

CARACTERIZACION MORFOAGRONOMICA DE DIECINUEVE CULTIVARES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN LA SABANA DE BOGOTA

Morpho-agronomic characterization of nineteen cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Bogota's savanna conditions

Juner Torres M.¹, Héctor Vargas C.¹, Guillermo Corredor S.² y Luz Marina Reyes C.²

RESUMEN

Con el propósito de proveer información acerca de la variabilidad genética y la adaptación en la Sabana de Bogotá de la colección de quinua correspondiente a la Prueba Americana y Europea de Quinoa, se estudiaron 19 cultivares mediante la evaluación 49 características morfológicas y agronómicas. El ensayo se realizó en el Centro Agropecuario «Marengo» de la Universidad Nacional de Colombia, ubicado en Mosquera (Cundinamarca). El análisis estadístico, mediante componentes principales para 35 de las variables evaluadas mostró que los ocho primeros componentes explican el 88.12% de la variación total. Estos componentes estuvieron asociados a 18 variables manifestando la diversidad entre los genotipos. Además, éstos se usaron para construir un dendrograma que, calculado a partir de la distancia euclidiana, mostró la existencia de nueve grupos en los cuales se distinguieron claramente los materiales americanos de los europeos. Agronómicamente se destacaron los cultivares E-DK-4 y G-205-95, procedentes de Dinamarca, principalmente por su precocidad, alto rendimiento en grano, alto rendimiento en biomasa y por su porte bajo.

Palabras claves: Granos andinos, análisis multivariado, análisis de conglomerados.

SUMMARY

Nineteen cultivars of «American and European Quinoa Test» were used in this assay. Forty-nine morphological and agronomic characteristics were evaluated at Research Center «Marengo» of National University of Colombia, located at Mosquera (Cundinamarca). The main objective of this experiment was to study the genetic variability of quinoa cultivars from American and European countries. The statistical analysis was carried out with 35 out of 49 variables. The first eight components explained the 88,12% of total variation and were constituted by 18 variables. Using this information a dendrogram was constructed. Nine groups were identified. Cultivars from American countries were separated from European's ones. The best cultivars were E-DK-4 and G-205-95 from Denmark. These presented high grain yield, high level of biomass, precocity and low height plant.

Key words: Andean grains, multivariate analysis, cluster analysis.

INTRODUCCION

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie que se cultivó en forma tradicional en el área andina desde la época incaica. Fue ampliamente usada como uno de los alimentos básicos en la alimentación de algunos pueblos antiguos de Suramérica. La quinua fue domesticada, con toda probabilidad, en los Andes Peruanos y de allí se extendió hacia el norte hasta Colombia y hacia el sur, hasta Chile. Los hallazgos arqueológicos en el norte de Chile y en el área de Ayacucho (Perú) permiten fijar la fecha de su domesticación entre los años 3.000 y 5.000 antes de Cristo (CIRF, 1981). El cultivo de la especie disminuyó después de la conquista española, cediendo paso a cereales introducidos como el trigo, la cebada y el arroz.

Según Gandarillas (1979), el mejoramiento reciente de la quinua se inició a partir de 1965 en la Estación Experimental de Patacamaya (Bolivia), con base en un programa de seguridad alimentaria de la FAO, financiado por la institución inglesa Oxford Famine Relief y el Gobierno de Bolivia.

En Colombia hasta 1990, con excepción del departamento de Nariño, la quinua era muy desconocida en el país, salvo microensayos aislados en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. En Nariño, la quinua se ha conservado como herencia de los ancestros, la cual se transmite por tradición desde la época precolombina (Mendoza, 1993).

Los antecedentes más importantes sobre el desarrollo de la quinua en Colombia pueden agruparse así: Comité Interinstitucional Colombiano de la Quinoa - 1976, Promoción de la quinua en Cundinamarca por parte de la CAR - 1990, Promoción espontánea de la quinua en Cauca - 1992. Otras acciones aisladas son: Investigación ICA-Nariño - 1982, Estudio de potencialidades en quinua del ICBF - 1993, y, aproximadamente 15 tesis de pregrado en Facultades de Agronomía en el país (Mendoza, 1993).

La quinua se adapta entre los 500 y 4.100 metros sobre el nivel del mar, pero presenta un mejor desarrollo y producción entre los 2.500 y 3.500 msnm (Silva, 1992). La quinua es una planta anual, rústica, herbácea, erecta que puede medir de 3,0 a 3,5 m de altura, según los ecotipos, las razas y el medio ecológico donde se cultive. Dependiendo del desarrollo de la ramificación, se pueden encontrar plantas con un solo tallo principal y ramas laterales muy cortas, o plantas con todas las ramas de igual tamaño, dándose todos los tipos intermedios (Tapia, 1990). El fruto

¹ Ingenieros Agrónomos. Facultad de Agronomía. Sede Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.

² Profesores Asociados. Facultad de Agronomía. Sede Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.

es un aquenio que contiene una sola semilla, la cual se desprende con cierta facilidad siendo este fruto seco e indehiscente. La semilla es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal. Presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perispermo (Mujica, 1997).

La quinua tiene una gran variabilidad genética y, según Nieto *et al.*, (1986), no es posible hablar de variedades puras, sino más bien, de poblaciones seleccionadas que presentan cierto grado de pureza y uniformidad. Además, las flores en esta especie pueden ser hermafroditas, pistiladas o andro-estériles, lo cual indica que pueden tener hábito autógeno y alógamo. Pero en general, la quinua se considera una especie autógena, ya que el porcentaje de polinización cruzada natural no sobrepasa el 10 % (Mujica, 1997).

El presente trabajo consistió en la evaluación agronómica y la caracterización morfológica de cultivares promisorios y de alto rendimiento de quinua, provenientes de varios países: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Dinamarca, Ecuador, Holanda, Inglaterra y Perú. El ensayo se originó en la Prueba Americana y Europea de Quinua, el cual fue auspiciado por la Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimenticios de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, y la Dirección de Producción y Protección de Plantas de la FAO, en cooperación con la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA-Puno), del Perú.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar agronómica y caracterizar morfológicamente 19 cultivares de quinua en condiciones de la Sabana de Bogotá, para conocer su diversidad genética e identificar los materiales que presenten buen desempeño agronómico para la zona.

La quinua es una importante fuente de producción de alimentos en cantidad y calidad superior a la ofrecida por otros cultivos transitorios introducidos en la zona andina. El valor proteico de la especie está dado por su contenido y balance de aminoácidos,

los cuales ofrecen proporciones muy convenientes para sostener el crecimiento humano y la producción animal. Tratándose de un cultivo típico y que se produce en su nicho ecológico, posiblemente será superior agronómicamente a cualquier cultivo introducido. Es necesario, entonces, incrementar la producción y productividad del cultivo en la región, y esto requiere el conocimiento del medio, de los insumos de producción disponibles y de los recursos genéticos.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el lote 2 del Centro Agropecuario Marengo de la Universidad Nacional de Colombia, ubicado en el municipio de Mosquera, departamento de Cundinamarca, a 2.543 msnm, con coordenadas de 4°42' de latitud norte y 74°13' de longitud oeste. La investigación se inició durante la segunda mitad del mes de marzo de 1999 y se prolongó hasta el mes de abril del 2000. Se encontró que la temperatura promedio anual fue de 13 °C con pocas variaciones durante la prueba, la precipitación pluvial promedio fue de 700 mm/año con una distribución anual bimodal la cual incidió de manera adecuada durante los periodos de germinación y de prefloración, y la humedad relativa promedio fue de 73% durante el ensayo, según condiciones climáticas presentadas entre el mes de marzo y el mes de noviembre de 1999.

De acuerdo con el análisis de suelos realizado, el lote presentó una textura franco-arcillo-arenosa de alta fertilidad. Este suelo tuvo un pH de 5,4 y una conductividad eléctrica de 5,12 milimhos; con altos niveles de potasio, sodio, zinc, fósforo, sulfatos y magnesio; niveles medios de hierro, manganeso, cobre y boro; niveles bajos de aluminio; y deficiencias en nitrógeno.

Para la prueba se utilizó una densidad de siembra de 10 kilogramos por hectárea (kg/ha), correspondiendo a 8 gramos por parcela

Cuadro 1. Variables cualitativas y cuantitativas usadas para caracterizar 19 cultivares de quinua.

CUALITATIVAS			CUANTITATIVAS		
No.	CODIGO	VARIABLE	No.	CODIGO	VARIABLE
1	COGR	Color del grano	1	EMER	Emergencia (dds)
2	POPL	Porte de la planta	2	HOVE	Seis hojas verdaderas (dds)
3	FOTA	Formación del tallo	3	RAMI	Ramificación (dds)
4	ASTA	Angulosidad de la sección del tallo principal	4	PJTO	Panojamiento (dds)
5	PAPI	Presencia de axilas pigmentadas	5	ANTE	Floración o antésis (dds)
6	PRES	Presencia de estrias	6	GRLE	Grano lechoso (dds)
7	COES	Color de las estrias	7	GRPA	Grano pastoso (dds)
8	COTA	Color del tallo	8	MFIS	Madurez fisiológica (dds)
9	ICTA	Intensidad del color del tallo	9	TAPA	Tamaño de panoja (cm)
10	PRRA	Presencia de ramificación	10	BIOM	Producción de biomasa (g)
11	PRPR	Posición de las ramas primarias	11	REGR	Rendimiento de grano (g)
12	BHIN	Borde de las hojas inferiores	12	TAGR	Tamaño de grano (mm)
13	DHBA	Dientes en las hojas basales	13	DTAP	Diámetro del tallo principal (mm)
14	CHBA	Color de las hojas basales	14	RAPR	Ramas primarias (n)
15	CPAM	Color de la panoja antes de la madurez	15	FHIN	Forma de las hojas inferiores (Longitud cm / anchura cm)
16	ICPAM	Intensidad del color de la panoja antes de la madurez	16	FHSU	Forma de hojas superiores (Longitud cm / anchura cm)
17	CPCO	Color de la panoja en la cosecha	17	LMPE	Longitud máxima del peciolo (cm)
18	ICPC	Intensidad del color de la panoja en la cosecha	18	LMHO	Longitud máxima de las hojas (cm)
19	TIPA	Tipo de panoja	19	AMHO	Anchura máxima de las hojas (cm)
20	FOPA	Forma de panoja	20	LCOT	Longitud de los cotiledones (cm)
21	DEPA	Densidad de la panoja	21	LHIP	Longitud del hipocótilo (cm)
22	EPKO	Existencia de pigmentación en los cotiledones	22	NPLA	Número de plantas (n)
23	ICCO	Intensidad del color en los cotiledones			
24	EPHI	Existencia de pigmentación en el hipocótilo			
25	IPHI	Intensidad de la pigmentación del hipocótilo			
26	PLAG	Ataque de insectos plaga			
27	ENFE	Daño de enfermedades			

dds = días después de siembra

y 2 gramos por surco. Por las deficiencias en nitrógeno, se fertilizó aplicando úrea a razón de 80 kg/ha. Durante el trabajo en campo se efectuaron tres controles de arvenses y un aporte de las plantas. La cosecha de los materiales se efectuó independientemente para cada material y cuando las plantas entraban a madurez fisiológica. La labor de limpieza de semilla se realizó en el Laboratorio de Recursos Genéticos del programa de Cultivos Andinos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia. El secado del grano se efectuó en los laboratorios del Programa de Recursos Genéticos Corpoica en el Centro de Investigación CI-Tibaitatá.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (BCA) con cuatro bloques y con 19 cultivares. Cada parcela tuvo 4,0 m de largo por 2,0 m de ancho, y constó de cuatro surcos. La distancia entre surcos fue de 0,5 m y el área total de la parcela de 8 m². No hubo separación alguna entre parcelas aledañas, y la separación entre las repeticiones fue de 1.0 m, a manera de calles.

El área neta sobre la cual se tomaron los datos para la prueba, y que posteriormente se cosechó en su totalidad fue de 3,0 m² así: Los dos surcos centrales de cada parcela, descartando 0.5 m de longitud de ambos extremos para evitar efecto de borde. En esta área se realizó la evaluación de 27 caracteres cualitativos y 22 cuantitativos (Cuadro 1) sobre 10 plantas tomadas al azar por cada uno de los 19 cultivares estudiados (Cuadro 2).

La caracterización morfoagronómica se realizó con base en los descriptores propuestos por los cooperadores de la prueba (Mujica *et al.*, 1998), quienes además suministraron la semilla de 18 de los 19 cultivares de quinua.

Finalmente, se dio mayor profundidad en la discusión a los resultados del análisis por estadística simple de treinta y cinco de las cuarenta y nueve variables evaluadas por ser más representativas (Cuadro 3). Estas variables seleccionadas para conocer variabilidad en la colección, se estudiaron mediante análisis de componentes principales y análisis de agrupamiento por conglomerados usando el paquete estadístico SAS/STAT (SAS, 1990). Con el objeto de conocer diversidad genética en quinua, Rojas (1999) y Bertero (1999) utilizaron también métodos multivariados para sus análisis estadísticos en quinua.

Cuadro 2. Origen de los cultivares utilizados en el estudio.

CODIGO	IDENTIFICACION	PROCEDENCIA
1	Cica-127	Perú
2	Cica-17	Perú
3	Kancolla	Perú
4	Nariño	Colombia
5	Salcedo	Perú
6	Jujuy	Argentina
7	Bacr-II	Chile
8	RU-2	Inglaterra
9	RU-5	Inglaterra
10	NL-6	Holanda
11	Amarilla de Marangani (testigo)	Perú
12	E-DK-4	Dinamarca
13	G-205-95	Dinamarca
14	Ingapirca	Ecuador
15	03-21-079BB	Perú
16	03-21-072RM	Perú
17	Ecu-420	Ecuador
18	02-Embrapa	Brasil
19	Illpa	Perú

Se utilizó la técnica de componentes principales, con el fin de generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos, garantizando independencia y no correlación (Pla, 1986).

A partir de las variables generadas en el análisis de componentes principales se realizó el análisis de conglomerados, el cual permite identificar grupos de objetos con características similares (Manly, 1994), para construir un dendrograma usando la distancia euclidiana, el cual dejó ver el grado de similitud entre genotipos y así construir grupos de cultivares.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del trabajo permitieron observar diferencias entre los cultivares provenientes de Europa y América del Sur. Las diferencias en precocidad fueron muy notorias (Figura 1), observándose en los cultivares de Inglaterra RU-2 y RU-5, la de Holanda NL-6 y los de Dinamarca E-DK-4 y G-205-95, los de mayor precocidad, llegando a la madurez fisiológica entre los 138-148 días después de siembra (dds). Estos resultados fueron muy cercanos a los obtenidos por Mamani (1999), quien realizó la misma prueba en el Altiplano de Bolivia y obtuvo precocidad y baja altura de planta en los materiales de Inglaterra y Dinamarca. Los cultivares de ciclo más tardío fueron los de Perú Cica-127 y Cica-17 y el de Ecuador Ecu-420, llegando a su madurez fisiológica entre los 204-216 dds. La altura de planta varió de 40 a 120 cm en los cultivares precoces, en tanto que los cultivares tardíos alcanzaron hasta 200 cm.

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas simples de 35 de las variables evaluadas en 19 materiales de quinua.

VARIABLE	MIN.	MAX	MEDIA	DESV. ST.
EMER	7,0	16,0	10,86	2,74
HOVE	32,0	45,0	35,72	2,36
RAMI	42,0	49,0	44,79	1,76
PJTO	63,0	73,0	66,91	3,05
ANTE	86,0	117,0	95,27	6,33
GRLE	94,0	153,0	116,48	18,17
GRPA	103,0	161,0	124,68	18,22
MFIS	104,0	216,0	175,97	27,13
TAPA	20,0	68,0	43,27	11,42
BIOM	19,7	5284,0	1555,85	1419,15
REGR	2,0	1120,0	296,25	267,37
TAGR	1,5	2,4	2,02	0,15
DTAP	6,0	24,0	13,66	4,18
RAPR	0	24,0	11,88	6,84
FHIN	1,1	2,3	1,54	0,24
FHSU	1,2	7,4	2,35	0,86
LMPE	1,3	7,5	3,90	1,48
LMHO	2,0	11,0	6,70	1,79
AMHO	1,5	10,0	4,74	1,82
LCOT	7,0	12,0	9,38	1,43
LHIP	7,0	17,0	10,38	1,84
NPLA	1,0	66,0	20,45	17,68
COES	1,0	3,0	1,38	0,79
ICTA	3,0	5,0	3,94	1,00
DHBA	3,0	5,0	3,44	0,83
CPAM	3,0	10,0	6,45	3,47
ICPA	3,0	7,0	4,47	1,42
CPCO	4,0	6,0	4,06	0,30
ICPC	3,0	7,0	5,30	1,35
DEPA	3,0	7,0	5,80	1,04
ICCO	3,0	7,0	3,27	0,84
IPHI	3,0	7,0	3,97	1,29
COGR	1,0	4,0	2,58	1,42
PLAG	0	2,0	1,05	0,33
ENFE	0	5,0	3,00	1,12

En cuanto a rendimiento de grano (Figura 2), se destacaron dos cultivares de Dinamarca, el E-DK-4 y el G-205-95, con producciones entre 2.808 y 2.083 kg/ha, respectivamente. Se destacaron

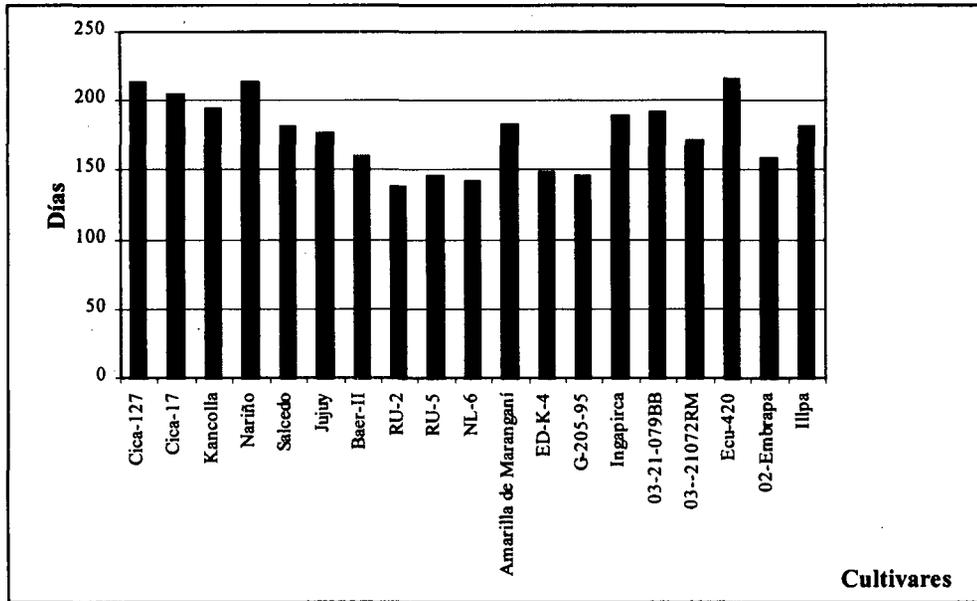


Figura 1. Promedios de días a madurez fisiológica de los cultivares de quinua.

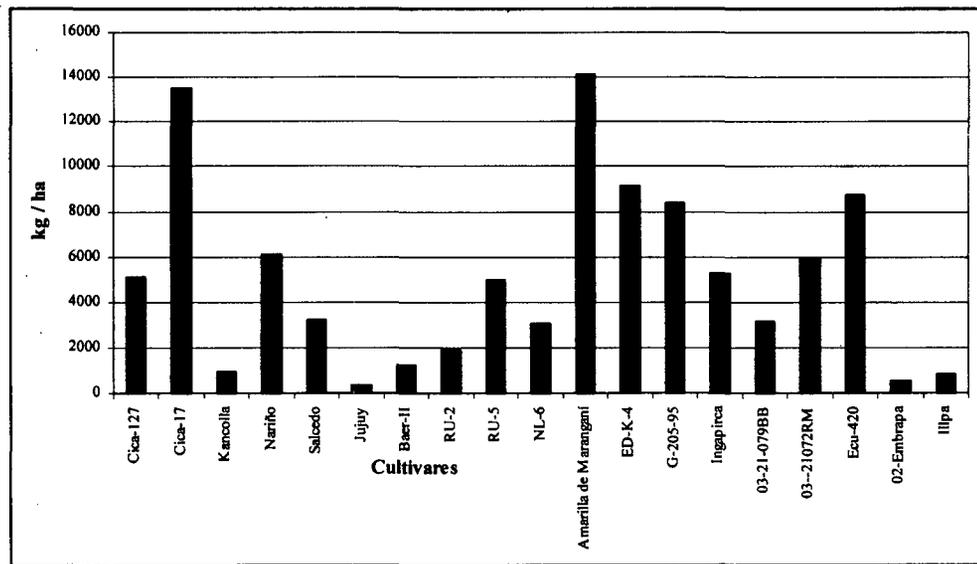


Figura 2. Promedios de rendimiento de grano de los cultivares de quinua.

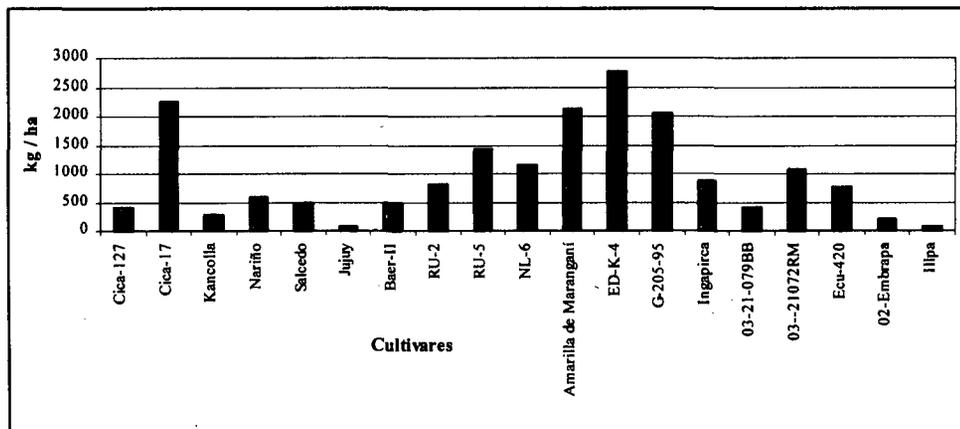


Figura 3. Promedios de producción de biomasa de los cultivares de quinua.

también, los peruanos Cica-17 y Amarilla de Marangani, con producciones de 2.283 y 2.157 kg/ha respectivamente. Sin embargo, entre estos dos grupos se presentaron grandes diferencias en cuanto a producción de biomasa (Figura 3), ya que, mientras las americanas alcanzaron valores entre 13.630 y 14.256 kg/ha, las europeas tan sólo alcanzaron producciones entre 8.463 y 9.216 kg/ha. Estas diferencias pueden determinar el uso final que se le asigne a un cultivar específico, ya para producción de grano o como forraje, o de doble uso.

Se observó que todos los cultivares presentaron algún grado de infección por «mildeo» (*Peronospora* sp.), principalmente entre los 40 y 60 días después de siembra. Este ataque coincidió con la época de mayor pluviosidad durante el ciclo del cultivo. Sin embargo, no se observó un efecto detrimental sobre las plantas. De igual forma, se presentó ataque de los Lepidópteros *Spodoptera frugiperda* y *Agrotis ipsilon*, principalmente durante los primeros 45 días del cultivo y en todos los materiales estudiados.

De las cuarenta y nueve variables evaluadas, siete no se consideraron para conocer variabilidad de la colección en razón de que sus calificaciones fueron constantes, y otras siete fueron analizadas aparte por ser de carácter binario. Las variables que mostraron valor constante para la prueba fueron: el porté de planta fue erecto; el color del tallo fue verde; el color de hojas basales también fue verde; la formación del tallo se presentó prominente; las estrias siempre estuvieron presentes; el borde de las hojas inferiores fue dentado, y para todos los cultivares, los hipocótilos estuvieron pigmentados.

La matriz de correlación, cuyo resumen se observa en el cuadro 4, mostró que 47 valores fueron estadísticamente significativos, se-

ñalando alta correlación entre las características evaluadas. En este cuadro, se pudo observar relación positiva entre las variables rendimiento de grano y biomasa; entre el diámetro del tallo principal y la duración de las etapas fenológicas de los cultivares; entre las variables que muestran el comportamiento de las dimensiones de las hojas: longitud máxima de peciolo, longitud máxima de hoja y ancho máximo de hoja y finalmente, entre la variable intensidad en el color de la panoja y el color de las estrias en el tallo principal de la planta.

Los resultados del análisis de correlación indican que, en la colección, existieron variables de mayor y menor participación. Entonces se recurrió a un estudio más detallado para conocer la diversidad de la colección, y para tal efecto se realizó un análisis de componentes principales sobre la matriz de correlación. A través de este análisis se encontró que los ocho primeros componentes (Cuadro 5), cuyos valores fueron superiores a 1, explican el 88.12% de la varianza total, siendo mayor la contribución de los cuatro primeros componentes. De la misma forma, los resultados mostraron que de las variables en consideración, las que más aportaron a la variación total fueron, para el primer componente: días a grano lechoso, días a grano pastoso y días a madurez fisiológica; para el segundo: número de plantas cosechadas, biomasa y días a 6 hojas verdaderas; para el tercero: tamaño de grano y dientes en hojas basales; para el cuarto: plagas e intensidad de la pigmentación del hipocótilo; para el quinto: intensidad del color del tallo y longitud de los cotiledones; para el sexto: número de ramas primarias y forma de hojas inferiores; para el séptimo: plagas y forma de hojas superiores y para el octavo: color del grano y tamaño de panoja (Cuadro 6).

Por lo anterior, los componentes primero, segundo, tercero y octavo pueden considerarse más relacionados con rendimiento y

Cuadro 4. Resumen de la matriz de correlación entre las variables evaluadas. Altamente significativos ($p < 0.01$)

	EME	HOV	RAM	PJTO	ANTE	GRL	GRPA	MFI	TAP	BIO	REG	DTA	LMP	LM	COE
HOV	0,768	1,00													
RAM	0,923	0,857	1,00												
PJTO	0,713	0,512	0,789	1,00											
ANTE	0,478	0,256	0,575	0,878	1,00										
GRL	0,237	-0,01	0,301	0,660	0,670	1,00									
GRPA	0,262	-0,00	0,318	0,686	0,690	0,997	1,00								
MFI	0,419	0,298	0,509	0,667	0,639	0,875	0,868	1,00							
TAP	0,223	0,014	0,145	0,133	0,213	0,527	0,507	0,650	1,00						
REG	-0,54	-0,64	-0,59	-0,45	-0,29	-0,06	-0,07	-0,28	0,023	0,823	1,00				
DTA	0,344	-0,04	0,308	0,644	0,688	0,768	0,782	0,726	0,554	0,475	0,126	1,00			
LMP	0,242	-0,06	0,247	0,541	0,557	0,833	0,840	0,850	0,640	0,484	0,032	0,899	1,00		
LM	0,219	-0,15	0,161	0,379	0,326	0,716	0,722	0,644	0,584	0,441	0,088	0,742	0,853	1,00	
AM	0,189	-0,18	0,151	0,551	0,558	0,776	0,789	0,685	0,402	0,409	0,000	0,876	0,890	0,818	1,00
NPL	-0,90	-0,72	-0,88	0,072	-0,61	-0,15	-0,18	-0,37	-0,15	0,490	0,589	-0,36	-0,20	-0,11	-0,11
ICP	-0,22	-0,24	-0,23	-0,25	-0,28	0,127	0,111	0,040	0,312	0,029	-0,01	-0,06	0,054	0,309	0,731

Cuadro 5. Características de los componentes principales.

COMPONENTE	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto	Séptimo	Octavo
VALOR PROPIO	10,21	6,12	4,02	2,74	2,39	2,22	1,71	1,40
PROPORCION (%)	29,17	17,50	11,50	7,84	6,83	6,34	4,89	4,02
ACUMULADO (%)	29,17	46,68	58,18	66,03	72,86	79,21	84,10	88,12

los componentes cuarto, quinto, sexto y séptimo, más asociados a caracteres provenientes de la etapa vegetativa del cultivo. El análisis de conglomerados se realizó con los ocho primeros componentes principales utilizando la distancia euclidiana. El dendograma resultante permitió reconocer nueve grupos, los cuales se formaron según la similitud entre los genotipos (Figura 4) y que quedaron conformados así:

Grupo 1. Conformado por dos cultivares: Cica-127 de Perú y Nariño de Colombia. Sus características generales fueron de 10 a 13 días a emergencia, 71 días a panojamiento, 213 días hasta madurez fisiológica, tamaño de panoja de 42,0 a 56,50 cm, diámetro del tallo principal de 17 a 19 mm, una producción de biomasa de 5160 a 6.160 kg/ha, el rendimiento de grano fue de 413 a 605 kg/ha, el tamaño de grano de 2,0 a 2,1 mm, de tres a cinco dientes en hojas basales, color amarillo de panoja en la cosecha y densidad de panoja intermedia. Este grupo no presentó una buena adaptación para la zona, además de mostrar un desarrollo morfológico poco uniforme en comparación con los cultivares europeos promisorios.

Grupo 2: Conformado por tres cultivares: Salcedo e Illpa de

Perú y Jujuy de Argentina. Las características particulares del grupo fueron: de 9 a 14 días a emergencia, de 66 a 70 días a formación de panoja, tiempo hasta madurez fisiológica de 176 a 181 días, tamaño de panoja de 31,25 a 47,25 cm, biomasa de 380 a 3.270 kg/ha, rendimiento de grano de 83 a 483 kg/ha, tamaño de grano de 2,1 a 2,2 mm, diámetro del tallo principal de 10,5 a 16,75 mm, menos de tres dientes en las hojas basales, color amarillo de la panoja a la cosecha, panoja glomerulada y color del grano de amarillo a crema. Este grupo tampoco se adaptó satisfactoriamente a la zona. Sacachipana *et al.* (1999) encontraron, para el cultivar Salcedo, excelentes rendimientos en grano en Waru (Perú) con 3.700 kg/ha.

Grupo 3: Conformado por tres cultivares: Ingapirca de Ecuador y 03-21-079BB y 03-21-072RM de Perú. Sus características particulares fueron: de 12 a 14 días a emergencia, de 67 a 68 días a formación de panoja, de 171 a 189 días a madurez fisiológica, tamaño de panoja de 52,0 a 52,75 cm, producción de biomasa de 3.223 a 5.959 kg/ha, rendimiento de grano de 418 a 1.084 kg/ha, tamaño de grano 1,77 a 1,92 mm, diámetro del tallo principal de

Cuadro 6. Variables de mayor peso o importancia en los primeros ocho componentes.

VARIABLE	VECTORES CARACTERISTICOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
HOVE		-0,328						
GRLE	0,285							
GRPA	0,286							
MFIS	0,291							
TAPA								0,309
BIOM		0,320						
TAGR			-0,375					
RAPR						0,378		
FHIN						-0,312		
FHSU							0,342	
LCOT					0,331			
NPLA		0,335						
ICTA					0,446			
DHBA			0,353					
IPHI				0,347				
COGR								0,460
PLAG				-0,403			0,356	

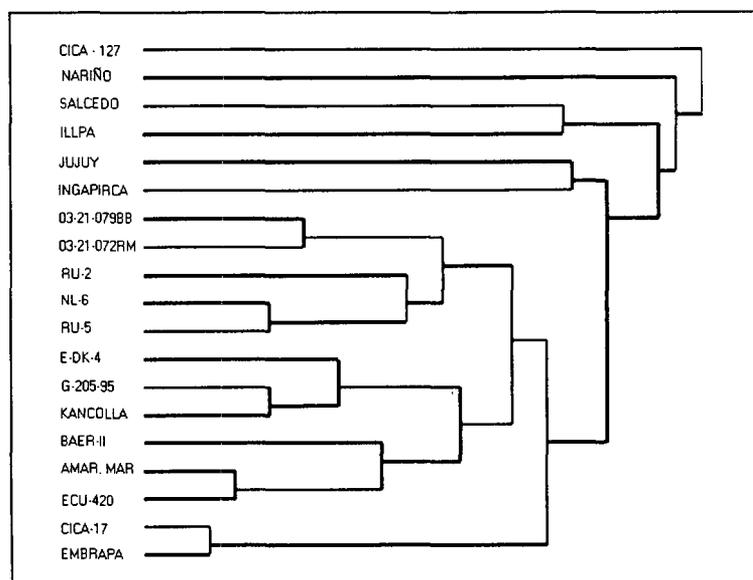


Figura 4. Dendrograma de diecinueve cultivares de quinua basado en treinta y cinco características morfoagronómicas.

14,0 a 15,25 mm, color púrpura de la panoja antes de madurez, color amarillo de la panoja en la cosecha, panoja glomerulada e intermedia y color de grano de amarillo a crema. Ramírez *et al.* (1999) en condiciones del Altiplano Peruano, encontraron resultados muy similares a los observados para este grupo. Sin embargo, y en contraste con lo anterior, Artica *et al.*, (1999) encontraron bajos rendimientos para 03-21-072RM y buenos rendimientos para Ingapirca en un ambiente muy diferente; especialmente caracterizado por una menor altura y con una mayor humedad relativa que lo usado en el presente ensayo.

Grupo 4. Conformado por tres cultivares: RU-2 Y RU-5 de Inglaterra y NL-6 de Holanda. Sus características particulares fueron: de siete a ocho días a emergencia, de 63 a 64 días a formación de panoja, de 138 a 145 días a madurez fisiológica, tamaño de la panoja de 32 a 39 cm, producción de biomasa de 1.916 a 5.032 kg/ha, rendimiento de grano 825 a 1.460 kg/ha, tamaño de grano de 1,9 a 2,0 mm, diámetro del tallo principal de 8,5 a 9,7 mm, color de la panoja en la cosecha amarillo y panoja glomerulada y compacta. Este grupo fue bastante uniforme en su desarrollo morfológico y fenológico, pero presentó bajos rendimientos y tallos demasiado delgados.

Grupo 5. Conformado por los dos cultivares de Dinamarca: E-DK-4 y G-205-95. Las características particulares del grupo fueron: de siete a ocho días a emergencia, 63 días a formación de panoja, de 145 a 148 días a madurez fisiológica, tamaño de panoja de 37 a 45 cm, producción de biomasa de 8.466 a 9.219 kg/ha, rendimiento de grano de 2.083 a 2.808 kg/ha, tamaño de grano de 2,0 a 2,1 mm, diámetro del tallo 11,5 a 13,5 mm, panoja glomerulada y color café del grano. Dentro de la colección, estos dos materiales son los más promisorios agrónomicamente, ya que se destacaron de los demás cultivares por su alto rendimiento en grano, por su porte bajo y uniforme y por su ciclo corto. Estos cultivares presentaron otras características que también les hicieron sobresalientes: un diámetro de grano superior a 2 mm y un diámetro de tallo superior a 10 mm. La primera de estas características es ampliamente valorada por la industria procesadora de granos de quinua que los prefiere de gran tamaño; y la segunda característica es importante, ya que las plantas de quinua con tallos gruesos tienen menor riesgo a caerse por volcamiento. Sin embargo, se espera que los cultivares más promisorios de quinua posean también, niveles altos de proteínas, y según Soldevilla *et al.* (1999) el contenido de proteína para el cultivar G-205-95 de Dinamarca fue de 13,5%, el cual resulta muy bajo para su uso comercial.

Grupo 6. Conformado por dos cultivares: Baer-II de Chile y Kancolla de Perú. Sus características generales fueron: de 14 a 17 días a emergencia, de 66 a 68 días a panojamiento, de 160-194 días hasta madurez fisiológica, tamaño panoja de 36 a 51 cm, biomasa de 935 a 1.219 kg/ha, rendimiento de grano de 272 a 484 kg/ha, tamaño del grano de 1,9 a 2,0 mm, diámetro del tallo principal de 12 a 13 mm, de tres a cinco dientes en hojas basales, color amarillo de la panoja en la cosecha y forma de la panoja glomerulada. Los rendimientos en grano para este grupo fueron demasiado bajos, en contraste a los 3.983 kg/ha encontrados por Cutipa *et al.* (1999) para Kancolla en la Cuenca del Titicaca. Para Baer-II, Ohlsson (1999) encontró excelentes rendimientos realizando la misma prueba en Suecia, y aún mejores que los obtenidos para cultivares europeos.

Grupo 7. Conformado por dos cultivares: Amarilla de Marangani de Perú y Ecu-420 de Ecuador. Las características generales del grupo fueron: ocho días a emergencia, de 62 a 67 días a formación

de la panoja, de 182 a 216 días a madurez fisiológica, tamaño de la panoja de 38 a 51 cm, producción de biomasa de 8.815 a 14.257 kg/ha, rendimiento de grano de 787 a 2.157 kg/ha, tamaño del grano de 1,8 a 2,1 mm, diámetro del tallo principal de 13 a 15 mm, color amarillo de la panoja en la cosecha y color amarillo a crema del grano. Ecu-420 resultó el cultivar más tardío de la colección, y en general, se ha observado que un gran número de cultivares provenientes del Ecuador se caracterizan por ser de ciclo largo (Chicaiza, 1999). De este grupo se destaca su alto rendimiento en biomasa y en grano. Sin embargo, su ciclo largo y su gran altura podrían dificultar su manejo agronómico. Es posible contemplar la idea de incorporar en este grupo algunas características genéticas de los cultivares europeos de la colección, con el objetivo de reducir el ciclo y altura de las plantas.

Grupo 8. Conformado por el cultivar Cica-17 de Perú. Sus características particulares fueron: 13 días a emergencia, 71 días a formación de panoja, 204 días hasta madurez fisiológica, tamaño de la panoja de 50 cm, producción de biomasa de 13632 kg/há, rendimiento de grano de 2.283 kg/ha, tamaño del grano 2,3 mm, diámetro del tallo principal de 23 mm, color púrpura de la panoja antes de madurez, panoja amarantiforme y granos amarillos. Este cultivar presentó el segundo lugar en producción de biomasa y el mayor valor para el ancho del tallo principal, lo cual le hacen uno de los cultivares más promisorios para uso forrajero.

Grupo 9. Conformado por el cultivar 02-Embrapa de Brasil. Las características particulares del cultivar fueron: 13 días a emergencia, 71 días a panojamiento, 158 días a madurez fisiológica, tamaño de la panoja de 24 cm, producción de biomasa de 509 kg/ha, rendimiento de grano de 208 kg/ha, tamaño del grano de 1.9 mm, diámetro del tallo principal de 14.0 mm, color amarillo a anaranjado de la panoja en cosecha, panoja glomerulada y compacta. En Suecia, Ohlsson (1999) encontró rendimientos más altos en este cultivar que los alcanzados por los cultivares europeos de la misma prueba.

De los grupos conformados, dos asociaron a los cultivares europeos y siete, a los americanos. Se destacó la cercanía entre los grupos europeos y algunos americanos que presentaron un desarrollo fenológico y morfológico muy uniforme. Se destacó también, la lejanía entre los grupos americanos uno, dos, ocho y nueve, lo cual evidencia la gran variabilidad genética entre cultivares americanos.

Es posible que, en zonas similares a la estudiada en este ensayo, se puedan adaptar algunos de los cultivares más sobresalientes de la prueba, como por ejemplo los cultivares E-DK-4 y G-205-95 procedentes de Dinamarca para producción de grano, y los peruanos Cica-17 y Amarilla de Marangani para producción de forraje. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados en cuanto a susceptibilidad a enfermedades, ataque de insectos y contenido de saponinas. Este último estudio representa un aspecto de gran importancia en el procesamiento del grano y no se debe desconocer en el momento de seleccionar variedades comerciales de quinua

Con los resultados del presente trabajo se encontraron diferencias importantes en cuanto a rendimiento de grano, producción de biomasa, porte de plantas y duración del ciclo del cultivo, entre los cultivares provenientes de Europa y de América.

De los 35 descriptores utilizados para el análisis de componentes principales, 18 fueron seleccionados en los ocho componentes principales resultantes, lo que manifiesta la variabilidad de los genotipos. El 88,12% de la variabilidad de la colección está explicada por ocho componentes principales, de los

cuales los cuatro primeros tienen mayor contribución a la variabilidad total.

El agrupamiento por conglomerados permitió la conformación de nueve grupos diferentes, y el dendograma estableció alta variabilidad entre los cultivares en estudio, lo que constituye una buena fuente básica para futuros programas de mejoramiento.

Se pudo apreciar que los cultivares E-DK-4 y G-205-95, son los materiales más promisorios agrónomicamente para la región, principalmente por su precocidad y alto rendimiento en grano y biomasa.

LITERATURA CITADA

- ARTICA, M., A. PARRAGA y S. JACOBSEN. Adaptabilidad de 12 cultivares de quinua en clima de selva alta Oxapamba - Perú. En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 27-28. 1999.
- BERTERO, D. Variabilidad intraespecífica en variables asociadas a la generación de biomasa en quinua. En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 81-83. 1999.
- CHICAIZA, O. Resultados de la evaluación de germoplasma de quinua en Ecuador durante los ciclos 97 y 98. En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 23-24. 1999.
- CONSEJO INTERNACIONAL DE RECURSOS FITOGENETICOS. Descriptores de Quinua. Secretaría del CIRF. Roma. 18 pp. 1981.
- CUTIPA, G., P. AGUILAR y S. JACOBSEN. Selección de cultivares de quinua por rendimiento en tres ambientes de la Cuenca del Titicaca. En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 35-36. 1999.
- GANDARILLAS, H. Mejoramiento de la Quinua. En: La Quinua y la Kañiwa: Cultivos Andinos. M. TAPIA, (ed.). Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, Santafé de Bogotá. p. 65-82. 1979.
- MAMANI, F. La Prueba de Quinua en el Altiplano de Bolivia. En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 24-25. 1999.
- MANLY, B. Multivariate Statistical Methods. 2ª ed. Chapman & Hall. London. 215 pp. 1994.
- MENDOZA, G. Alternativas de producción y consumo de quinua en Colombia. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, Santafé de Bogotá. 160 pp. 1993.
- MUJICA, A. Cultivo de Quinua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima. 130 pp. 1997.
- MUJICA, A., S. JACOBSEN y J. IZQUIERDO. Prueba Americana y Europea de Quinua: Libro de Campo. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Puno. 42 pp. 1998.
- NIETO, C., R. CASTILLO y E. PERALTA. Guía para la Producción de Semilla de Quinua. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito. 120 pp. 1986.
- OHLSSON, I. Puede la quinua llegar a ser un cultivo nuevo en la agricultura sueca? En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 109-110. 1999.
- PLA, L. Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington. 94 pp. 1986.
- RAMIREZ, E., A. BONIFACIO y S. JACOBSEN. Evaluación de 12 variedades de quinua de bancos de germoplasma de la zona andina en el Altiplano. En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 33-35. 1999.
- ROJAS, W. Análisis de diversidad genética del germoplasma de quinua de Bolivia mediante métodos multivariados. En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 23-24. 1999.
- SACACHIPANA, B., P. AGUILAR, y Z. CUTIPA. El cultivo de la quinua en Waru En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 58-60. 1999.
- SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User's Guide. Fourth Edition. Vol. I-II. Cary, NC. 1789 pp. 1990.
- SILVA, J. V. Quinua y Lupino: Fuentes forrajeras. En: Curso Alternativas no tradicionales para alimentación de rumiantes. Instituto Colombiano Agropecuario, Pasto. p. 116-139. 1992.
- SOLDEVILLA, G., A. MUJICA y S. JACOBSEN. Comparativo de seis cultivares europeos de quinua en condiciones de Arequipa Perú. En: Primer Taller Internacional sobre Quinua. Resúmenes. Lima. p. 26-27. 1999.
- TAPIA, M. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 110 pp. 1990.