



## Evaluación de la germinación de accesiones del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Estado Plurinacional de Bolivia

Carolina Alanoca Quispe<sup>1\*</sup>, Delma Guzman<sup>1</sup>, Soledad Lutino<sup>2</sup>, Edwin Iquize Villca<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, Av. Busch 1370, Casilla 4793, La Paz, Bolivia

\*Autor para correspondencia: carol\_aqc@hotmail.com

### Resumen

Bolivia es un país rico en cuanto a la variabilidad genética en el cultivo de quinoa, actualmente se tienen 3104 accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma de la Estación Experimental de Toralapa procedentes de varios países, de las cuales el 75% son originarios de Bolivia. El año 2010 estas accesiones fueron transferidas al INIAF sin datos reales del porcentaje de germinación de cada accesión, desconociendo la viabilidad de este germoplasma, datos muy importantes para la conservación *ex situ* del material. En el presente trabajo se realizó el análisis de 2675 accesiones del cultivo de quinoa para determinar el porcentaje de germinación, en laboratorios de análisis de calidad de semillas del INIAF, para planificar el refrescamiento y preservar el germoplasma. Estas pruebas se iniciaron a fines del año 2010, concluyéndose en el 2012 en los laboratorios de semilla del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF, según Reglas ISTA.

Se encontró que el 71.6% de las accesiones evaluadas presentaron una germinación menor o igual al 80% y un 28.4% solamente presentaron una germinación mayor al 80%. Por lo tanto se requiere refrescar mayor cantidad de accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma.

**Palabras claves:** Banco de germoplasma, accesión, quinoa, viabilidad, germinación

### Abstract

Bolivia is a very rich country regarding genetic variability in quinoa. At present 3104 accessions are conserved in the Germplasm Bank at Toralapa Experimental Station from various countries and of which 75% are originally from Bolivia. On year 2010 these accessions were transferred to INIAF without data about the germination percentage each accession, therefore without information on the viability of this material. This is very important and necessary information for the *ex situ* conservation of the material. In the present study the analysis of 2675 accessions of quinoa in order to determine the germination percentage was performed in the Seed Analysis Laboratory of INIAF. Seed tests were started in 2010 and finished in 2012. It was found that 71.6% of the evaluated accessions had a germination percentage equal or inferior to 80% and that 28.4% presented a germination rate superior to 80%. It was concluded that the regeneration of the majority of the material of the Germplasm Bank is required.

**Keywords:** Germplasm Bank, accession, quinoa, viability, germination



## Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es una especie nativa de la Región Andina, que se comparte entre Bolivia, Perú y Ecuador. En esta región también se encuentra la mayor diversidad de quinuas cultivadas y silvestres, la cual está relacionada con la diversidad agroecológica.

Este cultivo ha sido el sustento principal de los primeros pobladores andinos y también lo es para los agricultores que en la actualidad viven en el Altiplano Centro, Norte y Sur de Bolivia (Tapia, 1979). Adicionalmente, en la actualidad es un producto de gran interés para la alimentación humana por su alto contenido y calidad de proteínas, vitaminas y minerales. Es muy atractivo para el mercado internacional, cuya demanda se ha incrementado significativamente en los últimos años, lo cual demuestra la importancia económica de este cultivo para Bolivia, que es el principal país productor y exportador de quinua a nivel mundial.

Bolivia cuenta con más de 3000 accesiones de quinua que fueron recolectadas a partir de la década de 1960, estas accesiones poseen amplia variabilidad genética: algunas son precoces y otras tardías, existen diversos colores, formas y tamaños de semilla. Además, las accesiones bolivianas fueron recolectadas en regiones distribuidas a lo largo de la meseta del altiplano y valles interandinos de Bolivia, con características peculiares de cultivo, uso y transformación.

La conservación de estos Recursos Genéticos se realiza en condiciones *ex situ* y en forma de semilla en la Estación Experimental de Toralapa (E.E. Toralapa) localizada en el departamento de Cochabamba y a cargo del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). Al mismo tiempo, se ha llevado a cabo el establecimiento de parcelas de refrescamiento en las zonas de origen: Altiplano Norte, Centro y Sur en los departamentos de La Paz y Oruro y en la E.E. Toralapa para accesiones de valle y valle alto.

Debido al incalculable valor genético con el que cuenta el Banco de Germoplasma de Quinoa,

las semillas requieren un monitoreo de la viabilidad en forma periódica para conservar la riqueza genética con la que Bolivia cuenta. Por esta razón el presente trabajo tuvo el objetivo de determinar el porcentaje de germinación de las semillas de las accesiones del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) de Bolivia, administrado por el INIAF.

## Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en las gestiones 2010, 2011 y 2012 en los Laboratorios de Análisis de Calidad de Semillas del INIAF en las ciudades de La Paz y Cochabamba y en la E.E. Toralapa.

Inicialmente se realizó un inventario de las semillas recibidas por los anteriores administradores del Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos, el cual se encuentra bajo administración efectiva del INIAF desde julio de 2010. Estas semillas rutinariamente son almacenadas a corto y mediano plazo en ambientes oscuros bajo condiciones naturales a temperaturas entre 8°C y 17°C y a una humedad relativa del ambiente entre 45% y 55%.

## Pruebas de germinación

Las pruebas fueron realizadas bajo normas internacionales para análisis de semillas, establecidas por la International Seed Testing Association (ISTA, 2010) y las normas para bancos de genes (FAO/IPGRI, 1994). El método utilizado fue el método sobre papel en placas Petri.

Para el análisis se emplearon semillas de las 2675 accesiones de quinua (200 accesiones en 2010, 1218 accesiones en 2011 y 1257 accesiones en 2012) que contaban con cantidades de 10 g como mínimo, provenientes del Banco de Germoplasma. Las semillas fueron dispuestas sobre papel filtro humedecido con agua destilada, previamente esterilizada para prevenir daños por hongos en cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, con previa identificación y registro de la fecha de siembra. Posteriormente fueron incubadas al interior de una cámara de germinación, a

una temperatura de 20°C, con un fotoperíodo de 8h/16h de luz/oscuridad. Se realizó un constante control de humedad y aireación.



**Figura 1.** Prueba de germinación mediante el método sobre papel en placas Petri.

En todas las pruebas de germinación se realizaron 2 lecturas: A los 5 y a los 7 días después de la siembra, en las cuales se evaluaron los porcentajes de plántulas normales, plántulas anormales, semillas muertas, semillas duras (latentes) y semillas frescas.



**Figura 2.** Semillas germinadas de quinua con características normales (izquierda) y con anomalías en la germinación (derecha).

## Análisis estadístico

Las variables de germinación fueron procesadas con estadística descriptiva, con el modelo lineal generalizado bajo la distribución multinomial y la estructura del análisis de varianza de clasificación múltiple (Steel y Torrie, 1992; Montgomery, 2003).

## Resultados y discusión

### Inventario de semillas

En el Cuadro 1 se observa que el Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos administrado por el INIAF conserva en la actualidad 3 104 accesiones de quinua procedentes de varios países. Bolivia se muestra como el origen de la mayor cantidad de accesiones (2 328 accesiones), seguida por Perú y Ecuador. También se observa que se tienen accesiones de las cuales se desconoce el origen. Este pormenor ya fue manejado en la base de datos de esa manera por los anteriores administradores del Banco de Germoplasma, que transfirieron el mismo al INIAF en 2010.

En referencia a la cantidad de semilla almacenada por accesión se observa que existen accesiones con muy poca cantidad de semilla (hasta 0.10 g) y accesiones con bastante cantidad de semilla (hasta 900.50 g). Estos datos preliminares evidencian la necesidad de realizar acciones de multiplicación de aquellas accesiones con menor cantidad de semilla para asegurar su conservación. Esta labor viene realizándose por el INIAF de manera prioritaria desde que se hizo cargo del Banco de Germoplasma.

### Pruebas de germinación

Los resultados del análisis de estadística descriptiva de las pruebas de germinación se muestran en el Cuadro 2. Se puede advertir que existe una gran variación, expresada por la desviación estándar y los valores mínimos y máximos. La diferencia de comportamientos durante almacenamiento entre diferentes genotipos de quinua ya ha sido observada anteriormente (Castellón,



Cuadro 1. Inventario de semillas por accesión del Banco de Germoplasma de Quinua.

País de origen	Número de accesiones	Cantidad de semillas (g)			
		Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Ecuador	21	406.57	252.89	43.90	845.00
Perú	657	423.87	166.50	2.40	836.00
Bolivia	2328	342.05	211.59	0.10	900.50
Chile	15	146.54	96.89	31.50	347.70
Argentina	15	236.95	209.65	19.70	788.40
México	5	406.06	288.75	146.20	856.00
USA	1	7.50	-	7.50	7.50
Sin datos	62	205.59	106.33	9.10	851.8
Total	3104	357.99	206.53	0.10	900.50

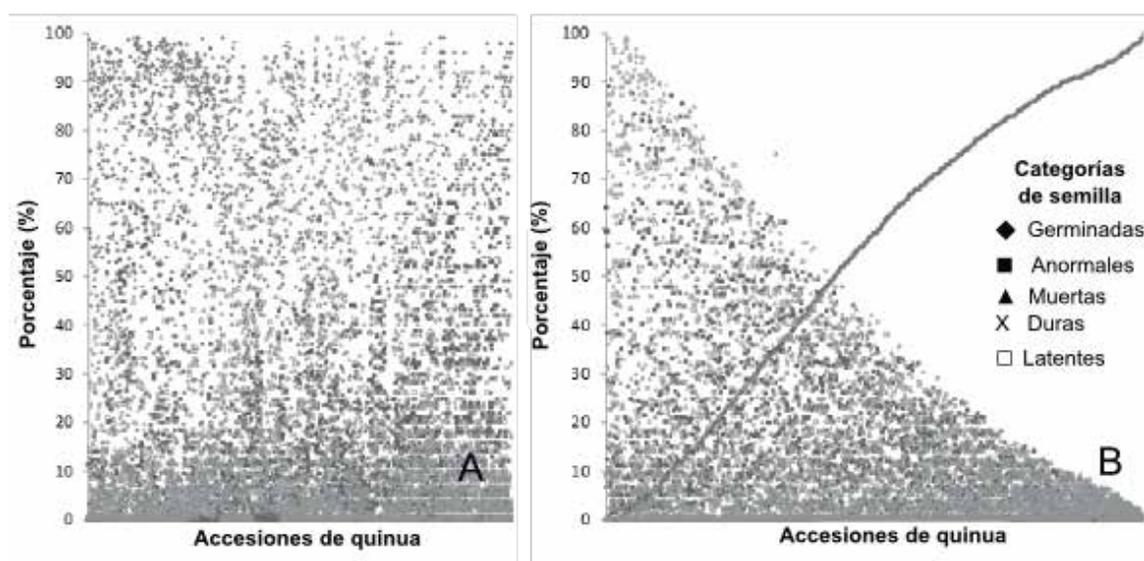
2008). Entre las causas para estas diferencias se pueden mencionar diferencias en la tolerancia a almacenamiento y también la heterogeneidad del tiempo de almacenamiento después del refrescamiento (Castellión, 2008).

Con estos datos, las accesiones de quinua fueron organizadas gráficamente por código (Figura 7A) y por porcentaje de germinación (Figura

7B). En la Figura 7A se muestra que la variabilidad en germinación se puede deber a que las accesiones tuvieron refrescamientos en diferentes años. En la Figura 7B se visualiza que la mayoría de las accesiones tienen porcentajes de semilla germinada menores a 80%, valor que es el límite inferior recomendado para conservación de germoplasma en semillas (FAO/IPGRI, 1994).

Cuadro 2. Estadística descriptiva de la viabilidad de las semillas de las accesiones del Banco de germoplasma de quinua (%) (n = 2675).

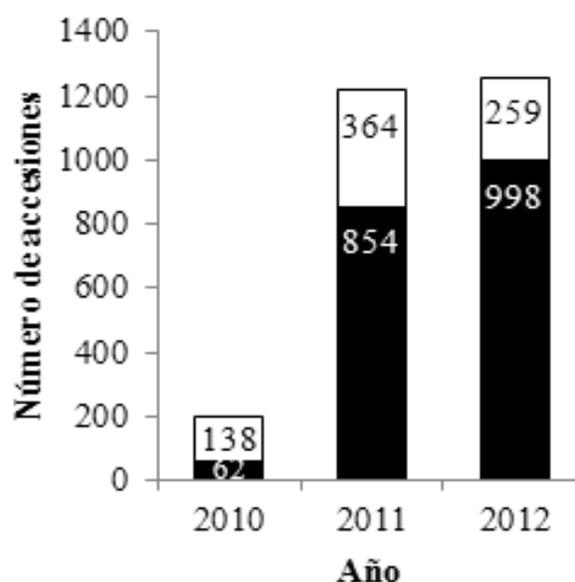
Categoría	Media	Desv. estándar	Mín.	Máx.
Germinadas	54.14	31.05	0.00	100.00
Anormales	14.81	17.17	0.00	92.00
Muertas	18.77	23.83	0.00	99.00
Duras	2.26	6.91	0.00	80.25



**Figura 3.** Ocurrencia de accesiones de quinua con semillas germinadas, anormales, muertas, duras y latentes. **A.** Ocurrencia organizada según código de pasaporte. **B.** Ocurrencia organizada en función del porcentaje de semillas germinadas.

Al efectuar un análisis de varianza se observaron diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre años en los cuales se efectuó el estudio (Figura 4), entre países dentro años (Cuadro 3) y entre departamentos dentro año y país. Este resultado se debe presumiblemente a que la mayoría de las accesiones de quinua fueron refrescadas o multiplicadas varios años atrás como se mencionó anteriormente (Castellón, 2008). Las accesiones con porcentajes de germinación menores a 80% fueron la mayoría excepto el año 2010, en el cual solamente se analizaron 200 accesiones y se observó un mayor número de accesiones con porcentajes de germinación mayores a 80%.

En base a lo que se conoce respecto a la fisiología de las semillas de quinua en condiciones de almacenamiento se puede presumir que las accesiones fueron refrescadas con una frecuencia mayor a 4 ó 5 años desde 2000.



**Figura 4.** Ocurrencia de accesiones de quinua con semillas con porcentajes de germinación mayor a 80%(blanco) y menor a 80% (negro), por año de evaluación.

**Cuadro 3.** Ocurrencia de semillas germinadas de accesiones de quinua por país de origen y año de evaluación.

Año	País	Germinación				Total	
		≤80%		>80%		Accesiones	%
		Accesiones	%	Accesiones	%		
2010	Bolivia	62	31.00	138	69.00	200	100.00
	Ecuador	5	62.50	3	37.50	8	100.00
	Perú	192	55.81	152	44.19	344	100.00
	Bolivia	617	75.89	196	24.11	813	100.00
	Chile	9	60.00	6	40.00	15	100.00
2011	Argentina	9	90.00	1	10.00	10	100.00
	México	1	50.00	1	50.00	2	100.00
	Sin dato	18	78.26	5	21.74	23	100.00
	No identificado	3	100.00	0	0.00	3	100.00
	Total	854	70.11	364	29.89	1218	100.00
2012	Ecuador	8	61.54	5	38.46	13	100.00
	Perú	85	76.58	26	23.42	111	100.00
	Bolivia	891	79.84	225	20.16	1116	100.00
	Chile	1	100.00	0	0.00	1	100.00
	México	1	50.00	1	50.00	2	100.00
Total	Sin dato	2	100.00	0	0.00	2	100.00
	Sin dato	1	50.00	1	50.00	2	100.00
	Sin dato	2	100.00	0	0.00	2	100.00
	No identificado	7	87.50	1	12.50	8	100.00
	Total	998	79.40	259	20.60	1257	100.00
<b>Total</b>		1914	71.55	761	28.45	2675	100.00



Cuadro 4. Refrescamiento de accesiones de quinua por campaña agrícola y por departamento

Región	Departamento	Sitio	Numero de accesiones de quinua refrescadas por campaña agrícola		
			2010-2011	2011-2012	2012-2013
Altiplano Centro	La Paz	Estación Experimental de Patacamaya	102	211	300
Altiplano Sur	Oruro	Centro de Investigación de Quinua Real, comunidades de Cerro Grande e Irpani	69	130	70
Valles Altos	Cochabamba	Estación Experimental de Toralapa	32	320	200
Total			203	661	570

### Refrescamiento de las accesiones.

En base a la información registrada se tomó la decisión de realizar el refrescamiento de la mayoría de las accesiones de quinua como tarea prioritaria para lograr el porcentaje de germinación mínimo de 85% recomendado (FAO/IPGRI, 1994) para la conservación de semilla a largo plazo en bancos de germoplasma.

En el Cuadro 4 se reportan datos preliminares de las labores de refrescamiento realizadas hasta el momento por el INIAF en 1434 accesiones de quinua entre las campañas agrícolas 2010-2011 y 2012-2013.

En general se observó que el 71.6% de las accesiones de quinua evaluadas (1914 accesiones), presentaron porcentajes de germinación menores al 80%, por lo que requieren ser refrescadas a la brevedad posible. En dicho refrescamiento se debe priorizar aquellas accesiones que presenten los porcentajes de germinación más bajos y que posean menor cantidad de semilla, para poder garantizar la preservación del germoplasma. Los resultados evidencian que las semillas de las accesiones conservadas no se encontraban en condiciones fisiológicas óptimas al ser recibidas por el INIAF en 2010.

### Bibliografía

1. Castellión, M.L. 2008. Procesos de deterioro y mecanismos de protección y reparación involucrados en la pérdida diferencial de la viabilidad durante el almacenamiento en semillas de *Chenopodium quinoa* Willd. Tesis Ph.D. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 118 p.
2. FAO/IPGRI. 1994. Normas para bancos de genes. Roma, Italia.
3. ISTA. 2010. International rules for seed testing. ISTA. Zurich, Suiza.
4. Montgomery, D. 2003. Diseño y análisis de experimentos. Trad. Rodolfo Piña García. Limusa, Wiley. México DF, México.
5. Tapia, M. 1979. La Quinua y la Kañahua. Cultivos Andinos. Serie de libros y materiales educativos N°40. IICA/CATIE Oficina Regional para América Latina. Bogotá, Colombia.