



Caracterización varietal de ecotipos de Quinoa Real (*Chenopodium quinoa* Willd.) para el Registro Nacional de Variedades

Carolina Alanoca Quispe^{1*}, Amalia López Tola¹, Abrahan Flores¹

¹Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Blanco Galindo Km 5.5, Casilla 832, Cochabamba, Bolivia

*Autor para correspondencia: carol_aqc@hotmail.com

Resumen

En el presente trabajo se realizó la caracterización de 9 ecotipos de Quinoa Real de importancia económica para los productores del municipio de Salinas de Garci Mendoza del departamento de Oruro. El propósito de dicha caracterización fue el de iniciar la inscripción de los mencionados ecotipos como variedades de Quinoa Real en el Registro Nacional de Variedades para que posteriormente puedan ser sometidos al proceso de certificación de semillas. Las evaluaciones se realizaron en la campaña agrícola 2012-2013 tomando en cuenta 10 plantas por ecotipo. La descripción varietal se realizó con el descriptor de variedades de quinoa (Formulario RE-02) del Registro Nacional de Semillas utilizado por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) y con los descriptores para quinoa publicados por Bioversity International. El análisis estadístico al que se sometió la matriz básica de datos fue de estadística descriptiva y de análisis multivariado (Análisis de Componentes Principales y Análisis de Agrupamiento Jerárquico mediante el método de Ward y la distancia euclídea cuadrada). El análisis preliminar permitió *observar* la relación de las variables y el agrupamiento de los ecotipos de Quinoa Real, según las variables cuantitativas con mayor correlación con el primer componente principal ($\lambda_1=57.32\%$) y con el segundo componente principal ($\lambda_2=15.2\%$). Por otra parte el análisis de agrupamiento permitió agrupar a los ecotipos en tres grupos.

Palabras clave: Recursos genéticos, Quinoa Real, caracterización, ecotipo.

Abstract

In the present study, the characterization of 9 Royal Quinoa landraces of economic importance for the producer of the municipality of Salinas de Garci Mendoza in the Department of Oruro was performed. The purpose of the characterization was to initiate the register of the landraces as Royal Quinoa cultivars in the National Cultivar Registry so that they can be subjected to the process of seed certification. The evaluations were performed in the campaign 2012-2013, considering 10 plants per landrace. The varietal description was performed with quinoa varieties descriptor (Form RE-02) of the National Seed Registry used by the Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) and with descriptors for quinoa published by Bioversity International. The statistical analysis to which the basic data matrix was subjected to was descriptive statistics and multivariate analysis (Component Principal Analysis and Hierarchical Cluster Analysis with the Ward method and the squared Euclidean distance). The preliminary analysis allowed observing the relationships among variables and the grouping of the landraces of Royal Quinoa, according to the quantitative variables more correlated with the first principal component ($\lambda_1=57.32\%$) and with the second principal component ($\lambda_2=15.2\%$). Moreover, the cluster analysis allowed grouping the landraces in three groups.

Keywords: Genetic resources, Royal Quinoa, characterization, landrace



Introducción

En Bolivia, según estimaciones del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), la producción de quinua en 2012 fue de 50 566 t con una superficie cultivada de aprox. 96.544 ha (SISPAM, 2012). Las principales áreas de producción comercial de este cultivo se sitúan en el Altiplano siendo uno de los principales productores el Departamento de Oruro, seguido por Potosí y La Paz.

Su consumo se da en grano, que se prepara principalmente en platos típicos además de hojuelas, harinas, pipocas, granolas, turrones, productos de panificación, queques, panes, empanadas rollos y otros. Los peciolos y láminas de las hojas tiernas también pueden ser consumidos como verduras crudas o hervidas.

La etapa inicial del mejoramiento genético de esta o cualquier otra especie debe ser la selección, formación y evaluación de un ecotipo con características deseables. Una variedad mejorada resultante será definida como el conjunto de plantas uniformes, producto de la aplicación de una técnica de mejoramiento genético, con características definidas y que reúne la condición de ser diferente a otras, estable y uniforme. Generalmente estas variedades presentan mayor potencial de rendimiento, así como diversas condiciones favorables de calidad, precocidad, resistencia a plagas y enfermedades (Tadeo y Espinosa, 2004). La fase final para la liberación de una variedad nueva exige realizar la descripción varietal, en donde se permita establecer que el ecotipo a liberar debe ser distinto, homogéneo y estable en relación a las variedades que se encuentran en el mercado de semillas (UPOV, 2008).

Por lo anterior, es necesario utilizar las guías técnicas para la descripción varietal que expiden los organismos nacionales e internacionales tales como el INIAF y la UPOV. Las guías incluyen el conjunto de descriptores y observaciones que permiten caracterizar a una variedad para su identificación y distinción, procedimiento esencial para la inscripción de variedades o para

solicitar la expedición de título de obtentor ante dependencias oficiales (UPOV, 2008). Esto permite a su vez la adjudicación y establecimiento de los derechos de obtentor para un mejor control del comercio de semillas. En este marco, el atributo de calidad es básico debido a que es determinado por el genotipo y además permite realizar estudios de interés agronómico en la especie además de evitar la biopiratería de materiales (Keffe y Draper, 1986). Estos patrones se encuentran basados en características morfológicas de la población, clasificándose de acuerdo a la forma de evaluación en caracteres cualitativos y cuantitativos (Kelly, 1988).

La importancia de la descripción varietal radica en poder registrar una variedad ante organismos oficiales, promover su difusión y realizar adecuadamente su multiplicación, manteniendo su pureza genética; esto con la finalidad de ofrecer certeza tanto al obtentor de una nueva variedad como a quien hará uso del material registrado. Estos principios rectores son de utilidad para los mejoradores al solicitar la concesión de los derechos de obtentor de una nueva variedad.

Con dichos antecedentes, en el presente trabajo se planteó como objetivo la descripción varietal para el registro de los ecotipos de Quinua Real de mayor producción e importancia económica para los productores de Salinas de Garci Mendoza del departamento de Oruro. De esta manera se abre la posibilidad de que los ecotipos sean contemplados en el Registro Nacional de Variedades y de esta manera cumplan con el primer requisito para iniciar el proceso de Certificación de Semillas.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en los predios del Centro de Investigación de la Quinua, dependiente de la Universidad Técnica de Oruro (UTO), localizado en el municipio de Salinas de Garci Mendoza de la Provincia Ladislao Cabrera del Departamento de Oruro. Dicho centro se encuentra localizado en las coordenadas 67°40' de longitud oeste, 19°37' de latitud sur y a una altitud de 3 745 msnm.



Germoplasma utilizado

Se utilizaron 9 ecotipos de Quinoa Real provenientes de Salinas de Garci Mendoza (Challpamok'ó, Chillpi Blanco, Kellu, Koyto Blanco, Negro, Noventón, Puñete, Rosa Blanca y Utusaya) y una variedad de quinoa del altiplano centro (Aynoca) considerada como grupo externo hipotético.

El experimento se estableció en campo con la siembra de los ecotipos el 19 de octubre de 2012, el experimento tuvo una superficie de 7 m de largo por 5 de ancho con 5 surcos y pasillos de 1.5 m. Se realizaron las prácticas rutinarias de manejo en el cultivo, fertilización, control de malezas y la aplicación preventiva de pesticidas orgánicos para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades, de acuerdo a las prácticas tradicionales realizadas por los agricultores locales.

Para la evaluación se consideraron los siguientes descriptores cualitativos y cuantitativos: Días a la madurez fisiológica, longitud de los cotiledones, presencia de axilas pigmentadas, largo de hoja, ancho de hoja, longitud de peciolo, número de dientes en la hoja, altura de planta, número de panojas, número de ramificaciones, diámetro de tallo, diámetro de panoja, longitud de panoja, rendimiento por panoja, diámetro de grano, espesor de grano, peso de 100 semillas, porcentaje de germinación, emergencia, botón floral, inicio de floración, porcentaje floración a 110 días, días al fin de floración, días a grano lechoso, días a grano pastoso y días a la madurez fisiológica. Estos caracteres fueron evaluados en 10 plantas por ecotipo elegidas al azar de acuerdo al descriptor de variedades de quinoa (Formulario RE-02) del INIAF y descriptores de quinoa de Bioversity International.

Análisis estadístico

a) Estadística descriptiva

Para el análisis de estadística descriptiva para variables cuantitativas se consideró el número de observaciones, media, desviación estándar y valores mínimos y máximos

b) Análisis componentes principales

El análisis de componentes principales se empleó para observar un agrupamiento previo y la relación de las variables con la dispersión de los ecotipos. Se generó un diagrama de dispersión a partir de los dos primeros componentes principales (biplot).

c) Agrupación jerárquica por conglomerados

Considerando la naturaleza cuantitativa de las variables analizadas y para complementar el análisis de componentes principales, se utilizó el agrupamiento jerárquico mediante el método de Ward.

Resultados

Estadística descriptiva

Los resultados del análisis se presentan en el Cuadro 1. Se observa que en las variables fenológicas existió amplia variación. Por ejemplo, la variable “días a la madurez fisiológica” varió entre 144 días para el ecotipo Noventona (más precoz) y 167 días para el ecotipo Challpamok'ó (más tardío), resultando en un rango de 23 días y un coeficiente de variación de 4.18%.

La variable “altura de planta” reflejó un valor mínimo de 49 cm para el ecotipo Chillpi Blanco y 147 cm para el ecotipo Rosa Blanca Utusaya. En la variable “longitud de panoja” se observó un rango de variación 26 cm. Ésta variable es importante ya que se correlaciona una mayor longitud de panoja con una mayor cantidad de grano y por ende mayor rendimiento. De acuerdo al valor del coeficiente de variación, se aprecian considerables rangos de variabilidad desde 0.53 a 61.04 %, para el caso de las variables cuantitativas, correspondiendo este último valor al rendimiento de panoja.

Se puede mencionar también que variables relacionadas a la floración mostraron coeficientes de variabilidad mayores al 30%, lo que expuso una diferencia considerable en cuanto a la duración de los diferentes estadios fenológicos.



Cuadro 1. Estadística descriptiva de las variables cuantitativas (n=10)

Variable	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	C. V. (%)	
v01	Días a la madurez fisiológica	158.30	6.62	144.00	167.00	4.18
v03	Longitud de los cotiledones (mm)	5.21	0.40	4.64	5.83	7.70
v04	Presencia de axilas pigmentadas	0.50	0.85	0.00	2.00	169.97
v05	Largo de hoja (cm)	8.24	1.57	5.93	9.56	19.06
v06	Ancho hoja (cm)	7.30	1.89	4.02	10.66	25.81
v07	Longitud peciolo (cm)	6.09	1.38	3.87	7.75	22.66
v08	Numero de dientes en la hoja	15.45	4.61	10.40	23.70	29.84
v17	Altura planta (cm)	112.80	36.56	49.00	147.00	32.41
v18	Numero de panoja	21.10	6.74	11.00	32.00	31.95
v19	Numero de ramificación	19.50	6.85	10.00	31.00	35.14
v20	Diámetro tallo (mm)	21.27	4.01	14.05	27.52	18.84
v21	Diámetro panoja (mm)	66.63	21.85	34.46	100.02	32.79
v22	Longitud panoja (cm)	33.50	10.87	18.00	44.00	32.43
v25	Rendimiento por panoja (g/10 planta)	672.00	410.17	96.00	1198.00	61.04
v26	Diámetro grano (mm)	2.12	0.33	1.19	2.34	15.81
v27	Espesor grano (mm)	0.56	0.24	0.31	0.88	43.16
v28	Peso de 100 semillas	0.39	0.05	0.31	0.45	13.12
v33	Porcentaje de germinación	99.50	0.53	99.00	100.00	0.53
v34	Emergencia	78.70	4.79	70.00	85.00	6.08
v35	Botón floral	63.00	23.01	25.00	85.00	36.53
v36	Inicio de floración	67.70	22.90	29.00	90.00	33.83
v37	Porcentaje floración a 110 días	66.70	22.52	29.00	90.00	33.76
v38	Fin de floración	70.80	21.99	32.00	90.00	31.06
v39	Grano lechoso	79.30	8.72	60.00	90.00	10.99
v40	Grano pastoso	76.10	14.72	50.00	88.00	19.35
v41	Madurez fisiológica	83.90	15.93	55.00	98.00	18.99

Cabe destacar que la variación expuesta por los valores mínimos, máximos y el coeficiente de variación se debe a las características fenotípicas de los ecotipos y variedad estudiados (Stanfield, 1990). Este comportamiento ya fue observado previamente (Cáceres, 2000)

Análisis de componentes principales

La variación explicada de los componentes principales se muestra en la Figura 1. El componente principal 1 presentó un porcentaje en cuanto a varianza explicada de 57.32% y el componente principal 2 explicó el 15.20% de la varianza. Ambos sumaron una variación explicada de un 73.22 %. Los componentes principales del 3 al 9 explicaron la varianza en porcentajes menores a 7%. Por tanto, el análisis de la relación de variables y distribución de ecotipos en el plano formado por las componentes principales 1 y 2 se refiere al 73.22% de la información.

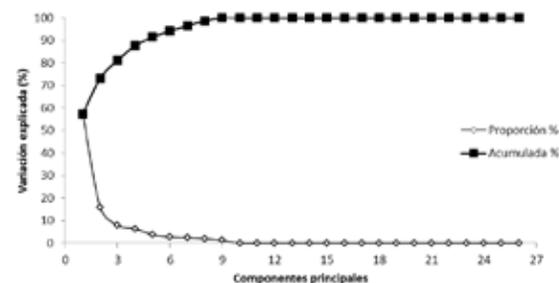


Figura 1. Variación explicada de los componentes principales

La relación de las variables con cada eje de los componentes principales se muestra en el gráfico biplot de la Figura 2. En las variables representadas en el componente principal 1 (CP1), se pueden destacar las siguientes correlaciones positivas: v05 (largo de hoja), v40 (días al grano pastoso), v19 (número de ramificaciones), v41 (días a la madurez fisiológica), v25 (rendimiento de panoja), v21 (diámetro de panoja), v22 (lon-



gitud de panoja), v17 (altura de planta) y v18 (número de panojas), entre otras. Este grupo de variables presentó coeficientes de correlación positivos. Por ejemplo, el rendimiento de panoja estuvo positivamente correlacionado con las variables número de ramificaciones, longitud de panoja, altura de planta y número de panojas. Observando el CP1 se puede verificar que los ecotipos con menor rendimiento de panoja fueron Koyto Blanco, Aynoca y Chillpi, en contraste con los otros ecotipos Puñete, Utusaya, Kellu, Rosa Blanco, Challpamok'o, Noventona y Negro.

Se puede también mencionar la correlación positiva entre las variables referidas al ciclo de duración de cultivo respecto a las fases fenológicas: v35 (días a botón floral), v38 (días al fin de la floración), v36 (días al inicio de la floración) y v37 (porcentaje de floración a 110 días). Es evidente la correlación entre el tiempo necesario para llegar a fases fenológicas tardías y el tiempo necesario para para completar los estadios tempranos.

Finalmente, el componente principal 2 (CP2) se correlacionó positivamente con las variables v01 (longitud de los cotiledones), v04 (Presen-

cia de axilas pigmentadas) y v08 (Número de dientes en la hoja). A su vez, estas variables se agruparon en menor grado entre sí respecto a las variables correlacionadas con el CP1. Se debe mencionar que la variable v03 (Días a la madurez fisiológica), no se encontró representada significativamente en ninguno de los dos componentes principales, por lo que su tendencia en el presente estudio fue independiente al resto de las variables.

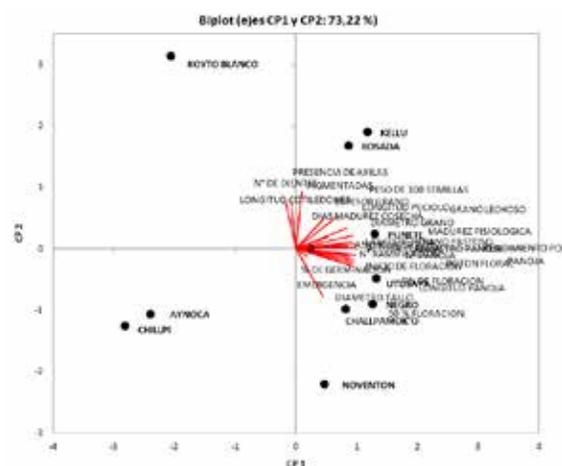


Figura 2. Dispersión de las variables correlacionadas con los dos primeros componentes principales

Cuadro 2. Variación explicada de las variables en cada componente principal (%)

Variable	CP1	CP2	Total
v01	0.6	28.0	28.6
v03	2.5	53.1	55.6
v04	0.1	64.2	64.3
v05	94.8	0.7	95.5
v06	63.3	0.6	63.9
v07	57.6	35.3	92.9
v08	5.8	74.2	80.0
v17	96.7	0.0	96.7
v18	82.1	1.4	83.4
v19	77.9	1.2	79.2
v20	27.2	58.5	85.8
v21	72.5	0.7	73.2
v22	94.6	0.0	94.6
v25	90.9	0.2	91.2
v26	35.2	4.1	39.3
v27	39.4	16.0	55.4
v28	22.4	20.0	42.4
v33	1.2	4.9	6.1

Cuadro 2. Variación explicada de las variables en cada componente principal (%)

Variable	Componente 1 (%)	Componente 2 (%)	Componente 3 (%)
v34 Emergencia	30.8	2.0	32.8
v35 Botón floral	89.0	8.4	97.4
v36 Inicio de floración	86.1	10.6	96.7
v37 Porcentaje de floración a 110 días	83.5	11.6	95.2
v38 Fin de floración	88.3	6.6	94.9
v39 Grano lechoso	63.6	6.6	70.2
v40 Grano pastoso	89.6	4.3	93.9
v41 Madurez fisiológica	94.7	0.0	94.7

Agrupación jerárquica de los ecotipos y variedad de quinua

El análisis de agrupación jerárquica resultó en un coeficiente de R^2 semiparcial de 0.0184. En el dendrograma obtenido (Figura 3) se visualizaron tres grupos de ecotipos de quinua de acuerdo a las 26 variables consideradas: El grupo 1 incluyó a la variedad Aynoca y a los ecotipos Chillpi Blanco y Koyto Blanco, el grupo 2 concentró a los ecotipos Negro y Puñete y el grupo 3 a los ecotipos Kellu, Rosada Blanca, Utusaya, Noventón y Challpamak'o.

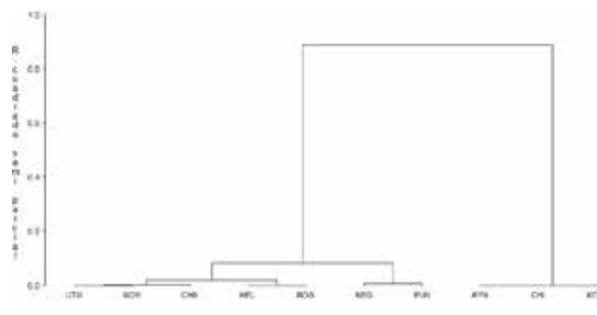


Figura 3. Dendrograma de 9 ecotipos y 1 variedad de quinua provenientes de Salinas de Garci Mendoza construido en base a 26 variables cuantitativas

Cuadro 3. Promedios de variables de las accesiones de quinua de salinas por cluster

Variables	Conglomerado o Grupo		
	1	2	3
Días a la madurez fisiológica	160.00	157.40	158.00
Longitud de los cotiledones (mm)	5.37	5.25	4.86
Largo de hoja (cm)	6.10	9.11	9.30
Ancho de hoja (cm)	5.23	8.25	8.06
Longitud del peciolo (cm)	4.78	6.68	6.58
Numero de dientes en la hoja	14.67	15.86	15.60
Altura de planta (cm)	61.33	134.80	135.00
Numero de panoja	12.33	23.40	28.50
Numero de ramas	11.33	21.20	27.50
Diámetro de tallo (mm)	17.58	23.14	22.13
Dimetro de panoja (mm)	40.69	78.34	76.26
Longitud de panoja (cm)	18.67	38.40	43.50
Rendimiento (gramos/10 planta)	111.67	827.40	1124.00
Diámetro de grano (mm)	1.86	2.26	2.16
Espesor de grano (mm)	0.36	0.56	0.84
Peso de 100 semillas gramos	0.36	0.40	0.42
Porcentaje de germinación	99.33	99.60	99.50

Conclusiones

El análisis descriptivo de variables cuantitativas en el presente estudio ha permitido identificar a las variables rendimiento de panoja, altura de

planta y espesor de grano como las que tienen el mayor grado de variación, en tanto que las variables referidas a los ciclos fenológicos mostraron coeficientes de variación entre 31.06% y 36.53%. En el pasado se ha reportado una gran



variabilidad en cultivares de quinua respecto a rendimiento en grano y biomasa (Torres et al., 2000), lo que respalda los resultados del presente estudio. Es esperable la diferencia en rendimiento entre ecotipos o variedades ya que muchas selecciones se realizan tomando en cuenta principalmente esta variable.

El análisis de componentes principales generó dos componentes principales que explican el 73.22% de la varianza. El primer componente principal estuvo correlacionado positivamente con las siguientes variables: largo de hoja, ancho de hoja, longitud de peciolo, altura de planta, número de panojas, número de ramificaciones, diámetro de panoja, longitud de panoja, rendimiento por panoja, días al botón floral, días al inicio de floración, porcentaje de floración a 110 días, días al fin de floración, días a grano lechoso, días a grano pastoso y días a la madurez fisiológica. En el segundo componente, las variables más correlacionadas fueron la longitud de los cotiledones, presencia de axilas pigmentadas, número de dientes en la hoja, diámetro de tallo. Estos resultados se encuentran respaldados por resultados similares en experiencias anteriores donde existe correlación entre variables relacionadas con el rendimiento y entre variables relacionadas con las fases fenológicas (Torres et al., 2000).

Por primera vez se agrupó a estos ecotipos provenientes de Salinas de Garci Mendoza en tres grupos. Se determinó que las diferencias entre grupos se debieron principalmente a variables como altura de planta, número de panojas, número de ramas, diámetro de tallo, diámetro de panoja, rendimiento y diámetro de grano, factores que determinan la arquitectura de planta y que diferencian los grupos 2 y 3 con respecto al grupo 1. La diferenciación entre los grupos 2 y 3 correspondió principalmente al rendimiento de panoja.

Referencias

Cáceres, R. 1990. Caracterización en 262 accesiones del banco de germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en Hoyos, Localidad Irpani, Provincia Ladislao Cabrera

– Oruro. Tesis de grado Ing. Agr. Universidad Técnica de Oruro. Facultad de Agronomía.

Keefe, P. D., Draper, S. R. 1986. The measurement of new characters for cultivar identification in wheat using machine vision. *Seed science and technology*. 14(3): 715-724.

Kelly, A. 1988. Seed production of agricultural crops. Ed. Longman Scientific & Technical. New York, USA.

FAO. 1996. The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

Pla, L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington DC, Estados Unidos.

Siles, C. 1999. Diseño y análisis de experimentos en Bloque y análisis multivariado. *En* Curso de Estadística avanzada y manejo del programa SAS para investigadores. Universidad Técnica de Oruro. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Dirección de Postgrado e Investigación Científica. Oruro, Bolivia.

Stanfield, W. Genética. 3a edición. McGraw – Hill. México DF, México.

Tadeo R., Espinosa, C. 2004. Producción y Tecnología de Semillas. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlan, Izcalli, México.

Torres, J., Vargas, H., Corredor, G., Reyes, L.M. 2000. Caracterización morfoagronómica de diecinueve cultivares de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*. 17: 60-68.

UPOV. 2008. Directrices para la ejecución del examen de distinción, la homogeneidad y la estabilidad en amaranto (*Amaranthus. L.*) TG/247/1. Ginebra, Suiza.

