los datos obtenidos en esta investigación no presentan variabilidad ya que los pesos estuvieron comprendidos entre 16.25 y 25.18g. Los mismos autores reportan también que la mayoría de los materiales Piartal fueron los de menor peso con promedios comprendidos entre 13.35 a 17.75g, situación que fue similar en esta investigación al presentar dichos materiales pesos comprendidos entre 16.25 y 19.33g; así mismo al comparar el peso que obtuvieron en la selección Tunkahuan S44 (25.2 g) con el peso obtenido en este estudio en Tunkahuan testigo (25.18g), se determina que estos dos materiales presentaron alto peso de granos por panoja en las dos zonas donde se probaron.

TABLA 2. Análisis de varianza para los componentes de rendimiento de 16 selecciones y 4 testigos comerciales de quinua dulce.

CUADRADOS MEDIOS

| Fuentes de Variación | Grados de Libertad | Altura de plantas (cm) | Longitud de panoja (cm) | Número de ramas secundarias | Peso de granos por panoja(g) | Peso de 1000 granos (g) | Rendimiento Kg/ha |
|----------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Materiales | 19 | 1354.66** | 33,73** | 27,22NS | 17,97** | 0,23** | 860655,97** |
| Error | 57 | 23,99 | 3,18 | 14,3 | 3,64 | 0,06 | 22552,14 |
| R ² | | 0,94 | 0,79 | 0,42 | 0,63 | 0,57 | 0,93 |
| C.V | | 4,96 | 6,76 | 11,86 | 10,2 | 8,14 | 6,71 |

R²: Coeficiente de determinación

** : Diferencia significativa alta (5%)

C.V: Coeficiente de variación

NS: No significativo.

TABLA 3. Prueba de promedios Tukey (5%) para componentes de rendimiento de 16 selecciones y 4 testigos comerciales de quinua dulce.

| Materiales | Altura de Plantas (cm) | Longitud de Panoja (cm) | Numero de Ramas Secundarias | Peso de Granos por Panoja (g) | Peso de 1000 Granos (g) | Rendimiento de grano seco (kg/ha) |
|------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| B. de Jericó (t) | 155.70 a | 32.05 a | 35.50 a | 17.15 b | 2.90 bc | 2527.65 abc |
| Piartal (t) | 123.45 b | 32.98 a | 30.75 a | 19.33 b | 2.73 c | 2547.65 abc |
| Tunkahuan (t) | 116.55 bc | 29.75 ab | 31.00 a | 25.18 a | 3.15 abc | 2475.65 abcde |
| Piartal S81 | 114.45 bc | 29.63 ab | 35.00 a | 16.30 b | 3.15 abc | 1542.78 h |
| Tunkahuan S20 | 109.58 cd | 25.85 bcde | 36.50 a | 16.25 b | 3.48 ab | 2495.45 abcd |
| Piartal S48 | 108.05 cd | 25.75 bcde | 33.50 a | 16.85 b | 2.93 abc | 1725.25 gh |
| Tunkahuan S39 | 100.85 de | 28.73 abc | 35.75 a | 18.65 b | 2.73 c | 2118.41 cdefg |
| SL47 S133 | 98.55 def | 24.00 de | 32.25 a | 18.95 b | 3.58 a | 2595.20 ab |
| Piartal S50 | 98.18 defg | 25.20 bcde | 29.75 a | 17.75 b | 3.03 abc | 1532.75 h |
| Piartal S51 | 98.03 defg | 28.53 abce | 30.00 a | 16.53 b | 3.13 abc | 1503.70 h |
| SL47 (t) | 94.13 efgh | 22.90 e | 28.75 a | 19.08 b | 3.20 abc | 2814.50 a |
| Piartal S16 | 91.58 efghi | 25.10 bcde | 31.25 a | 16.40 b | 3.18 abc | 2030.20 efg |
| SL47 S100 | 89.03 efghij | 23.25 e | 29.25 a | 17.77 b | 2.98 abc | 2060.15 defg |
| Tunkahuan S44 | 88.30 fghij | 25.33 bcde | 34.50 a | 21.10 ab | 2.88 bc | 2707.80 a |
| SL47 S164 | 86.80 fghij | 24.43 cde | 30.50 a | 20.25 ab | 3.48 ab | 2610.45 ab |
| SL47 S90 | 86.40 ghij | 25.25 bcde | 28.75 a | 19.20 b | 2.98 abc | 1920.05 fgh |
| Piartal S36 | 84.33 hij | 25.35 bcde | 34.00 a | 19.13 b | 3.10 abc | 2750.40 a |
| SL47 S105 | 82.30 hij | 22.95 e | 32.25 a | 20.43 ab | 2.95 abc | 2612.70 ab |
| SL47 S95 | 79.73 ij | 25.45 bcde | 28.00 a | 17.95 b | 2.93 abc | 2177.78 bcdef |
| SL47 S12 | 78.73 j | 25.20 bcde | 30.50 a | 19.85 b | 2.75 c | 2600.30 ab |
| DMS | 11,98379 | 4.69267 | 9.94301 | 5.01512 | 0.65494 | 394.88175 |

Valores con diferente letra son significativos al nivel del 5%

TABLA 4. Correlación entre componentes de rendimiento para 16 selecciones y 4 testigos comerciales de quinua dulce.

| | Peso de granos por panoja | Longitud de panoja | Peso de 1000 granos | Altura de plantas | Rendimiento |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| Peso de granos por panoja | 1.00000 | 0.03887 0.7321ns | 0.08520 0.4524ns | -0.08864 0.4343ns | 0.40110 0.0002** |
| Longitud de panoja | | 1.00000 | -0.21346 0.0573 | 0.66717 0.0001** | -0.14639 0.1951ns |
| Peso de 1000 granos | | | 1.00000 | -0.03867 0.7334ns | 0.10706 0.3445ns |
| Altura de plantas | | | | 1.00000 | -0.06762 0.5512ns |
| Rendimiento | | | | | 1.00000 |

ns = no hay diferencias

* = diferencias significativas

** = diferencias altamente significativas

Peso de 1000 granos. El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas entre los materiales (Tabla 2). La prueba de promedios de Tukey muestra que los resultados del peso de 1000 granos de los materiales evaluados osciló entre 2.73 a 3.58g (Tabla 3). Se determinó que el 75% de los materiales son estadísticamente iguales, entre ellos están las selecciones de SL47 S133, S164, S100, S90,S105 y S95, las 5 selecciones Piartal, Tunkahuan S20, SL47 (t) y Tunkahuan (t) con peso de grano entre 2.93 y 3.58g. Según los resultados encontrados en esta investigación el 60% de los materiales con pesos comprendidos entre 2.73 y 3.58g, se encuentran dentro del promedio reportado por Inguilán y Pantoja (2007), quienes trabajaron con los mismos materiales

en el municipio de Córdoba y encontraron pesos que oscilaron entre 2.97 y 3.87g. Los resultados de este trabajo (2.73-3.58g) también se aproximan con los reportados por Puenguenan y Vitery (1996), quienes al evaluar diez variedades de quinua dulce en el municipio de Pasto (2454msnm), encontraron pesos que oscilaron entre 2.54 y 3.83g. Whali (1990), propone una escala de clasificación del tamaño del grano según el peso, de acuerdo a esto los granos con un peso mayor a 3g son de tamaño grande, entre 2.5 y 3g son de tamaño mediano y menores a 2.5g son de tamaño pequeño. Según lo anterior el 50% de los materiales evaluados son de grano grande y el 50% restante son de grano mediano, por lo tanto el peso del grano está relacionado con el tamaño del mismo, sin embargo influyen notoriamente sobre dicha expresión los aspectos como el genotipo, las condiciones ambientales y la adaptación de los materiales a la zona donde se evaluaron.

Rendimiento de grano seco en kg/ha. Se presentaron diferencias altamente significativas entre materiales (Tabla 2). Según la prueba de promedios de Tukey los rendimientos oscilaron entre 1503.70 y 2814.50kg/ha (Tabla 3). Los materiales de mayor producción fueron: SL47 testigo, Piartal S36, Tunkahuan S44, SL47 S105, SL47 S164, SL47 S112, SL47 S133, Piartal (t), Blanca de Jericó (t), Tunkahuan S20 y Tunkahuan (t) con rendimiento promedio de 2475 a 2814.50 kg/ha, sin presentar diferencias significativas entre sí. anterior concuerda con Benavides y Rodríguez (2007), quienes en su trabajo con los mismos materiales en el municipio de Pasto reportan al mismo grupo de materiales como los más productivos con rendimientos de 2207.3 a 3483.64kg/ha. Las selecciones SL47 S90, Piartal S48, Piartal S81, Piartal S50 y Piartal S51 con 1503.70 y 1920.05kg/ha fueron los materiales de menor producción. Cerón (2002), considera que los materiales con producciones menores a 1.0 t son de bajo rendimiento, entre 1.0 y 1.5 t son intermedios, de 1.5 a 2.0 son buenos, de 2.0 a 3.0 son alto rendimiento. De acuerdo a esto el 20% de los materiales evaluados presentaron rendimientos intermedios y el 80% como buenos. Según el Consolidado Agropecuario (2006), en Nariño el rendimiento aproximado de quinua es de 2500 kg/ha, de acuerdo a esto el 45% de los materiales evaluados es este estudio superan el promedio. La correlación de Pearson muestra que hay una asociación (0.40) entre el

peso de granos por panoja y el rendimiento (Tabla 4), lo cual indica que un incremento en el peso de granos por panoja contribuirá a una mayor producción como lo evidencian los materiales: SL47 (t), Tunkahuan (t), Tunkahuan S44 y Piartal S36 con pesos comprendidos entre 19.08 y 25.18g que fueron los más productivos con rendimientos entre 2475.65 y 2814.50kg/ha.

Mildeo Velloso (*Peronospora farinosa*). Según la escala gráfica (Figura 1) propuesta por Inguilan y Pantoja (2007), el 30% de los materiales evaluados fueron tolerantes (11 y 25%) con 22.23 y 24.47% de ataque, como moderadamente susceptibles (26 y 50%) el 60% de los materiales con porcentajes de daño de 28.92 y 49.04%. Mientras que el 10% lo constituyen los testigos Blanca de Jericó y Piartal, los cuales se comportaron como susceptibles (51 y 70%) con 51.40 y 55.33% (Tabla 5). Lo anterior concuerda con Inguilan y Pantoja (2007) y Benavides y Rodríguez (2007), quienes al trabajar con los mismos materiales reportan promedios de daño comprendidos entre 28.13 a 49.59 y 26.76 a 37.56%, respectivamente, donde los testigos Piartal y Blanca de Jericó también se comportaron como los más susceptibles. Las selecciones Piartal y el material original testigo mostraron susceptibilidad al ataque del hongo, lo cual concuerda con Álvarez y Von Rutte (1990), quienes mencionan que la variedad Piartal es susceptible al mildeo. La presencia de esta enfermedad fue relativamente alta, por las continuas precipitaciones y la alta humedad relativa, que se presentaron durante el cultivo lo que favoreció más la expresión del patógeno. Al respecto Falconi y Ruales (1990), afirman que estas condiciones ambientales influyen notoriamente en la aparición de la enfermedad.

Selección de genotipos. Los criterios adoptados para la selección como la precocidad, el rendimiento, altura de plantas y la reacción a mildeo determinaron que el índice de selección para los veinte materiales estuvo comprendido entre 0.881 para SL47 testigo y menos 1.401 para la selección Piartal S81 (Tabla 6), donde SL47 testigo, SL47 S105, Piartal S36, SL47 S164, SL47 S112 y SL47 S133 fueron los materiales que presentaron los mayores índices de selección de 0.881, 0.867, 0.860, 0.858, 0.758 y 0.696 respectivamente. El testigo SL47 presentó un índice de selección cercano a 1 superando así a las 16 selecciones y a los

testigos evaluados. Las selecciones de SL47 y Tunkahuan presentaron un comportamiento inferior o igual al material original testigo, por lo tanto los materiales originales son líneas puras, razón por la cual la selección realizada a partir de estos fue ineficiente y sus variaciones se debieron a factores ambientales y no genéticos. Según Johanssen (1903), la selección obtenida a partir de una línea pura es nula. Lo anterior puede deberse a los continuos ciclos de selección a los cuales han sido sometidas ya que a medida que avanza la selección, la variabilidad genética se agota y por lo tanto la ganancia genética disminuye.

TABLA 5. Reacción a mildew vellosa (*Peronospora farinosa*) de 16 selecciones y 4 testigos de quinua dulce

| Materiales | Porcentaje de tejido afectado |
|----------------------|--------------------------------------|
| Blanca de Jericó (t) | 55,33 |
| Piartal (t) | 51.40 |
| Piartal S51 | 49.04 |
| Piartal S81 | 47.32 |
| Piartal S48 | 47.31 |
| Piartal S50 | 47.01 |
| Piartal S16 | 39.51 |
| Tunkahuan S44 | 38.61 |
| Tunkahuan (t) | 37.92 |
| SL47 S112 | 34.07 |
| Tunkahuan S39 | 33.75 |
| SL47 (T) | 29.55 |
| Piartal S36 | 28.92 |
| Tunkahuan S20 | 25.22 |
| SL47 S90 | 24.47 |
| SL47 S133 | 23.84 |
| SL47 S95 | 22.56 |
| SL47 S164 | 22.27 |
| SL47 S100 | 22.23 |
| SL47 S105 | 22.23 |

Fuente: Esta investigación

Estos resultados son similares a los obtenidos por Inguilán y Pantoja (2007) y Benavides y Rodríguez (2007), en los municipios de Córdoba y Pasto respectivamente, lo cual demuestra además la gran capacidad que tiene este genotipo para adaptarse a diferentes ambientes. La selección Piartal S36 presento un mejor comportamiento en las distintas formas de evaluación con respecto al material original testigo ya que resulto ser un material precoz, de porte bajo, con buen rendimiento y tolerante al mildew, por lo tanto la selección hecha para este material mostró ganancia genética, es decir que todavía hay posibilidades de aprovechamiento de la variabilidad.

TABLA 6. Índice de selección de 16 selecciones y 4 testigos de quinua dulce

| Materiales | I.S |
|----------------------|------------|
| SL47 (t) | 0,881 |
| SL47 S105 | 0,867 |
| Piartal S36 | 0,860 |
| SL47 S164 | 0.858 |
| SL47 S112 | 0,758 |
| SL47 S133 | 0,696 |
| Tunkahuan S44 | 0,510 |
| SL47 S95 | 0,504 |
| Tunkahuan S20 | 0,289 |
| SL 47 S100 | 0,223 |
| SL47 S90 | 0,068 |
| Tunkahuan (t) | -0,059 |
| Piartal S39 | -0,254 |
| Piartal S16 | -0,458 |
| Piartal (t) | -0.525 |
| Piartal S48 | -0,909 |
| Piartal S50 | -0,929 |
| Piartal S51 | -1,039 |
| Blanca de Jericó (t) | -1,058 |
| Piartal S81 | -1,401 |

Fuente: Esta investigación

CONCLUSIONES

El material más sobresaliente en cuanto a rendimiento, precocidad, altura de planta y tolerante al mildew es SL47 testigo por presentar el mayor índice de selección (0.881).

Los resultados muestran que SL47 y Tunkahuan son líneas puras puesto que las selecciones presentaron un comportamiento igual o inferior al material original testigo.

Se encontró que la selección Piartal S36 fue el material más sobresaliente en las diferentes formas de evaluación con respecto al material original testigo, lo que amerita seguir realizando investigaciones para esta selección.

LITERATURA CITADA

ALVAREZ, M. y VON RUTTE, S. 1990. Quinua hacia su cultivo comercial: Genética. Quito: Latinreco, p. 37.

BENAVIDES, A. y RODRIGUEZ, M. 2007. Evaluación y selección de 16 líneas promisorias de quinua dulce en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 87p.

CERON, E. 2002. La quinua un cultivo para el desarrollo de la zona andina: Manejo técnico del cultivo de quinua dulce. Pasto: UNIGRAF, p. 53 - 68.

DELGADO, M. y BENAVIDES, C. 2000. Comportamiento de Diez Selecciones de Grano Dulce de Quinua en los Municipios de Pasto y Córdoba Departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 87p.

FALCONI, C. y RUALES, C. 1990. Quinoa hacia su cultivo comercial: Enfermedades. Quito: Latinreco, p. 95 - 105.

INGUILAN, J. y PANTOJA, C. 2007. Evaluación y selección de 16 líneas promisorias de quinoa dulce en el Municipio de Córdoba, Departamento de Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 87p.

JOHANNSEN, W. L. 1903. Teoría de las líneas puras. En: Genética Cuantitativa, <http://www.unavarra.es/> 1p.; consulta: septiembre 2008.

MENDOZA, G. 1993. Alternativas de producción y consumo de quinoa en Colombia: Caracterización de la quinoa. Santafé de Bogotá: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. p. 5-14.

MONTOYA, L. MARTÍNEZ, L. y PERALTA, J. 2005. Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinoa en Colombia. En INNOVAR, revista de ciencias administrativas y sociales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, p.103.

MORILLO, H. 2002. Evaluación del abonamiento orgánico en el cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) en el Municipio de Pasto, Nariño. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 65p.

MUJICA, A. y JACOBSEN E. 1999. Recursos Genéticos y Mejoramiento de la Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*): Primer Taller Internacional en Quinoa: Recursos Genéticos y Sistemas de Producción. Cultivos Andinos FAO [CD - ROM] Lima, Perú, 456 p.

PUENGUENAN, J y VITERY, J. 1996. Estudio Fenológico de Diez Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa wild*) en Obonuco Municipio de Pasto. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 68p.

SAÑUDO, B. ARTEAGA, G. BETANCOURTH, C. ZAMBRANO, J. y BURBANO, E. 2005. Perspectivas de la quinua dulce para la región andina de Nariño. Pasto: Unigraf, 74 p.

SECRETARIA DE AGRICULTURA, PASTO. 2006. Consolidado agropecuario, acuícola y pesquero. Colombia, p. 28.

TAPIA, M. 2000. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación: Agronomía de los cultivos andinos. Cultivos Andinos. FAO [CD - ROM] Chile. Cap. III VALLEJO, F. y ESTRADA, E. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 402 p.

WAHLI, C. 1990. Quinoa hacia su cultivo comercial. Quito: Latinreco, 206 p.