

# Quínoa, un superalimento ancestral



**Pedro Montesano S. C.**  
Ingeniero Forestal, Dr.  
Encargado Banco Germoplasma  
INIA Carillanca



**Arturo Morales M.**  
Ingeniero Agrónomo  
Gestor Técnico Banco Germoplasma  
INIA Carillanca



**Pedro León-Lobos**  
Biólogo, Mg.Sc., Ph.D.  
Investigador INIA La Platina



**Sebastián Meier R.**  
Ingeniero Agrónomo, Dr.  
Investigador INIA Carillanca



**La quínoa es considerada un alimento clave para el futuro de la humanidad, por su alto valor nutritivo, capacidad para tolerar condiciones adversas y su amplia variabilidad genética, siendo capaz de adaptarse a distintos agroecosistemas. Hoy, INIA trabaja en la conservación y valorización de este importante patrimonio nacional.**

La quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) es un pseudocereal perteneciente a la familia *Amaranthaceae*, que incluye otras especies de interés agrícola como la remolacha (*Beta vulgaris* L.) y la espinaca (*Spinacia oleraceae* L.). Diversos estudios sugieren que la quínoa ha sido cultivada por culturas ancestrales de Los Andes desde hace más de 7 mil años. Desde su origen en los particulares ecosistemas del Lago Titicaca y el altiplano boliviano y peruano, se transmitió a otras culturas desde el norte de Sudamérica (Venezuela) hasta la Región de Los Lagos, en el sur de Chile. Posterior a la conquista española, su cultivo casi desapareció al ser reemplazado por especies de mayor consumo en Europa como trigo, centeno y avena. Esto redujo el intercambio de semillas entre las culturas precolombinas y, probablemente, condujo a la diferenciación genética entre los ecotipos cultivados en las diferentes zonas agroclimáticas.

Hoy, se conservan más de cinco mil accesiones de quínoa en bancos de germoplasma sudamericanos, y su diversidad continental ha sido asociada a cinco ecotipos principales,

relacionados con sus respectivos subcentros: valles interandinos (Perú, Ecuador y Colombia), altiplano (sur de Perú, norte y centro de Bolivia), salares (sur de Bolivia, norte de Chile y Argentina), yungas (zona oriental de Bolivia) y costa (sur de Chile y Argentina). En total, casi 400 accesiones colectadas o repatriadas se encuentran actualmente en la Red de Bancos de Germoplasma de INIA.

Durante las últimas décadas, la quínoa ha llamado la atención mundial, debido al alto valor nutricional de sus semillas. De hecho, es uno de los cultivos más nutritivos que se conocen, siendo incluida por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) en la dieta de los astronautas. Las semillas contienen proteína de alta calidad, que posee todos los aminoácidos esenciales incluyendo lisina, metionina y treonina, que son escasos en cereales y leguminosas, así como altas cantidades de compuestos bioactivos que ejercen propiedades antioxidantes. Además, los contenidos minerales superan a los presentes en los principales cereales, especialmente en los niveles de calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn),

satisfaciendo una fracción importante de las necesidades diarias de algunos nutrientes con solo consumir 100 gramos de sus semillas (**CUADRO 1**).

Sin embargo, algunos ecotipos de quínoa presentan altos contenidos de saponinas y, al igual que otros miembros de la familia *Amaranthaceae*, tienen una alta concentración de oxalato, lo que puede reducir la disponibilidad de calcio y magnesio. Afortunadamente, tanto el contenido de saponina como el de oxalato pueden aminorarse mediante procesos industriales o a través del fitomejoramiento. Otra importante característica de las plantas de quínoa es su capacidad para tolerar estreses abióticos, especialmente sequía, salinidad y bajas temperaturas, siendo capaces de crecer en suelos con bajos niveles de fertilidad y con alta variabilidad climática. De hecho, se puede cultivar en regiones costeras, así como por encima de los 4000 msnm; tolera temperaturas extremas y sobrevive a concentraciones de sal tan altas como las presentes en el agua de mar. Los mecanismos fisiológicos y bioquímicos relacionados con la tolerancia a la sequía y la salinidad han sido ampliamente estudiados

**Cuadro 1.** Contenido nutricional semillas de quínoa (*C. quinoa*).

Fuente	Proteína (g)	Lípidos (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Magnesio (mg)	Potasio (mg)	Zinc (mg)	Cobre (mg)
Quínoa	13,1-16,7	5,5-7,4	28-149	2-12,7	72-352	697-1475	2,8-4,8	1,0-9,5
Trigo	11	1,7	35	5	103	478	3,7	0,4
Arroz	6,8	0,7	22	1,4	-	80	0,6	0,1
Maíz	9,4	4,7	7	2,7	127	287	2,2	-
Leche	3,2	3,3	113	-	10	132	-	-
Carne	16,5	27	12	1,9	16	233	3,63	-

Fuente: Repo-Carrasco *et al.* (2003), Vilcacundo y Hernández-Ledesma (2017), Díaz (2019).

en los últimos años y se atribuyen, principalmente, a un eficiente equilibrio iónico, compartimentación de sales en tejidos especializados y al ajuste del potencial hídrico de la hoja. Lo anterior, permite que la quínoa tenga una alta eficiencia en el uso del agua en comparación con otros cultivos.

Teniendo en cuenta su potencial rol para garantizar la seguridad alimentaria, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) designó a 2013 como el "Año Internacional de la quínoa". Pese a que la producción de quínoa se ha incrementado en casi cuatro veces durante los últimos veinte años, la oferta no alcanza a satisfacer la creciente demanda. Actualmente, Perú y Bolivia son responsables de la mayoría de la producción mundial (cerca de un 80 %); sin embargo, el rendimiento es relativamente bajo, con promedios que no superan las 1,5 t ha<sup>-1</sup>. Mientras tanto, se han llevado a cabo varios intentos para introducir el cultivo de quínoa en diferentes regiones del mundo, incluidos Medio Oriente, América del Norte, Asia Central y Europa. En Chile, a pesar de la incipiente información disponible con relación a la producción de la quínoa, los agricultores de la zona sur, principalmente de la Agricultura Familiar Campesina (AFC), han mostrado un creciente interés en este cultivo.

### Manejo agronómico y mejoramiento genético de quínoa en INIA

Durante los años 2015-2018, gracias al apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), el INIA junto a la Universidad de La Frontera (UFRO), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Municipalidad de Vilcún, empresas privadas y comunidades Mapuche, desarrollaron el proyecto "Tecnologías para potenciar el cultivo de quínoa como opción productiva para la Agricultura Familiar en la zona centro sur de Chile" (PYT- 2015-0113), bajo el liderazgo del Dr. Jorge Díaz.

Los resultados obtenidos en dicho proyecto contribuyeron a sentar las bases productivas de este cultivo en la Región de La Araucanía y a cuantificar el nivel de variabilidad fenotípica presente en la colección del Banco de Germoplasma de INIA Carillanca (**FIGURA 1**). Los resultados de la caracterización confirmaron la existencia de una amplia variabilidad genética, lo que permitirá futuras investigaciones con germoplasma, el que cuenta con antecedentes fundados en descriptores agronómicos, morfológicos y fenológicos. Sobre la base de la caracterización agronómica, la investigación permitió la identificación y selección de un conjunto de genotipos con

características superiores, en cuanto a rendimiento y calibre de semilla. Esto avala su posible utilización para producción comercial, o bien, como materiales de interés para programas de fitomejoramiento (**FIGURA 2**). A la vez, se determinaron aspectos relevantes en cuanto al manejo agronómico del cultivo en la región; se definieron las épocas de siembra, distanciamiento entre hileras, dosis óptima de fertilización nitrogenada y potásica, requerimientos hídricos, presencia de plagas y enfermedades, y se probaron herbicidas selectivos y su momento de aplicación. Adicionalmente, el haber evaluado la colección de quínoa en dos condiciones agroclimáticas contrastantes en la Región de La Araucanía, da la posibilidad de que más agricultores puedan incorporar este cultivo a su sistema productivo.

En paralelo, y utilizando como insumo fundamental la colección de quínoa conservada en los Bancos de Germoplasma de INIA, el equipo de trabajo liderado por el Dr. Christian Alfaro de INIA Rayentué (Región de O'Higgins), ha desarrollado un largo proceso de selección, mejoramiento y estabilización, culminando recientemente con el registro de dos nuevas variedades de quínoa en el listado de variedades oficialmente descritas: Mauka y Kuru. Estas variedades seleccionadas están a disposición de los agricultores.



Figura 1. (A) Libro "Quínoa del Sur de Chile". (B) Ejemplos de la diversidad de semillas de quínoa conservada en INIA Carillanca.

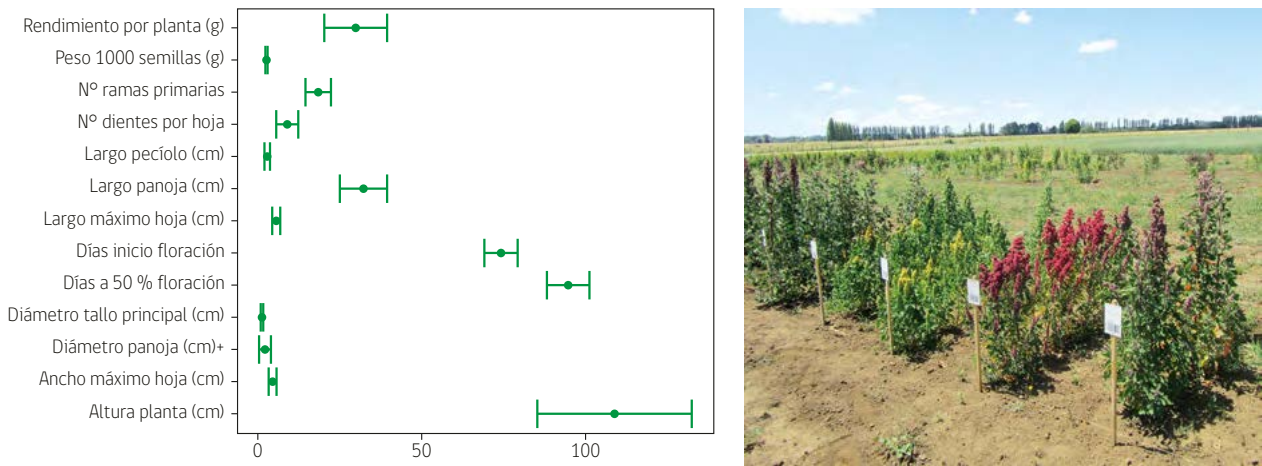


Figura 2. Resultados de la caracterización inicial del germoplasma conservado en el Banco de INIA Carillanca, según descriptores agronómicos, morfológicos y fenológicos. Valores corresponden a promedio  $\pm$  desviación estándar.

### ¿Tiene este superalimento "superraíces"?

A pesar de los avances generados en los últimos años respecto del cultivo de la quínoa, tanto en Chile como en el mundo, algunos puntos siguen necesitando una mayor profundización en investigación. Entre estos destacan evaluar el aumento en la tasa de crecimiento, después de la

germinación o vigor temprano, a fin de incrementar la cobertura inicial del suelo y disminuir la competencia con las malezas (uno de los principales problemas en el manejo agronómico de la quínoa, causante de pérdidas que pueden superar el 40 % del rendimiento). Por otra parte, si bien el manejo de la fertilización nitrogenada y potásica ha sido extensivamente abordado, no hay suficiente

información sobre el manejo de la fertilización fosfatada en este cultivo, a excepción de algunos reportes que sugieren una baja respuesta a este nutriente.

Lo anterior es de gran relevancia, ya que tal fertilizante es producido a partir de un recurso natural no renovable, cuyo precio tendería a incrementarse considerablemente en el futuro próximo, afectando en mayor



📍 **Figura 3.** Experimentos desarrollados en el marco del proyecto Fondecyt, para la selección de accesiones con elevada tolerancia a la deficiencia de fósforo.

medida a la AFC. En este sentido, la eficiencia en la captura de fósforo por las plantas está íntimamente relacionada con las características del sistema radical, como la longitud total de raíces, diámetro, patrón de bifurcación, actividades enzimáticas, entre otros, los que también afectan a la absorción de agua y otros nutrientes, principalmente micronutrientes de baja movilidad en suelo, siendo así un aspecto relevante a considerar en los programas de fitomejoramiento. Es por ello que en 2021, desde el Banco de Germoplasma de INIA Carillanca y junto al grupo de investigación de Nutrición Vegetal de este Centro, se ejecuta el proyecto Fondecyt: “¿Tiene el superalimento

*andino superraíces? Explorando la relación entre la capacidad de adquisición de fósforo y la absorción de micronutrientes en quínoa*”, con el objetivo de profundizar en el estudio de las características morfológicas, fisiológicas y biológicas de las raíces de la quínoa como una estrategia para producir granos con alto valor nutricional, utilizando los insumos de forma más sustentable.

Durante el primer año de proyecto se evaluaron treinta accesiones de quínoa del sur de Chile, conservadas en la colección del Banco de Germoplasma INIA Carillanca, por su capacidad de tolerar bajos niveles de fósforo en el suelo (**FIGURA 3**).

Como resultado, se pudo observar una gran variabilidad fenotípica entre las accesiones y una elevada correlación entre el crecimiento y captura de fósforo bajo esta condición. Según avance el proyecto se determinará la dosis óptima de fertilización fosfatada y se estudiarán los mecanismos que hacen a este cultivo eficiente en el uso del fósforo, generando así importantes antecedentes para el manejo del cultivo, la selección de genotipos superiores y el desarrollo de nuevas variedades adaptadas a bajos aportes de fósforo. **TA**