

# Programa de Mejoramiento Genético de Quínoa, la nueva apuesta de INIA

---

**Christian Alfaro**

Ing. Agrónomo M.Sc. Dr., Investigador INIA Rayentué  
[calfaro@inia.cl](mailto:calfaro@inia.cl)

Co- autores:

**Andrés Zurita-Silva**

Ing. Agrónomo Mg. Sc. Dr. (INIA Intihuasi);

**Dalma Castillo**

Ing. Agrónomo Dr. (INIA Quilamapu)

**Pedro León-Lobos**

Biólogo Mg. Sc. Ph.D. Banco Base de Semillas  
(INIA Intihuasi)

**Ivette Seguel**

Bióloga Mg. Sc. Recursos Genéticos (INIA  
Carillanca)

**Jorge Díaz**

Ing. Agrónomo Dr. (INIA Carillanca)

**Kurt Ruf**

Ing. Agrónomo (INIA Quilamapu)

**Manuel Pinto**

Ing. Agrónomo (INIA La Platina)

**Iván Matus**

Ing. Agrónomo M.Sc. Ph.D. (INIA Quilamapu).



**EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS HA DISEÑADO Y SE ENCUENTRA IMPLEMENTANDO EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE QUÍNOA EN TODAS LAS ZONAS DEL PAÍS DONDE LA ESPECIE TIENE POTENCIAL PRODUCTIVO. EL OBJETIVO ES POTENCIAR EL USO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS LOCALES DE LA QUÍNOA.**

Los desafíos que enfrenta la sociedad a raíz del cambio climático, han precisado una serie de estrategias que contribuyan a mitigar sus consecuencias. En la agricultura, por ejemplo, destaca como estrategia la búsqueda de cultivos ancestrales de alto valor nutricional, que resistan condiciones climáticas adversas. Uno de estos cultivos es la quínoa (*Chenopodium quinoa*), especie que además de presentar una alta capacidad para tolerar condiciones de estrés hídrico y salino, se transforma en una especie de interés nacional e internacional debido al alto valor nutricional que posee su grano. Hoy, los principales países productores son Perú y Bolivia, que han desarrollado programas de mejoramiento desde los años '60, existiendo alrededor de 21 variedades protegidas y una superficie mundial que no supera las 100.000 hectáreas.

Los cultivos ancestrales son de especial interés a escala mundial. Esto por sus elevados valores nutricionales, extraordinarias capacidades para enfrentar condiciones edáficas (relativas al suelo) y climáticas desfavorables, además de rendimientos aceptables, incluso en condiciones marginales de riego y fertilización.

Los conceptos de agricultura sustentable y seguridad alimentaria cobran particular significancia en áreas de secano o que dependen de las lluvias para realizar actividades agrícolas. En ellas, los recursos productivos son limitados, como es el caso de algunas explotaciones de subsis-

tencia en zonas andinas y en vastas áreas de otros continentes. Estos cultivos representan un enorme potencial económico no sólo para los mercados locales, sino también para mercados de exportación, pudiendo entregar mejores precios a los productores, e incrementar así sus ingresos.

La quínoa, grano Andino que se cultiva anualmente, cumple estos atributos y ha sido elegida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como uno de los cultivos destinados a otorgar seguridad alimentaria en el siglo XXI (Bazile *et al.*, 2014).

Los programas de mejoramiento en quínoa no fueron iniciados hasta 1960 en la región Andina, y a partir de 1970 en otros países como Chile, que cuenta con una variedad comercial registrada, "Regalona-B", obtenida en Semillas Baer por hibridación entre la línea Latinreco 0034 y el genotipo Baer II (Von Baer *et al.*, 2009).

Aunque es una especie mayoritariamente de auto-polinización (autógama), la quínoa puede presentar polinización cruzada, determinada por auto-incompatibilidad y andro-esterilidad, lo cual sugiere que posee un sistema de polinización versátil. Las evidencias de estudios citológicos han mostrado que la quínoa es una especie alotetraploide ( $2n = 4x = 36$ , con un número cromosómico básico de  $x = 9$ ), originada a partir de la cruce entre dos especies de *Chenopodium* diploides. Por esto, la quínoa posee principalmente una segregación cromosómica de tipo

diploide (Palomino *et al.*, 2008), pero donde ocurre algo de herencia tetrasómica (Zurita *et al.*, 2014).

Los conocimientos adquiridos a la fecha -aún insuficientes- acerca de su genética, además de su naturaleza alotetraploide, auto-polinización y la presencia de flores muy pequeñas, hacen de la emasculación (eliminación de anteras), hibridación y el propio mejoramiento, una labor muy compleja. Las técnicas de emasculación (manual) son muy laboriosas y costosas, y limitan la producción de híbridos de alto rendimiento. Se ha intentado generar líneas andro-estériles para evitar el proceso de emasculación manual en la generación de híbridos, línea explorada solamente durante los años '90 en USA (Zurita *et al.*, 2014).

Considerando los antecedentes mencionados, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ha diseñado y se encuentra implementando el Programa de Mejoramiento Genético de Quínoa, en todas las zonas del país donde la especie tiene potencial productivo. En el programa participan investigadores de INIA de áreas como: fitomejoramiento de cereales, recursos fitogenéticos, biotecnología, fitopatología, fisiología y agronomía; con el propósito de desarrollar genotipos de quínoa de alto rendimiento potencial, adaptados a las diferentes zonas del país, tolerantes a plagas y enfermedades y que cumplan con las exigencias de calidad del mercado nacional e internacional. En paralelo, se ha iniciado el desarrollo de paquetes tecnológicos asociados a



Figura 1. Genotipo de quínoa (*Chenopodium quinoa*) perteneciente a la colección de recursos fitogenéticos INIA.



Figura 2. Genotipo de quínoa en proceso de caracterización.

su cultivo y explotación comercial en cada zona agroecológica, diversificando e incrementando el uso de la quínoa en Chile.

Así se busca potenciar el uso de los recursos genéticos locales de quínoa, incrementando las colecciones existentes de germoplasma *ex situ* y fortaleciendo su conservación en la Red de Bancos de Germoplasma del INIA. Cabe mencionar que el germoplasma es el material base para alimentar el programa de mejoramiento genético.

Actualmente, el Banco Base de Semillas de INIA situado en Vicuña cuenta con una colección de 203 accesiones de quínoa recolectadas a lo largo de Chile. Además, mantiene 192 líneas de este grano andino. Parte de ellos están siendo evaluados en el Centro Regional de

Investigación INIA Intihuasi (en La Serena) y en el Centro Regional INIA Quilamapu (en Chillán), con el fin de identificar progenitores para el desarrollo de nuevas variedades de quínoa.

Por otra parte, el Banco Activo de INIA Carillanca (en Temuco) conserva 125 accesiones de quínoa, que corresponden a materiales provenientes de colectas realizadas en el marco de una colaboración entre la Asociación de Municipalidades de la Pre-Cordillera Andina de La Araucanía y Semillas Baer, accesiones repatriadas desde la Universidad de Buenos Aires (UBA), y quínoas colectadas en el sur de Chile por el INIA.

Asimismo, los materiales seleccionados en el centro-norte del país han sido analizados a

nivel genético, mediante el uso de marcadores moleculares de tipo Microsatélites, para determinar la diversidad existente, el grado de heterocigosidad y estructura genética. Esto en colaboración con investigadores de la Universidad Andrés Bello.

Sin duda, con la utilización de herramientas biotecnológicas, el programa podrá abordar algunas limitaciones derivadas de la naturaleza alotetraploide y las especificidades genéticas de esta especie.

#### **DESAFÍOS PRESENTES Y FUTUROS DEL MEJORAMIENTO EN QUÍNOA**

Los objetivos del mejoramiento genético en quínoa han respondido a las demandas de productores, de la industria y del consumidor, incor-

porando las necesidades locales.

En las décadas iniciales del mejoramiento ('60 y '70 del pasado siglo), el foco se basó en el rendimiento, buscando desarrollar variedades de grano grande, libre de saponina, tallo simple o no ramificado-erecto y panoja definida, resistencia a enfermedades, y buena calidad culinaria (revisado por Bonifacio *et al.*, 2014). En tanto, en la década pasada se seleccionó por tolerancia a sequía, calidad industrial y nutritiva y variedades para la cosecha mecanizada. A pesar de estas variaciones en el tiempo, los objetivos primarios continúan siendo: rendimiento, adaptabilidad, tolerancia y/o resistencia a plagas y enfermedades, y calidad para distintos usos.

Uno de los principales problemas asociados a enfermedades en quínoa es el mildiú algodonoso (*Peronospora farinosa* pv. *chenopodii*), factor biótico que causa severas pérdidas de rendimiento en las zonas productoras importantes, y en nuevas áreas de cultivo (por ejemplo en África). Los esfuerzos de mejoramiento en quínoa están concentrados en

incrementar la resistencia durable contra el mildiú y combinar la resistencia con otros caracteres deseables como precocidad, dulzura y tolerancia a la sequía. Fuentes adicionales de resistencia al mildiú podrían estar presentes en especies silvestres de *Chenopodium* que crecen en asociación con la planta cultivada. Existen antecedentes de que especies tales como *C. hircinum*, *C. nuttalliae*, *C. petiolare*, *C. album* y *C. ambrosioides* portarían genes de resistencia al mildiú (Bonifacio *et al.*, 2014).

Otro aspecto de gran interés es el contenido de saponina, que ha representado un problema para la masificación de la quínoa a nivel mundial. Existe consenso que el desarrollo de cultivares dulces con escasa o nula presencia de saponina es uno de los objetivos de mejoramiento más relevantes para el futuro (Bonifacio *et al.*, 2014; Zurita *et al.*, 2014). Sin embargo, la incorporación de este carácter dentro de las variedades de quínoa aún es un desafío para los mejoradores debido a la dificultad de medir en forma precisa los niveles

de saponina previo a la floración y las dificultades en fijar los alelos que controlan este carácter dada su condición de alotetraploidía (Zurita *et al.*, 2014). La incorporación de herramientas de genética molecular podrían contribuir a identificar los alelos responsables de este carácter, y permitir una identificación temprana que ayude a disminuir los materiales de selección.

## CONCLUSIÓN

A pesar de estos desafíos, existe un enorme potencial para la introducción de quínoa en países con necesidades de proteína, porque sus semillas poseen elevada cantidad y calidad de proteínas como fuente alimenticia.

El cultivo de quínoa constituye una importante oportunidad para diversificar la agricultura de subsistencia de productores en los Andes sudamericanos y en otras regiones del mundo. Dada su bien documentada tolerancia a varios factores de estrés abiótico, tales como sequía, salinidad, baja fertilidad de suelos y frío, este cultivo ancestral podría hacer mucho menos precario aquellos sistemas agrícolas vulnerables (Fuentes *et al.*, 2009; Zurita *et al.*, 2014).

Fundamental para alcanzar las metas señaladas será el orientar el mejoramiento genético de quínoa hacia el rendimiento potencial, adaptabilidad, incorporación de resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades, así como el desarrollo de germoplasma para distintos usos específicos. Para ello, las herramientas convencionales y moleculares de mejoramiento deberán ser integradas, para estudiar la rica diversidad genética y el potencial de la quínoa chilena. Los progresos recientes y el interés que ha despertado globalmente el "Año Internacional de la Quínoa" (FAO), auguran un futuro promisorio para esta especie ancestral. 🌱



Figura 3. Planta de quínoa (*Chenopodium quinoa*) en plena floración.