

1 **CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACCESIONES DE QUINUA**
2 **(*Chenopodium quinoa* Willd.) PARA ESTIMAR DIVERSIDAD GENÉTICA EN LA**
3 **COSTA PERUANA**

4 M. J. Allende Ciballero^{1,2}, Jorge Jiménez Dávalos^{3,5}, Jenny Valdez Arana⁴ y Miguel Ángel Vega
5 Vera⁵

6 ¹ Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad
7 Nacional de Córdoba, CC 509-(5000) Córdoba, Argentina y

8 ² Mejoramiento Vegetal, Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Villa María, Arturo
9 Jauretche 1555 (CP 5900) Villa María, Córdoba-Argentina.

10 ³ Departamento de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina,
11 Av. La Molina s/n, La Molina, Lima (12), Perú.

12 ⁴ Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina
13 s/n, La Molina, Lima (12), Perú.

14 ⁵ Laboratorio de Molecular, Programa de Cereales y Granos Nativos, Universidad Nacional
15 Agraria La Molina, Av. La Molina s/n, La Molina, Lima (12), Perú.

16 Correo: mjallende@agro.unc.edu.ar

17
18 **RESUMEN**

19 Los recursos genéticos representan la fuente biológica para desarrollar cultivos más productivos,
20 resistentes a factores bióticos y abióticos y de mejor calidad. El objetivo fue evaluar la diversidad
21 genética de una colección de quinuas del Perú utilizando caracteres morfológicos. Se
22 caracterizaron 180 accesiones de diferentes procedencias. Se utilizó un diseño experimental Alfa
23 Látice con dos repeticiones. Para la descripción morfológica se utilizaron descriptores
24 recomendados por Bioversity. Los datos fueron analizados con técnicas descriptivas y
25 multivariadas. Se observó variación morfo-fenológicas entre las accesiones provenientes de
26 ambientes diferentes: Altiplano y Valles Interandinos. El Análisis de Componentes Principales
27 separó accesiones de Valles de las del Altiplano. El primer componente (CP1) explicó el 53%
28 de la variación observada y diferenció plantas altas con mayor diámetro de tallo asociado a
29 plantas con mayor rendimiento y grano grande. El segundo componente (CP2, 16%) permitió
30 separa accesiones precoces de tardías y el tercer componente (CP3, 10%) identificó accesiones
31 de ciclo corto con mayor peso de semilla. El análisis de conglomerados mostró grupos con
32 diferente diversidad genética. Las quinuas del grupo 1 más la accesión 83 poseen granos

33 pequeños a medianos y las de los grupos 2 y 3 presentaron mayor arquitectura asociado a ciclo
34 largo.

35 Palabras clave: Perú, recursos genéticos, descriptores quinua, diversidad genética, análisis
36 multivariados.

37
38 **MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ACCESSIONS OF QUINOA**
39 **(*Chenopodium quinoa* Willd.) TO ESTIMATE GENETIC DIVERSITY ON THE**
40 **PERUVIAN COAST**

41
42 **SUMMARY**

43 Genetic resources are the biological source to develop more productive, resistant to biotic and
44 abiotic factors and better quality crops. The objective was to evaluate the genetic diversity of a
45 collection of quinas del Peru using morphological characters. 180 accessions of different
46 origins were characterized. Alfa lattice experimental design was used with two replications. For
47 the morphological description recommended by Bioversity descriptors were used. Data were
48 analyzed with descriptive and multivariate techniques. Morpho-phenological variation is
49 observed between accessions from different environments: Altiplano and Inter-Andean valleys.
50 The Principal Component Analysis separated accessions Interandinos Valleys of the Altiplano.
51 The first component (PC1) explains 53% of the observed variation and differentiated tall plants
52 with greater stem diameter associated with increased production plants and large grain. The
53 second component (CP2, 16%) allows to separate the early accessions of late and the third
54 component (CP3, 10%) identified accessions short cycle higher seed weight. Cluster analysis
55 showed different groups with genetic diversity. Quinoas the group 1 more 83 accession have
56 small to medium grains and groups 2 and 3 showed higher architecture associated long cycle.

57 Key words: Peru, genetic resources, quinoa descriptors, genetic diversity, multivariate analysis.

58
59 **INTRODUCCIÓN**

60 La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura declaró a la
61 Quinoa, en 2013, su Año Internacional. Esto generó un interés, tanto nacional como
62 internacional, de conocer, investigar, producir y consumir este grano andino por sus propiedades
63 nutricionales y alimenticia se intensificar en forma sostenible la producción para mejorar las
64 condiciones de vida de los pobladores andinos y del mundo (Ruales & Nair, 1992; Vidal *et al.*,
65 2013; Bioversity Internacional *et al.*, 2013). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) fue desde

66 épocas precolombinas la principal base alimenticia de las culturas andinas (Bioversity
67 Internacional *et al.*, 2013) junto a maíz, papa y otras especies tuberosas y raíces (Gómez &
68 Eguiluz, 2012). Actualmente la gastronomía regional peruana utiliza a la quinua y otros cultivos
69 andinos en la preparación de alimentos intensificando su consumo.

70 La distribución geográfica del cultivo en América del Sur se extiende desde los 5° Lat. N hasta
71 los 43° Lat. S (Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile) y su distribución altitudinal
72 varía desde el nivel del mar hasta los 4000m (Vidal *et al.*, 2013). La mayor diversidad genética
73 se encuentra en el altiplano peruano-boliviano (cuenca del Lago Titicaca) por lo cual se considera
74 centro de origen de la especie (Sevilla & Holle, 2004; Bioversity Internacional *et al.*, 2013).
75 Tapia (1996) en función de las características agroecológicas en los Andes clasifica las quinuas
76 en: del altiplano que comparten Perú y Bolivia, de valles interandinos, de costa en el centro sur
77 de Chile, de los salares en el altiplano sur de Bolivia y las de selva y yungas (Gómez & Eguiluz,
78 2012; Vidal *et al.*, 2013). A pesar de ser tan versátil, la mejor producción se consigue en el rango
79 de 2500-3800msnm con una precipitación anual entre 250 a 500mm y una temperatura media de
80 5 a 14°C (Mujica & Jacobsen, 2006). Su área de producción se encuentra en expansión por su
81 gran diversidad y variabilidad de adaptación a distintos ambientes por lo que se cultiva en zonas
82 de aridez y bajas temperaturas (Tapia *et al.*, 1979).

83 En Perú la quinua se distribuye en diferentes zonas agroecológicas donde la región de Puno
84 concentra el 80% de la superficie cultivada y en menor proporción la región de Cusco. Las
85 estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) (2013 & 2014) registra Perú con
86 38.493ha cultivadas y una producción total de 44207tn para un rendimiento promedio de 1200Kg
87 y un rango de 700 a 3000Kg/ha (Bonifacio *et al.*, 2014). Fuera de sus áreas tradicionales de
88 cultivo evaluaciones e investigaciones realizadas han demostrado que la costa peruana tiene gran
89 potencial de producción pero con manifestación de problemas sanitarios y de manejo (Jacobsen,
90 2003; Tapia, 2012; Vidal *et al.*, 2013).

91 La producción a gran escala provoca que la diversidad genética se erosione por la pérdida de
92 variedades locales y falta de usos y costumbres en la cocina moderna (Gómez & Eguiluz, 2012).
93 Por diversidad genética se entiende la variación entre poblaciones de una especie más la
94 variación dentro de las poblaciones que la integran. Es decir, constituida por todas las variaciones
95 genéticas producto de la diferencia entre las especies pero sin confundir con variabilidad genética
96 que es una característica de poblaciones dentro de una especie (Sevilla & Holle, 2004). La quinua
97 posee características intrínsecas sobresalientes como: amplia variabilidad genética cuyo acervo
98 es estratégico para desarrollar variedades superiores, capacidad de adaptabilidad a condiciones
99 adversas, ventaja nutricional debida a la composición de aminoácidos esenciales y diversidad de

100 usos (Bioversity Internacional *et al.*, 2013). Los bancos de germoplasma mantienen la
101 variabilidad genética referida a precocidad, color y tamaño de grano, resistencia y/o tolerancia a
102 factores bióticos y abióticos, rendimiento y subproductos y evitan la pérdida de genes de
103 importancia. De esta forma los recursos genéticos conservados se encuentran disponibles para
104 ser utilizados en programas de mejora.

105 A nivel mundial existen 16422 accesiones de quinua y sus parientes silvestres que se conservan
106 en 59 bancos de semillas de 30 países. Los bancos de semilla de la región Andina conservan más
107 del 88% de la variabilidad genética del cultivo (Rojas *et al.*, 2014). La caracterización y la
108 evaluación son actividades importantes que consisten en describir las características cualitativas
109 y cuantitativas de las accesiones útiles para discriminar entre ellas, determinar su utilidad, formar
110 colecciones núcleo, identificar duplicados en la colección, así como también para intercambiar
111 datos y promover su utilización (Rojas *et al.*, 2014). La información sobre estas características
112 junto con los datos de pasaporte establece la información esencial para cada accesión. Además
113 la aplicación de técnicas de análisis multivariado para su estudio permitirá describir las
114 accesiones de manera más completa aumentando sus posibilidades de uso en actividades futuras
115 (Costa *et al.*, 2011).

116 Dado que los recursos genéticos representan la fuente biológica para desarrollar cultivos más
117 productivos, resistentes a factores bióticos y abióticos y de mejor calidad, el objetivo de este
118 trabajo fue evaluar la diversidad genética de una colección de quinas del Perú en condiciones
119 de costa, procedentes del banco de germoplasma de quinua del Instituto Nacional de Innovación
120 Agrícola (INIA).

121

122 MATERIALES Y MÉTODOS

123 **Material vegetal**

124 Se caracterizaron 152 accesiones de quinua pertenecientes al Banco de germoplasma del INIA,
125 24 accesiones de una colecta particular y cuatro cultivares comerciales: Negra Airampo, Blanca
126 Taraco, Blanca Kancolla y Negra Collana (tabla 1). El conjunto pertenece a lugares de diferentes
127 altitudes con niveles de saponina variables.

128 **Diseño experimental y descripción de variables**

129 El ensayo se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima-Perú (12°
130 04' latitud Sur y 74° 57' de longitud Oeste a una elevación de 235msnm) en el período agrícola
131 2015. Se utilizó un diseño experimental Alfa Látice (20x9) con dos repeticiones. La unidad
132 experimental constó de dos surcos de 1,5m de longitud con una separación entre surco de 0,75m.
133 Las accesiones se evaluaron por caracteres morfológicos utilizando los descriptores

134 recomendados por Bioversity Internacional *et al.* (2013). Las mediciones se realizaron sobre 10
135 plantas por cada repetición.

136 Se evaluaron nueve variables cuantitativas clasificadas en tres grupos para su mejor análisis.
137 Fueron fenológicas: días emergencia a floración (DEF) y días emergencia a madurez fisiológica
138 (DEMF); de arquitectura de planta: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), longitud de
139 panoja (LPj), diámetro de panoja (DPj) y de grano: rendimiento por planta (PP), peso de 100
140 semillas (P100) y diámetro de grano (DG).

141 **Análisis de datos**

142 Para la caracterización morfológica se realizaron los siguientes análisis estadísticos tomados
143 como referencia los propuestos por Franco e Hidalgo (2003):

144 .- Estadística descriptiva para estimar y describir el comportamiento de las diferentes variables
145 en la población en estudio.

146 .- Coeficiente de correlación de Pearson para cuantificar en términos relativos el grado de
147 asociación íntima o variación conjunta entre pares de descriptores cuantitativos.

148 .- Análisis multivariado que permitirá la descripción de los genotipos tomando en cuenta
149 simultáneamente varias características, sin dejar de considerar la relación existente entre ellas.

150 Para ello se utilizaron los siguientes análisis: (a) Análisis de componentes principales (ACP)
151 para analizar los datos y evaluación preliminar de germoplasma, y para conocer la relación
152 existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre los genotipos. (b)
153 Análisis de conglomerados para clasificarlas accesiones y sus relaciones entre ellas.

154 Para realizar los análisis se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

155

156 **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

157 **Parámetros estadísticos descriptivos**

158 La tabla 2 resume los parámetros estadísticos descriptivos estimados para cada variable con sus
159 respectivas unidades de medida. Se observó poco rango de variación entre las variables
160 fenológicas (días de emergencia-floración y días de emergencia-madurez fisiológica), longitud
161 de panoja y diámetro de grano. Por el contrario, mostraron mayor rango de variación el resto de
162 las variables de arquitectura (altura de planta, diámetro de tallo y panoja) y producción por planta
163 y peso de 100 semillas evidenciando mayor magnitud con respecto a la media (DS, CV, tabla 2).

164 Los parámetros estadísticos brindan una idea clara de la diversidad genética entre los
165 descriptores.

166 La duración del ciclo vegetativo es una característica dependiente del genotipo y es posible
167 encontrar amplio rango de variación. En este estudio el intervalo entre precoz y tardío fue de 45

168 días donde la variabilidad observada será útil en programas de mejora para seleccionar genotipos
169 aptos para la siembra de quinua en la zona de costa. Otros autores registraron valores que van
170 desde 12 días a 3 y 6 meses (Risi & Galwey, 1989a; Rojas, 2003 y Gabriel *et al.*, 2014)
171 característica importante para responder a la selección para factores bióticos y abiótico.

172 El peso de 100 semillas también presenta un amplio rango de variación lo cual es importante,
173 junto a diámetro de grano, para la comercialización de la quinua. Rojas (2003) y Gabriel *et al.*
174 (2013) encontraron valores semejantes en sus evaluaciones.

175 **Coefficientes de correlación de Pearson**

176 La matriz de correlación entre cada par de variable (tabla 3) muestra que 32 coeficientes fueron
177 altamente significativos ($P < 0,001$). Se consideró que correlaciones con valores de coeficiente
178 0,40 corresponde a asociaciones que representan patrones de variación natural en quinua (Rojas,
179 2003, Franco & Hidalgo, 2003; Gabriel *et al.*, 2013).

180 Entre las características de arquitectura de planta se observó las correlaciones más altas y
181 significativas con asociación entre altura de planta con rendimiento por planta y diámetro de
182 grano $r=0,68$ ambas y diámetro de tallo con rendimiento por planta y diámetro de grano $r=0,70$
183 y $r=0,64$, respectivamente. También se cuantificó correlación positiva y significativa entre
184 variables fenológicas y de arquitectura de planta. Emergencia a madurez fisiológica con altura
185 de planta y diámetro de grano $r=0,46$ y $r=0,44$, respectivamente. Estas correlaciones indicarían
186 que accesiones de ciclo largo (tardías) presentan planta de mayor desarrollo, productivas y con
187 granos grandes y pesados.

188 Las variables diámetro de grano y peso de 100 semillas muestran una alta correlación positiva
189 entre ellas $r=0,69$. Rojas (2003) cita en su trabajo a Cayoja (1996) y Ochoa & Peralta (1988) los
190 cuales determinaron correlaciones altamente significativas y positivas para diámetro y peso de
191 100 semillas. Diámetro de grano también se correlacionó positivamente con rendimiento por
192 planta $r=0,60$ por lo cual accesiones de mayor producción poseen mayor tamaño de grano.

193 Rojas (2003) para las variables morfológicas, encontró correlaciones positivas entre diámetro de
194 tallo con altura de planta, diámetro y longitud de panoja; también entre longitud de panoja con
195 altura de planta. Las accesiones con mayores diámetros y altura de planta desarrollaron panojas
196 más grandes. Por otro lado, Risi & Galwey (1989a) determinaron que altura de la planta,
197 diámetro del tallo, longitud y diámetro de panoja se correlacionaron significativamente con los
198 demás. Una correlación positiva entre madurez fisiológica con altura de planta y diámetro de
199 tallo indica que las plantas tienden a desarrollar más cuando la duración del ciclo fenológico es
200 más tardío. Sin embargo el autor observó correlación negativa entre madurez fisiológica y peso

201 de 100 semillas por lo que ese mayor desarrollo de planta no se vio reflejado en un mayor tamaño
202 y peso de grano (Rojas, 2003).

203 **Análisis de Componentes principales**

204 El primer componente explicó el 53% de la variación observada (tabla 4) con aporte positivo
205 para las variables de arquitectura de planta (AP, DT y DPj) y de rendimiento (PP, P100 y DG).
206 Este componente separa plantas altas con mayor diámetro de tallo asociado a plantas con mayor
207 producción y grano grande.

208 El segundo componente contribuyó con el 16% de la variabilidad (tabla 4) con aporte positivo
209 para las variables fenológicas (DEF y DEMF). Por otra parte, longitud de panoja contribuyó
210 negativamente. Este componente permitió separa las accesiones precoces de las tardías.

211 El tercer componente explicó con el 10% de la variabilidad donde peso de 100 semillas
212 contribuyó positivamente y días de emergencia a floración fue negativo (tabla 4). Esto indica
213 que este componente identificó accesiones de ciclo corto con mayor peso de semilla.

214 El análisis de componentes principales separó las accesiones del Valle Interandino (región de
215 Cusco) con respecto al Altiplano (región de Puno) (figura 1). Las accesiones de la región de
216 Cusco corresponden a plantas altas, ciclo largo y mayor tamaño de grano mientras que las del
217 Altiplano fueron opuestas. Se observó una alta asociación entre las variables fenológicas y de
218 rendimiento en contra posición con arquitectura de planta.

219 La figura 1 distingue dos accesiones opuestas en sus características, estas se separan de los
220 grupos a los cuales pertenecen (Valle Interandino y Altiplano). La accesión 131 presentó plantas
221 altas, mayor diámetro de tallo, longitud y diámetro de panoja por lo cual fue la más desarrollada;
222 destacándose por su mayor potencial de rendimiento con granos de gran tamaño. La accesión 83
223 se caracterizó por menor desarrollo de planta y rendimiento. Bertero *et al.* (2004) expresó que
224 determinadas accesiones pueden compensar con mayor tasa de crecimiento el potencial de
225 rendimiento. Se puede considerar que ambas accesiones representan al Valle Interandino y al
226 Altiplano propuesto por Tapia (1996), coincidiendo con una alta influencia del lugar de origen
227 en la separación de los grupos o ecotipos de quinua (Risi & Galwey, 1989 a,b; Rojas, 2003;
228 Fuentes *et al.*, 2009; Curtis *et al.*, 2010; Gomez & Eguiluz, 2012 y Gabriel *et al.*, 2013).

229 **Análisis de conglomerados**

230 El dendrograma (figura 2) mostró las accesiones en tres grupos con diferente diversidad genética
231 y una accesión que quedó sola. Donde el grupo 1 está integrado por el mayor número de
232 accesiones pertenecientes a la región de Puno (Altiplano). Estas presentaron plantas de
233 arquitectura intermedia con peso de 100 semillas medio ($0,25\pm 0,04g$) y tamaño pequeño

234 (1,74±0,1mm), y son de ciclo precoz (114±8 días); similar a lo reportado por Rojas (2003) donde
235 encontró mayores tamaño de grano en el Lago Titicaca.

236 El grupo 2 lo conformaron un menor número de accesiones, representado por 27 de las cuales
237 siete corresponden a la región de Puno. Ellas se caracterizaron por plantas con mayor desarrollo
238 y peso de 100 semillas (0,35±0,06g) y tamaño de grano grande (2,11±0,15mm), con ciclo
239 intermedia (127±9días).

240 El grupo 3 representó a la región de Cusco conformado por tres accesiones: 131, 145 y 148. Se
241 destacaron por tamaño de grano grande (2,16±0,13mm) y peso de 100 semillas de 0,33±0,06g.
242 Ellas son de ciclo tardío (130±7días).

243 Por último la accesión 83 con plantas bajas, semillas pequeñas (1,52±0,07mm) y de menor peso
244 (0,18±0,03g). Fue la accesión más precoz (102±7días) y pertenece a la región de Puno
245 (Altiplano).

246 Las quinuas del Altiplano del grupos 1 más la accesión 83 poseen granos pequeños a medianos.
247 Las de Valles Interandinos de los grupos 2 y 3 presentaron mayor arquitectura asociado a ciclo
248 largo.

249

250

CONCLUSIÓN

251 El presente estudio en la costa peruana, área no tradicional para el cultivo de quinua, permitió
252 que los descriptores utilizados diferenciaron las accesiones en función del origen, las de Cusco
253 de las de Puno. Un número importante de accesiones poseen alto potencial de producción para
254 la zona de costa. Las accesiones evaluadas mostraron amplia diversidad genética para caracteres
255 agronómicos y de rendimiento para ser utilizadas en programas de mejoramiento genético
256 específico.

257

258

AGRADECIMIENTOS

259 Esta investigación ha sido financiada por el Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología
260 - FINCyT Perú, Contrato N° 141-FINCyT-IA-2013.

261 El germoplasma empleado ha sido trasferido por el Instituto Nacional de Innovación Agraria –
262 INIA Perú.

263 Agradecer a la Universidad Nacional de Córdoba y a la Universidad Nacional de Villa María por
264 permitir realizar la Maestría en Mejoramiento genético de Plantas en la Universidad Nacional
265 Agraria La Molina, Perú. Al Laboratorio de Molecular del Programa de Cereales y Granos
266 Nativos de la UNALM por brindarme el espacio para realizar los análisis moleculares y a todo
267 el personal que brindó su apoyo para la realización de este trabajo.

268

269

BIBLIOGRAFÍA

270 .- Bertero, H. D.; A.J. de la Vega, G. Correa, S. E. Jacobsen y A. Mujica, 2004. Genotype and genotype-
271 by-environment interaction effects for grain yield and grain size in quinoa (*Chenopodium quinoa*
272 Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. *Field Crops Res.* 89:
273 299-318.

274 .- Bioversity International; FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013. Descriptores para quinua
275 (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia;
276 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación
277 PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz,
278 Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia. ISBN: 978-92-9043-927-1.

279 .- Bonifacio A.; L. Gómez Pando y W. Rojas, 2014. Mejoramiento genético de la quinua y el estado
280 de desarrollo de variedades modernas. Capítulo Numero 2.5. EN: BAZILE D. *et al.* (Editores), “Estado
281 del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia):
282 pp. 203-226.

283 .- Costa Tártara, SM; R. Curti, S. Bramardi, M. Manifiesto y D. Bertero, 2011. Análisis simultáneo
284 de variables morfológicas y cuantitativas y marcadores moleculares para la caracterización de
285 accesiones nativas de quinua del noroeste Argentino. XVI reunión Científica del GAB. Salta
286 Argentina.

287 .- Curti, R. N.; H. D. Bertero, A. J. Andrade, B. Velázquez y S. J. Bramardi, 2010. Caracterización
288 morfo-fenológica preliminar del germoplasma nativo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del
289 Noroeste Argentino (NOA). In *Proceedings of the III Congreso Internacional de la Quinoa, Bolivia.*

290 .- Di Rienzo J.A.; F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. W. Robledo, InfoStat
291 versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL
292 <http://www.infostat.com.ar>

293 .- Franco, T. L. y R. Hidalgo (eds.), 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización
294 Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos
295 Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p. ISBN 92-9043-543-7.

296 .- Fuentes F. F.; P. J. Maughan y E. R. Jellen, 2009. Diversidad genética y recursos genéticos para el
297 mejoramiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Rev. geogr. Valps.* (En línea) N° 42, 20-
298 33. ISSN 0718 - 9877

299 .- Gabriel J; N. Luna, A. Vargas, J. Magne, A. Angulo, J. La Torre y A. Bonifacio, 2013.
300 Caracterización de 36 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el valle bajo de
301 Cochabamba-Bolivia. En: Vargas, M. (Ed). Congreso Científico de la Quinoa (Memorias). La Paz,
302 Bolivia. 682 p.

303 .- Gómez, L. y A. Eguiluz, 2012. Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium*
304 *quinoa* Willd.), Universidad Nacional Agraria La Molina. p183. Segunda edición.

- 305 .- Jacobsen, S.E, 2003. The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev.
306 Int. 19:167-177.
- 307 .- Mujica A. y S. Jacobsen, 2006. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres.
308 Botánica Económica de los Andes Centrales 2006: 449-457. La Paz, Bolivia.
- 309 .- Risi, J.C. and N.W. Galwey, 1989a. The pattern of genetic diversity in the Andean grain crop quinoa
310 (*Chenopodium quinoa* Willd.), I. Associations between characteristics, Euphytica, 41:147-167.
- 311 .- Risi, J.C. and N.W. Galwey, 1989b. The pattern of genetic diversity in the Andean grain crop quinoa
312 (*Chenopodium quinoa* Willd.), II. Multivariate methods, Euphytica, 41:135-145.
- 313 .- Rojas W, 2003. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Food
314 Reviews International. Vol. 19 (1-2): 9-23.
- 315 .- Rojas W.; M. Pinto, C. Alanoca, L. Gómez Pando, P. León-Lobos, A. Alercia, S. Diulgheroff, S.
316 Padulosi y D. Bazile, 2014. Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua.
317 Capítulo Numero 1.5. EN: BAZILE D. et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en
318 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 65-94.
- 319 .- Ruales, J. B. and M. Nair, 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa*
320 Willd.) seeds. Plant Foods Human Nutr. 42, 1–11.
- 321 .- Sevilla, R. y M. Holle, 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Lima, Perú. Pp: 113.
- 322 .- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), 2013. Sistema Integrado de Estadística Agraria.
323 Estadística mensual: Julio 2013. Perú. [Consulta el 08-10-2013]. Disponible en:
324 [http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadísticaagrariamensual/2013/bemsa_junio13150714.pdf](http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadisticaagrariamensual/2013/bemsa_junio13150714.pdf)
325
- 326 .- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), 2014. Sistema Integrado de Estadística Agraria.
327 Estadística mensual: Mayo 2014. Perú. [Consulta el 08-08-2014]. Disponible en:
328 [http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadísticaagrariamensual/2014/bemsa_mayo14150714.pdf](http://www.minag.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletineselectronicos/estadisticaagrariamensual/2014/bemsa_mayo14150714.pdf)
329
- 330 .- Tapia, M., 1979. Historia y distribución geográfica. In: Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S.,
331 Cardozo, A., Mujica, A., Ortiz, R., Otazu, V., Rea, J., Salas B., Zanabria, E. (Eds.), Quinoa y Kañiwa.
332 CIID-IICA, Bogotá, Colombia, pp: 11-19.
- 333 .- Tapia, M. E., 1996. Ecodesarrollo en los Andes altos. Fundación Friedrich Ebert, Lima Perú.
- 334 .- Tapia, M., 2012. La quinua: historia, distribución geográfica, actual producción y usos. Ambienta:
335 La revista del Ministerio de Medio Ambiente, ISSN: 1577-9491, N°. 99. Pp: 104-119. [Consulta el 06-
336 05-2016]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3952067>.
- 337 .- Vidal Apaza (INIA), G. Cáceres (INIA), R. Estrada (INIA), R. Pinedo (FAO), 2013. Catálogo de
338 variedades comerciales de quinua en el Perú. Primera edición, Lima, Perú. Pp: 82. [Consulta el 06-05-
339 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf>.

340

341

Tabla 1. Origen y número de accesiones del germoplasma de quinua procedente de la región de Cusco y Puno.

342

País de origen	Departamento	Provincia	Altitud	N° de accesiones
Perú	Cusco	ANTA	3345a3400	5
		CALCA	2900	11
		CANCHIS	3550	2
		CUSCO	3200	6
	Puno	CHUCUITO	3833a3959	21
		EL COLLAO	3823a3907	16
		LAMPA	3964	2
		MELGAR	3750a3917	3
		PUNO	3827a3902	99
		YUNGUYO	3826a3865	3
		Sin Información de origen	-	12

343

344

Tabla 2. Estadística de los descriptores utilizados para la caracterización de las accesiones (n= 268).

345

Variable	Media	D.E.	CV	Mínimo	Máximo
DEF(días)	65,20	1,71	2,62	56	72
DEMF(días)	116,82	9,52	8,15	97	140
AP(cm)	79,46	13,98	17,59	53,25	121
DT(cm)	0,57	0,15	25,72	0,30	1,10
LPj(cm)	31,33	4,08	13,03	20,00	42,90
DPj(cm)	4,87	0,94	19,35	2,45	8,16
PP(g)	3,54	1,61	45,51	1,02	10,99
P100(g)	0,27	0,06	22,97	0,13	0,53
DG(mm)	1,82	0,20	10,73	1,05	2,52

346

347

348

349

350

Referencias: Días emergencia a floración (DEF); Días emergencia a madurez fisiológica (DEMF); Altura de planta (AP); Diámetro de tallo (DT); Longitud de panoja (LPj); Diámetro de panoja (DPj); Rendimiento por planta (PP); Peso de 100 semillas (P100) y Diámetro de grano (DG).

351

352

353

354

355

356

357 **Tabla 3.** Matriz de correlación simple entre las variables cuantitativas utilizadas para
 358 caracterizar el germoplasma de quinua.

Variables	DEF	DEMF	AP	DT	LPj	DPj	PP	P100	DG
359 DEF	1								
DEMF	0,35**	1							
360 AP	0,25**	0,46**	1						
DT	0,26**	0,32**	0,80**	1					
361 LPj	-0,04	0,08	0,59**	0,51**	1				
DPj	0,07	0,34**	0,51**	0,58**	0,46**	1			
362 PP	0,20**	0,27**	0,68**	0,70**	0,51**	0,52**	1		
P100	0,28**	0,20**	0,53**	0,56**	0,09	0,24**	0,51**	1	
DG	0,35**	0,44**	0,68**	0,64**	0,19**	0,33**	0,60**	0,69**	1

363

364

365

366

367 **Tabla 4.** Matriz factorial correspondiente a las variables en
 368 estudio en las accesiones de quinua.

Componentes	1°	2°	3°
Valor propio	4,78	1,46	0,90
% de varianza	53	16	10
Variables	Coeficientes de correlación		
DEF	0,19	0,58	-0,29
DEMF	0,28	0,34	-0,57
AP	0,41	-0,11	0,01
DT	0,41	-0,09	0,05
LPj	0,24	-0,55	-0,20
DPj	0,30	-0,29	-0,34
PP	0,38	-0,16	0,16
P100	0,32	0,22	0,60
DG	0,39	0,24	0,22

369

370

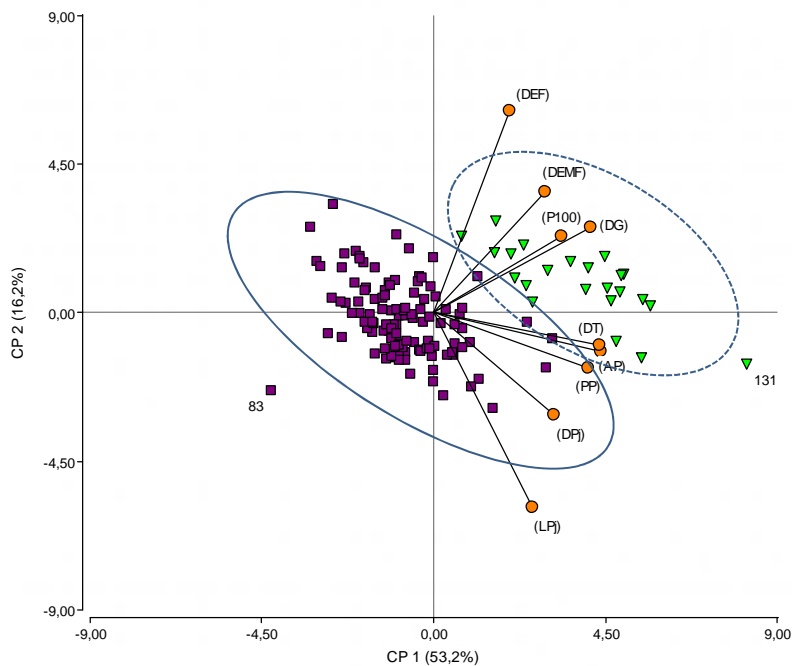


Figura 1. Distribución de accesiones de quinua y variables en estudio teniendo en cuenta las dos primeras componentes (CP1 y CP2). Referencias: Días emergencia a floración (DEF); Días emergencia a madurez fisiológica (DEM); Altura de planta (AP); Diámetro de tallo (DT); Longitud de panoja (LPj); Diámetro de panoja (DPj); Rendimiento por planta (PP); Peso de 100 semillas (P100) y Diámetro de grano (DG). El ovalo de línea llena agrupa las accesiones de la región de Puno y el punto la de Cusco.

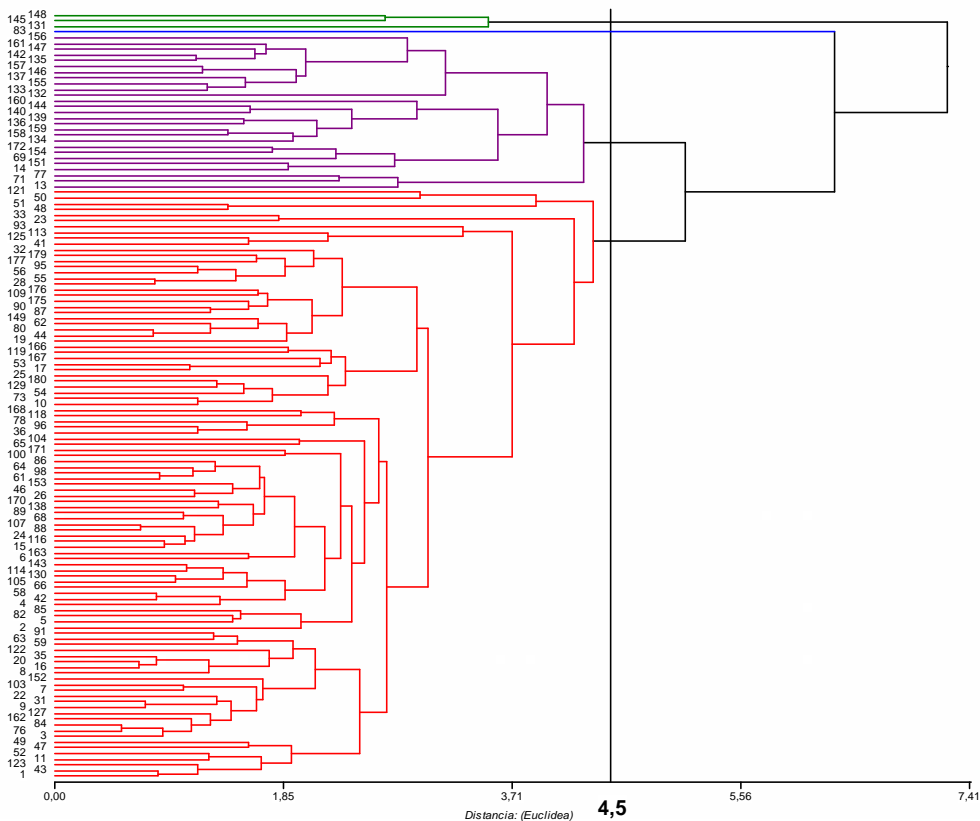


Figura 2. Dendrograma generado a partir de la matriz de distancia Euclídea. Se indica la distancia (línea entera) nivel al que se forman o diferencian los tres grupos más la accesión 83.

371
372
373
374
375
376
377
378

379
380
381