

Quínoa: Un súper alimento para Chile y el mundo



Nº 108 / Noviembre - Diciembre 2015 ISSN 0717-1609 www.inia.cl

Origen e historia del
cultivo de la quínoa en
Chile y el mundo

Programa de mejoramiento
genético de quínoa:
la nueva apuesta de INIA

Representante Legal:

Julio Kalazich B.
Director Nacional INIA

Director:

Luis Opazo R.
Jefe Nacional de
Comunicaciones INIA

Editora:

Andrea Romero G.
Periodista INIA

Editores Científicos

Pedro León L.
Andrés Zurita S.

Comité Técnico:

Iván Matus T.
Subdirector Nacional de I+D INIA

Horacio López T.
Secretario Técnico INIA

**Coordinadores Programas
Nacionales de INIA:**

Carlos Ovalle M.
Christian Hepp K.
Gabriel Sellés V.
Francisco Tapia F.
Fernando Ortega K.

Textos y Fotografías:

Investigadores, Autores y Archivo
Comunicadores de INIA.

Diseño:

Carola Esquivel
Viento Sur Comunicaciones



Noviembre - Diciembre 2015.

Publicación digital del Instituto
de Investigaciones Agropecuarias
(INIA), Ministerio de Agricultura,
Chile.

Dirección: Fidel Oteiza Nº 1956,
Piso 12, Providencia, Santiago.
Fono: +56 2 2 5771000.

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL SIN LA
AUTORIZACIÓN DEL INIA. LA
MENCION DE PRODUCTOS NO
IMPLICA RECOMENDACIÓN INIA

EDITORIAL



La quínoa representa una oportunidad para poner en práctica nuestros objetivos institucionales. Hace pocos años, este cultivo estaba olvidado y casi en abandono, sólo conservado por la sabiduría ancestral de los pueblos originarios, en una tradición de subsistencia de la Agricultura Familiar.

Junto a pequeñas comunidades agrícolas del norte y la zona centro-sur, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) ha articulado un trabajo inclusivo, con fuerte protagonismo de la mujer, para contar con la primera colección de 203 ecotipos chilenos de quínoa, que se conserva en el Banco Base

de Semillas de INIA en Vicuña. También fueron repatriadas algunas quínoas chilenas.

Después de la recuperación de este patrimonio, estamos avanzando en su mejoramiento genético para lograr variedades que nos permitan proyectarnos en el mercado nacional y mundial, pensando en un desarrollo inclusivo y sustentable para Chile. Por eso, como siempre, este trabajo lo estamos realizando en conjunto con las comunidades, las agricultoras y los agricultores que por años han sembrado este cultivo.

La colaboración está permitiendo definir técnicamente protocolos de cultivo para las distintas zonas del país, pues una de las fortalezas de la genética chilena de la quínoa es que ha logrado sustentabilidad no sólo en el altiplano, sino en el centro-sur, de la mano del pueblo Mapuche.

Aunque persisten tareas pendientes, la quínoa es un producto estratégico, al que las Naciones Unidas dedicó el Año Internacional en 2013 por su relevancia para la seguridad alimentaria del planeta, en un escenario de creciente demanda de alimentos saludables y con el cambio climático y la escasez hídrica como telón de fondo.

Los organismos internacionales, la industria de los alimentos y la medicina han vuelto su mirada a la quínoa, también requerida en las mesas gourmet y por los exigentes consumidores de productos "orgánicos", quienes la han incorporado a sus innovadoras redes de comercialización. Demanda que aumenta cada año, con buenos precios internacionales para un grano por cuya conservación debemos agradecer a los pueblos originarios y su relación ancestral con la naturaleza. Sin duda, un producto que como institución y Ministerio de Agricultura vamos a potenciar y desarrollar.

Julio Kalazich B.
Director Nacional INIA

ÍNDICE



4-9

El rescate de la quínoa en Chile



10-13

Quínoa: un cultivo aliado en la erradicación del hambre



14-17

Origen de la quínoa e historia de su domesticación



18-21

Dinámica de la expansión mundial de la quínoa



22-27

El aporte de comunidades indígenas y locales a la conservación de la quínoa



28-33

INIA: hacia la conformación de una colección nacional de quínoa



34-37

Diversidad genética de la quínoa en Chile



38-41

Programa de Mejoramiento Genético de Quínoa: la nueva apuesta de INIA



42-47

Sequía, frío y salinidad: respuesta de la quínoa al desafío ambiental



48-51

Avances en el manejo agronómico del cultivo de quínoa en Chile



52-55

Procesamiento y manejo de post-cosecha del grano de quínoa



56-61

Diversidad de los cultivos de quínoa en Chile



62-67

Quínoa: oportunidad y desafío para la agricultura familiar campesina en Chile



68-73

¿Es rentable la producción de quínoa en Chile?



74-78

Mercado real y potencial de la quínoa en Chile

El aporte de las comunidades indígenas y locales a la conservación de la quínoa

Didier Bazile

Agroecólogo y Geógrafo, Investigador CIRAD, Experto invitado FAO ¹
didier.bazile@fao.org

Max Thomet

Agrónomo, CET-SUR, Temuco, Chile
maxthomet@yahoo.com



Venteo de la quínoa, Cancosa.

LA DIVERSIDAD AGRÍCOLA, CREADA POR LOS CAMPESINOS, HA SIDO POSIBLE GRACIAS A UN SISTEMA DESCENTRALIZADO DE MANEJO DE SEMILLAS. CONSERVAR LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS PARA EL PAÍS REQUIERE ENTENDER EL ROL FUNDAMENTAL QUE CUMPLEN LAS COMUNIDADES INDÍGENAS EN LA CONSERVACIÓN *IN SITU* DE LA DIVERSIDAD AGRÍCOLA, ENTRE ESTO LA QUINOA.

La conservación de la biodiversidad es una preocupación global y clave para la comunidad internacional. El aumento de la tasa de extinción y la disminución de las especies es alarmante para el futuro bienestar de la población. Además, la gente en todo el mundo está manejando la diversidad biológica para la agricultura, la ganadería, bosques y muchos otros usos.

En este escenario, las comunidades campesinas son los curadores tanto de la biodiversidad agrícola en sí, como de los conocimientos necesarios para su gestión.

América Latina, específicamente el Altiplano de los Andes, es uno de los centros de origen de la biodiversidad de cultivos a nivel mundial. Esta región durante miles de años ha acogido una gran población en interacción con su agroecosistema.

Desde la antigüedad, la quinoa presenta un complejo proceso de interacciones geográficas, climáticas, sociales y culturales que han permitido gestionar su amplia diversidad genética en las principales zonas de cultivo. Cabe destacar que en estas interacciones el rol de los agricultores es central, ya que las prácticas productivas y la experimentación permanente se entrelazan con los sistemas y redes locales de intercambio de semillas, permitiendo la conservación *in situ* de la diversidad genética existente.

En la actualidad, es necesario tener una mejor comprensión de los procesos de intercambios de

semillas entre los agricultores, así como de las prácticas de producción y selección local de semillas; ya que alteraciones de estos procesos complejos afectarán la estructura y diversidad genética de la quinoa en el tiempo. En estos agroecosistemas, el rol de las especies silvestres también es relevante; hoy en día encontramos los parientes silvestres —ancestros de la quinoa— que han permitido un proceso de evolución permanente del cultivo a través de su mantención en las zonas de cultivo (al interior y en los bordes).

LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LA AGRICULTURA

La domesticación de una especie cultivada corresponde a un proceso largo y dinámico. A partir de ello, las migraciones humanas contribuyen al viaje de las semillas.

Así la presencia de la quinoa en diferentes lugares está asociada a prácticas de intercambio de semillas entre las comunidades. Pero para cultivarla fuera de su ámbito original de domesticación, se necesita una adaptación de la planta de quinoa a su nuevo ambiente por los agricultores, considerando la selección y reproducción de semillas (aquellas más adaptadas a las condiciones locales de suelo, clima, enfermedades o prácticas agrícolas).

La difusión y experimentación de millones de agricultores en América Latina generó, al final, una

alta diversidad infra-específica no solo en quinoa, si no en muchos otros cultivos. Esta diversidad es un activo de valor incalculable, creado y mantenido por todos los agricultores.

¿Desde cuándo estamos hablando de conservación de la biodiversidad en la agricultura? Desde siempre si consideramos el papel de los agricultores en la creación de la biodiversidad cultivada y su reproducción permanente en ciclos de producción agrícola. Y desde hace muy poco, si miramos sólo las colecciones *ex situ* en bancos de germoplasma, a partir de los años '60 principalmente. La diversidad de las "variedades locales", "variedades tradicionales" o "variedades campesinas" (*landraces* en inglés), constituye una metapoblación abierta según los términos de la ecología. Al contrario de las accesiones conservadas en los bancos de germoplasma, las variedades campesinas están en evolución permanente *in situ* por su adaptación continua al medio ambiente. Así para un agricultor, aunque nombra una variedad tradicional cualquiera, lo que importa para él corresponde más a la diversidad genética contenida en esta variedad (el genotipo) y a su expresión (el fenotipo), en un sistema de cultivo asociado a sus prácticas y gustos específicos (ambiente y cultura agrícola). Esta concepción dinámica de la conservación que sostienen los agricultores va a determinar las especificidades de la agrobiodiversidad.

Para mantener esta capacidad

de adaptación de los cultivos se necesita un manejo humano, activo y continuo. Las prácticas de conservación *in situ* en los huertos de los agricultores van más allá de la reproducción de una semilla.

Considerando sus prácticas agrícolas y culturales, los agricultores son creadores de diversidad porque a) han domesticado las plantas silvestres transformándolas en cultivos, b) incrementan la diversidad agrícola existente con el cultivo y contribuyen a la adaptación de las plantas cultivadas a nuevos ecosistemas y necesidades humanas, c) descubren cada día nuevas plantas para sembrar.

La conservación *in situ* de la biodiversidad agrícola por los agricultores responde a sus propias necesidades pero, al mismo tiempo, está controlada por normas colectivas de solidaridad dentro o entre comunidades, lo que facilita el intercambio y la circulación de semillas. De esta manera, los agricultores intercambian las

semillas propias y también cultivan material exótico entre sus plantas habituales, con el fin de incorporar resistencia a patógenos, sumar variedades específicas con nuevos usos o para evitar las disminuciones de productividad.

Respecto a la necesidad de mantener estos espacios de intercambio para conservar *in situ* la agrobiodiversidad, ella se clasifica con dificultades dentro de una grilla privada/pública, y también individual/colectiva.

UNA QUÍNOA QUE LOS AGRICULTORES ADAPTAN A DIVERSOS AMBIENTES

La quínoa chilena tiene una alta diversidad. Aunque sea un cultivo menor en la agricultura chilena, ésta ocupa una de las extensiones geográficas más amplias (18°S – 47°S).

El proceso de domesticación de la quínoa se ha realizado en diferentes lugares, encontrándose ahora estrechamente asociado

a distintas zonas geográficas, creando múltiples tipos de quínoa dentro de una misma especie.

Debido a la existencia de estas adaptaciones particulares en diferentes macrozonas a lo largo de Los Andes, se reconocen cinco tipos o clases (ecotipos) asociados a sub-centros de diversidad. Chile cuenta con dos ecotipos, la quínoa de los salares y la quínoa de la costa o de nivel del mar.

UNA DIVERSIDAD DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS QUE ORIENTAN LA DIVERSIDAD GENÉTICA

En el norte chileno, la organización colectiva de la producción por comunidades es parte importante de la gestión de las parcelas agrícolas y del manejo de la quínoa. La mayoría de los trabajos agrícolas se hacen a mano. Las tierras colectivas se preparan y trabajan con grupos de trabajadores locales (*Ayne*) o con mano de obra exterior, pagando a bolivianos.

El fomento productivo impulsado por la Municipalidad de Colchane (región de Tarapacá) con mecanización e intensificación de la producción, va a cambiar las prácticas agrícolas, en particular aquellas vinculadas a la siembra, lo que incide en la conservación *in situ* de la diversidad de la quínoa.

En el Altiplano chileno se pueden ver fácilmente 8 tipos principales o variedades locales de quínoa (Cuadro 1) en el campo. Cada agricultor con su comunidad, elige las variedades según aspectos agronómicos, necesidades de transformación y/o usos culinarios. La estrategia comercial para vender su quínoa modifica la elección de sus semillas. Así, dos variedades ocupan un 42% de la superficie: 31% para la variedad blanca (*Quinoa Miska* o *Ch'ola*), 11% para la variedad amarilla y después viene la rosada (*Quinoa Pandela*). Para los agricultores del Altiplano,

Cuadro 1: Principales variedades locales de quínoa según las comunidades en el Altiplano chileno

Variedades	Principales Comunidades	Criterios
Mischka	Huaitane, Central Citani	Crecimiento rápido Mejor venta
Pandela	Ancovinto Huaitane Pisiga Choque Cotasaya Escapiña Central Citani	Resistencia heladas Grano más grande Mejor venta
Pera	Huaitane	Mejor sabor autoconsumo
Lirio	Pisiga Carpa Cotasaya	Sabor dulce para preparar quisquilla
Kanche	Pisiga Crapa Escapiña	Mejor sabor en harina
Churi	Pisiga C Central Citani	Mejor sabor y múltiples preparaciones
Ploma	Escapiña	Grano mas grande, difícil encontrar semilla

Diversas comunidades mapuches han re simbolizado el Trafkintu con el objetivo de intercambiar sus semillas y plantas



la quínoa es la única planta bajo un sistema de cultivo con una gestión central, a fin de asegurar una cosecha estable todos los años. Pese a que, por ejemplo, la variedad blanca es la preferida de la zona siendo cultivada por el 90% de los agricultores, ocupa solo un 31% de la superficie sembrada de quínoa en el Altiplano. Esto muestra la importancia para los agricultores de manejar una diversidad para enfrentar los cambios climáticos intra e interanuales. Cada uno de los agricultores siembra entre 2 y 6 variedades cada temporada con un promedio de 2,6 por agricultor. Así, la reproducción de sus semillas se torna un proceso profundo que nos permitirá aprender y entender mejor el aporte de las comunidades indígenas en la conservación *in situ* de la quínoa.

La lógica científica aplicada a la agricultura ha definido que las variedades para su conservación se deben manejar aisladamente, con el propósito de mantener su pureza evitando el cruzamiento con otras variedades. Por su parte, los campesinos de las comunidades andinas desarrollan prácticas para mantener la diversidad genética en su complejidad, pero facilitando la recombinación de los genes para generar nuevas variedades campesinas. Esta forma dinámica de la conservación *in situ* permite adaptarse a los cambios globales que enfrentamos hoy en día y aportan a la resiliencia de los sistemas. Así, el 66% de la siembras separan las variedades para producir una quínoa específica y un 34% de las parcelas de los agricultores andinos siembran con distintas variedades dentro de la misma parcela sin distinción (*siembra ch'ali*).

La distribución de las comunidades en el espacio altiplánico explica en parte las relaciones entre grupos y las posibilidades de intercambio de semillas. Como veremos a continuación, esto

Figura 1. Las variedades seleccionadas por las comunidades indígenas y pequeños campesinos representan un patrimonio genético que debe ser conservado.



también ocurre en el sur de Chile con comunidades mapuches. Esta solidaridad entre seres humanos para compartir semillas, corresponde desde siempre al origen de las sociedades agrarias, porque sin semillas no hay ni agricultura ni tampoco alimentos.

LA EXPERIENCIA DEL TRAFKINTU MAPUCHE

La quínoa es un cultivo alimentario, por lo que su presencia en el territorio mapuche se describe desde los primeros momentos en que el hombre occidental ingresa al territorio.

Sus hojas se utilizan ampliamente como verduras en la dieta humana y para la alimentación del ganado debido a que es una fuente rica y barata de proteínas, carotenoides y vitamina C, mientras que el grano es alto en aminoácidos, minerales, vitaminas, aceite y

antioxidantes naturales. Pero a lo largo del tiempo, se han generado muchos otros conocimientos tradicionales en medicina para humanos o remedios para animales frente a problemas urinarios, parásitos intestinales, etc. Estos conocimientos locales son importantes para el desarrollo de las investigaciones recientes sobre sus aplicaciones antitumorales, antifúngicas, y muchos otros beneficios medicinales de las hojas de diferentes especies del género *Chenopodium*.

El manejo del sistema de semillas y sistemas de intercambio representan una de las principales vías de acceso a las semillas para el pueblo mapuche. Entender estas prácticas culturales nos permitirá comprender los impactos de las formas de intercambio (*Trafkintu*) sobre la diversidad de variedades de quínoa cultivada por agricultores mapuches en la región de La Araucanía.

Esta actividad tradicional ha

ido desapareciendo dentro de las comunidades por diversas causas. Desde los programas de modernización agrícola, que rompen las articulaciones tradicionales de los campesinos en sus localidades, hasta las presiones de emigración sobre la juventud rural. Sin embargo, diversas comunidades, organizaciones mapuches y organizaciones no gubernamentales han re-simbolizado en los últimos años el *Trafkintu*, pasando de una actividad tradicional entre familias (o *Lof*), a encuentros públicos donde se reúnen masivamente campesinos/as a intercambiar sus semillas y plantas. Se identifican dos modalidades de intercambio: (a) actividades públicas que reúnen a campesinos/as de diversas comunas e intercambian sus semillas; (b) intercambios tradicionales a nivel local entre vecinos o dentro de la familia extendida. La mayoría de los campesinos realizan las dos

modalidades de intercambio.

Muchas de las variedades locales que se intercambian provienen de herencias familiares de sus comunidades y sólo una pequeña parte está asociada a una distribución mediante el desarrollo de proyectos de fomento del cultivo en comunidades mapuches y campesinas. La reactivación del flujo de semillas a través del *Trafkintu* como evento público durante los últimos quince años, ha permitido fortalecer una práctica social que genera un amplificador para la agrobiodiversidad local, y permite espacios de intercambio de los saberes asociados a la agricultura.

CONCLUSIONES

La utilización de la biodiversidad que las comunidades campesinas e indígenas han realizado durante la historia, ha contribuido al desarrollo de sistemas de producción con alta capacidad de resiliencia.

Las diversas variedades locales de este cultivo deben su existencia a miles de años de evolución bajo una domesticación y una reproducción campesinas. Este conjunto de modificaciones realizadas a

niveles morfológicos, fisiológicos y genéticos en los cultivos, permite hoy diferenciar una especie domesticada de su taxa silvestre. Sin embargo, los impactos de la Revolución Verde han debilitado, y en muchos casos destruido, gran parte de la diversidad de los campesinos. La erosión o pérdida en especies de uso agrícola ha sido el resultado de políticas que impactaron y transformaron culturalmente el mundo campesino e indígena.

Una estrategia recomponedora de esta biodiversidad debe considerar acciones que al menos fortalezcan la cultura agraria local, para que ésta se reproduzca en el tiempo. La diversidad agrícola creada por mujeres y hombres campesinos ha sido posible gracias a un sistema descentralizado de manejo de semillas. La amplia diversidad de objetivos que abordan los campesinos (as) sobre las variedades locales, sobrepasa las capacidades de comprensión desde la ciencia agrícola moderna, que se ha centrado en la búsqueda de la uniformidad global y reproducción de unos pocos genes de interés para cumplir su objetivo principal de mejorar los rendimientos.

El *Trafkintu* representa una forma autónoma de recuperación, renovación y conservación del flujo de semillas.

Éstas son intercambiadas una vez que los campesinos consideran que están "cansadas" y se requiere un cambio o "refrescamiento". En los intercambios y en las propias comunidades se reconocen campesinos/as que poseen un gran número de variedades y un conocimiento muy desarrollado sobre diversos cultivos, entre esos la quínoa. Esas personas se reconocen como "curadoras", especialistas locales que manejan una amplia diversidad agrícola y conservan los recursos genéticos de su pueblo. Las curadoras en la actualidad centran la responsabilidad de garantizar la calidad y confianza en los sistemas campesinos de intercambio de semillas de quínoa.

El rol fundamental que cumplen las comunidades indígenas en la conservación *in situ* de la diversidad agrícola está vinculado a la comprensión del territorio; así cualquier política que impacte negativamente en los sistemas agrícolas locales, tendrá un impacto en la biodiversidad. 🌱



Figura 2. La mayoría de los trabajos agrícolas se hacen a mano. Las tierras se preparan y trabajan con grupos de trabajadores locales o con mano de obra exterior, pagando a bolivianos.

REFERENCIAS



Artículo: Quínoa: un cultivo aliado en la erradicación del hambre
Autor: Salomón Salcedo
Páginas: 10-13

Referencias del autor:
 FAO. (2012). FAOSTAT. Retrieved May 2013, from <http://faostat.fao.org/>
 FAO. (2013). The State of Food and Agriculture 2013 – Food Systems for Better Nutrition. Rome.
 Salcedo, S. (2013, July). F@armletter. Retrieved from World Farmers Organization: http://www.wfo-oma.org/media/k2/attachments/WFO_Farmletter_07_2013.pdf



Artículo: El origen de la quínoa y la historia de su domesticación
Autor: Ángel Mujica
Páginas: 14-17

Referencias del autor:
 Heiser, C.B. y Nelson, D.C. 1974. On the origin of the cultivated Chenopods (*Chenopodium*). Genetic 78:503-505. [int/doc/legal/cbd-es](http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es)



Artículo: Dinámica de la expansión mundial de la quínoa
Autor: Didier Bazile
Páginas: 18-21

Referencias del autor:

Bazile D. *et al.* (Editores), 2014. “Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 710p.
 Bhargava Atul, Shukla Sudhir & Ohri Deepak (2006). *Chenopodium quinoa* -An Indian perspective. Industrial Crops and Products 23: 73–87.
 CDB (1992) Convenio sobre Diversidad Biológica. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
 Jacobsen Sven-Erik (2003): The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Food Reviews International, 19 (1-2): 167-177
 Jellen R. and Maughan J., 2013. Quinoa phylogenetic insights based on nuclear and Chloroplast, International Quinoa Research Symposium.
 López-García R. 2007. Quinoa: A traditional Andean crop with new horizons. Cereal Foods World, 52, 88-90.
 National Research Council (NRC), (1989). Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation.
 Risi J. & Galway N. W. 1991. Genotype X Environment Interaction in the Andean grain crop quinoa (*C. quinoa*) in temperate environments. Plant Breeding, 107: 141-147.
 Schlick, G., and D. L. Bubenheim. 1996. Quinoa: Candidate crop for NASA’s Controlled Ecological Life Support Systems. In: Janick, J., Eds. Progress in New Crops, ASHS Press: Arlington, USA, pp. 632?640.



Artículo: El aporte de la comunidades indígenas y locales en la conservación de la quínoa
Autores: Didier Bazile, Max Thomet
Páginas: 22-27

Referencias del autor:
 Bazile D., Chia E., Hocdé H., Negrete Sepulveda J., Thomet M., Nuñez L., Martínez E.A. 2012. Quinoa heritage an important resource for tourism experience. Revista geográfica de Valparaíso (46): 3-15.
 Fuentes F., Bazile D., Bhargava A., Martínez E.A. 2012. Implications of farmers’ seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in

Chile. *Journal of Agricultural Science*, 150 (6): 702-716.

Louafi S., Bazile D., Noyer J.L. 2013. Conserver et cultiver la diversité génétique agricole : aller au-delà des clivages établis. In: Hainzelin E. (Ed.). *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*. Versailles: Ed. Quae, p. 185-222.

Thomet M., Bazile D. 2013. The role of "curadoras" in the conservation of quinoa varieties in the Mapuche communities in southern Chile. In: Coudel E. (ed.), Devautour H. (ed.), Soulard C. (ed.), Faure G. (ed.), Hubert Bernard (ed.). *Renewing innovation systems in agriculture and food: How to go towards more sustainability?* Wageningen Academic Publishers, p. 174-175.



Artículo: INIA: hacia la conformación de una Colección Nacional de Quínoa

Autores: Pedro León-Lobos, Ana Sandoval, Enrique Veas, Hernán Cortés.
Páginas: 28-33

Referencias del autor:

Bioersity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013). *Descriptor para quínoa (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*. Bioersity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.
Rojas W, M. Pinto, C. Alanoca, L. Gómez-Pando, P. León-Lobos, A. Alercia, S. Diulgheroff, S. Padulosi y D. Bazile. (2014). Estado de la conservación *ex situ* de los recursos genéticos de quínoa Capítulo. 1.5. BAZILE D. *et al.* (Editores), 2014. Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), páginas 65-94.



Artículo: Diversidad genética de la quínoa en Chile

Autores: Francisco Fuentes, Didier Bazile, Enrique Martínez
Páginas: 34-37

Referencias del autor:

Bazile D., Fuentes F. and Mujica A. 2013. Historical perspectives and domestication of quinoa. In: *Quinoa: Botany, Production & Uses*. A. Bhargava, S. Srivastava (ed). CABI Publisher, Wallingford, UK. ISBN: 9781780642260.
Fuentes F., Bazile D., Bhargava A. and Martínez E. A. 2012. Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *The Journal of Agricultural Science* 150(6): 702-716.
Fuentes F., Martínez, E. A., Hinrichsen, P. V., Jellen, E. N., & Maughan, P. J. 2009. Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. *Conservation Genetics* 10(2): 369-377.



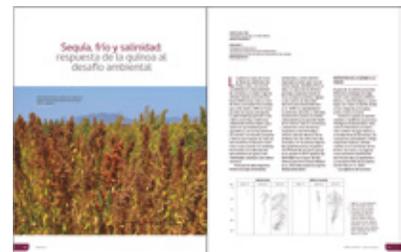
Artículo: Programa de Mejoramiento Genético de Quínoa: la nueva apuesta de INIA

Autor: Christian Alfaro. *Colaboraron en este artículo los investigadores:* Andrés Zurita-Silva, Dalma Castillo, Pedro León-Lobos, Ivette Seguel, Jorge Díaz, Kurt Ruf, Manuel Pinto, Iván Matus.
Páginas: 38-41

Referencias del autor:

Bonifacio A., L. Gómez-Pando, y W. Rojas (2014) *Mejoramiento Genético de la Quínoa y el Desarrollo de Variedades Modernas*. Capítulo 2.5. En: BAZILE D. *et al.*, (Editores), "Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia): pp. 203-226.

Bazile D., D. Bertero y C. Nieto (Eds., 2014). "Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia). 724 pp., (disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4042s/index.html>).
Fuentes, F., P. J. Maughan; E. R. Jellen (2009) *Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quínoa, (Chenopodium quinoa Willd.)*. *Revista Geográfica de Valparaíso*, N° 42, p. 20-33.
Mellado M. 2014. *Nociones básicas sobre genética y mejoramiento vegetal y animal. Revisión de antecedentes*. Colección de libros INIA N°29, 292 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación INIA Quilamapu.
Von Baer I., D. Bazile y E. Martínez (2009). Cuarenta años de mejoramiento de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en La Araucanía: Origen de La Regalona-B. *Revista Geográfica de Valparaíso* 42: 34-44.
Palomino G., L. T. Hernández, E. D. Torres (2008). Nuclear Genome size and chromosome analysis in *Chenopodium quinoa* and *C. berlandieri* sub sp nuttalliae. *Euphytica* 164:221-230.
Zurita-Silva A., F. Fuentes, P. Zamora, S-E. Jacobsen and A. R. Schwember (2014). *Breeding quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): potential and perspectives*. *Molecular Breeding* 34:13-30.



Artículo: Sequía, frío y salinidad: respuesta de la quínoa al desafío ambiental

Autores: Andrés Zurita-Silva, Karina Ruiz
Páginas: 42-47

Referencias del autor:

Álvarez-Flores R. A. (2012). *Réponses morphologiques et architecturales du système racinaire au déficit hydrique chez des Chenopodium cultivés et sauvages d'Amérique andine*. Tesis de Doctorado. Université Montpellier 2, Montpellier, Francia. 114 p.
Biondi S, K. B. Ruiz, E. A. Martínez, A. Zurita-Silva, F. Orsini, F. Antognoni, G. Dinelli, I. Marotti, G. Gianquinto, S. Maldonado, H. Burrieza, D. Bazile, VI Adolf, S-E Jacobsen. *Tolerancia a condiciones salinas*. Capítulo 2.3. En: BAZILE D. *et al.* (Editores), "Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 167-184.
Jacobsen S., Monteros C. Christiansen J., Bravo L., Corcuera L., & Mujica A. (2005).

Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, 22 (2), 131–139.

Ruiz-Carrasco K.B., F. Antognoni, A.K. Coulbaly, S. Lizardi, A. Covarrubias, E.A. Martínez, M.A. Molina-Montenegro, S. Biondi y A. Zurita-Silva (2011). Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry* 49: 1333-1341.

Zurita-Silva A., Jacobsen S-E, Razzaghi F., Álvarez-Flores R., Ruiz K.B., Morales A., Silva H. (2014). Respuestas a la sequía y adaptación de la Quinoa. Capítulo 2.4. En: BAZILE D. *et al.* (Editores), “Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 185-202.

Zurita-Silva A., F. Fuentes, P. Zamora, S-E Jacobsen, A.R. Schwember (2014). Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Molecular Breeding* 34:13-30.



Artículo: Procesamiento y manejo de post-cosecha del grano de quinoa
Autores: Enrique Veas, Hernán Cortes, Pablo Jara
Páginas: 52-55

Referencias del autor:
 FAO. 2001. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. 350 p.



Artículo: Diversidad de los cultivos de quinoa en Chile
Autores: Didier Bazile, Eduardo Chia, Pablo Olguín
Páginas: 56-61

Referencias del autor:

Bazile D. (ed.), Negrete Sepúlveda J. (ed.). 2009. Quinoa y biodiversidad: ¿cuáles son los desafíos regionales? *Revista Geográfica de Valparaíso* (42): 1-141.

Bazile D., Chia E., Hocdé H. 2012. Le détournement d’instruments de politiques publiques de développement rural au Chili au bénéfice de la production du Quinoa. *Reflats et perspectives de la vie économique* (Tome LI) : 35-56. <http://dx.doi.org/10.3917/rpve.512.0035>.

Bazile D., Martínez E.A., Hocdé H., Chia E. 2012. Primer encuentro nacional de productores de quinoa de Chile: Una experiencia participativa del proyecto internacional IMAS a través de una prospectiva por escenarios usando una metodología de “juego de roles”. *Tierra Adentro* (Chile) (97): 48-54.

Chia E., Hocdé H., Alfonso D., Bazile D., Núñez L., Martínez E. A. 2009. Gouvernance de la biodiversité du quinoa au Chili. Entre logique de marché et logique domestique. In: *Colloque International Localiser les produits: une voie durable au service de la diversité naturelle et culturelle de Sud?*, 9-11 juin 2009, Paris, France. 10 p. http://www.mnhn.fr/colloque/localiserlesproduits/11_Paper_CHIA_E.pdf

Olguín P., 2011. Dinámicas espaciales de los sistemas de producción de quinoa en la región del Libertador Bernardo O’Higgins de Chile, con relación a los factores económicos y del medio ambiente. Memoria para optar al título de geógrafo. PUCV, mayo 2011.



Artículo: ¿Es rentable la producción de quinoa en Chile? Un análisis desde los costos de producción
Autores: Enrique Martínez, Iván Donoso, Eduardo Chia
Páginas: 68-73

Referencias del autor:
 Alfonso-Bécares D., Bazile D. (2009). La quinoa como parte de los sistemas agrícolas en Chile: 3 regiones y 3 sistemas. *Revista Geográfica de Valparaíso* 42:61-72.

Proyecto Innova CORFO 04CR9PAD04. “Cultivo doble propósito de *Chenopodium quinoa* (quinoa) para la región de Coquimbo: modelo de grano para consumo humano y

follaje para ganado caprino” (2005-2008).

Brossier J., Chia E., Marshall E., Petit M. (1998). Gestion de l’exploitation agricole familiale Éléments théoriques et méthodologiques. *Économie rurale* 244 :59-60.

Martínez E.A., Veas E., Jorquera C., San Martín R., Jara P. (2009) Re-introduction of *Chenopodium quinoa* Willd. into arid Chile: cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 195:1-10.

Martínez, E.A., Jorquera-Jaramillo C., Veas E., Chia E. (2009). El futuro de la quinoa en la región árida de Coquimbo: lecciones y escenarios a partir de una investigación sobre su biodiversidad en Chile para la acción con agricultores locales. *Revista Geográfica de Valparaíso* 42:95-111.

Martínez E.A., Olguín P. (2013). Transparency from production to consumption: new challenges for the quinoa market chain. En: *Quinoa: Botany, Production and Uses* (A. Bhargava, Ed.) CABI Publishing, CAB International. Oxfordshire, UK. Pp.234-239.



Artículo: Mercado real y potencial de la quinoa en Chile
Autores: Rodrigo Pizarro, Enrique Martínez
Páginas: 74-78

Referencias del autor:
 Alfonso-Bécares D., Bazile D. (2009) La Quinoa como parte de los sistemas agrícolas en Chile: 3 regiones y 3 sistemas. *Revista Geográfica de Valparaíso* 42:61-72.

Bazile D., Baudron F. (2014). Dinámica de su expansión mundial del cultivo de la quinoa respecto a su alta biodiversidad. Capítulo Número 1.4. En: Bazile D. *et al.* (Editores), “Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia): pp. 49-64.

Vega-Gálvez A., Miranda M., Vergara J., Uribe E., Puente L., Martínez E.A. (2010) Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90: 2541-2547. 

GLOSARIO

Accesión: Se denomina así a la muestra viva de una planta o población mantenida en un banco de germoplasma para su conservación y/o uso. Una especie puede estar representada por varias accesiones que se diferencian por la población a la que pertenecen y/o por la temporada de colecta.

Agricultura Orgánica: Modo de producción agrícola que no usa agrotóxicos de síntesis química artificial (pesticidas, herbicidas) dañinos al medio ambiente o al ser humano.

Alelo: Una, dos o más formas alternas de un gen que ocupan el mismo locus en un cromosoma.

Aminoácidos esenciales: Aquellas partes de las proteínas que el ser humano no puede fabricar a partir de otros alimentos y debe ingerirlas obligatoriamente en su dieta. Son ocho en total.

Amortización: Reducción de una deuda, producida por la compra de un bien de capital, mediante el pago mensual de cuotas.

Andro-esterilidad: Incapacidad de las plantas para producir anteras, polen o gametos masculinos funcionales.

Auto-incompatibilidad: Incapacidad de una planta hermafrodita para auto-fecundarse.

Autopolinización: Transporte del polen de la antera al estigma de la misma flor o flores del mismo individuo.

Biodiversidad agrícola o agro-biodiversidad: Considera todos los grupos vegetales y animales en agricultura, como sus parientes silvestres, especies de origen y especies que interactúan con ellas, como son los polinizadores, plagas, predadores, y toda la gama de medios donde se desarrolla la agricultura, y no sólo los espacios con tierras arables y parcelas cultivadas. Así, ella contiene toda la variedad y la variabilidad de los seres vivos que contri-

buyen a los alimentos y a la agricultura en general. La agro-biodiversidad incluye los genes, las poblaciones, las especies, las comunidades, los ecosistemas, y los componentes del paisaje, pero también las interacciones humanas con ellos; incluyendo hábitats y especies que están fuera de los sistemas agrícolas y que van a beneficiar a la actividad agrícola y mejorar las funciones del ecosistema cultivado.

Cañihua (Del Qechua): Harina tostada de cañihua.

Caracterización: El registro de caracteres altamente heredables que pueden ser fácilmente observados y expresados en todos los ambientes.

Chaquitaklla (Del Qechua): Herramienta manual para labranza del suelo.

Compuestos fenólicos: Son compuestos orgánicos de tipo secundario del metabolismo vegetal, y múltiples roles tales como productos de defensa ante herbívoros y patógenos, atraen polinizadores o dispersores de frutos, algunos absorben la radiación ultravioleta, o actúan como agentes alelopáticos.

Conductividad eléctrica (EC): la salinidad del suelo es medida por su conductividad eléctrica (electrical conductivity). La unidad estándar de medida de EC es deciSiemen/metro (dS/m).

Cosmopolita: En biogeografía, el término cosmopolita se aplica a especies que se encuentran distribuidas en todo el mundo, a manera general, pero que requieren de condiciones locales que les son comunes para las áreas en donde ocurren tales especies.

Defoliación: Caída de las hojas de las plantas.

Desaponificado: Eliminación mecánica de la cáscara de la semilla de quínoa, que contiene un producto jabonoso al contacto con el agua y amargo.

Diversidad genética: Toda la variabilidad hereditaria que existe dentro o entre poblaciones o especies, que se origina, favorece o mantiene por fuerzas evolutivas. Corresponde a toda la diversidad de alelos dentro de genes y genes como tal.

Domesticación: Conjunto de actividades dirigidas a incorporar una planta silvestre al acervo de plantas para el uso y consumo humano. Incluye el sistema de reproducción de la especie, los sistemas de cruzamiento y el manejo agrícola, y que pueden culminar con la especie domesticada dependiendo enteramente del ser humano para su propagación y perdiendo la capacidad de sobrevivir en la naturaleza.

Economías de escala: Reducción de costos de insumos (expresados en precios por kilo o por litro), por aumento de los volúmenes de compra de los mismos insumos, ligados a mayores niveles de producción.

Ecotipo: Población o raza local de una especie que presenta características botánicas distintivas, las cuales surgen de la interacción entre el genotipo y las características ecológicas del ambiente local.

Escarificación: Remoción de la cubierta externa de la semilla por efecto abrasivo.

Especies reactivas de oxígeno (ROS, Reactive Oxygen Species): son moléculas altamente reactivas, y se forman de manera natural como subproducto del metabolismo, con roles en la señalización celular e incluyen iones de oxígeno, radicales libres y peróxidos. En estrés sus niveles pueden aumentar, resultando en daños significativos a las estructuras celulares (estrés oxidativo).

Estomas: son grupos de dos o más células epidérmicas, cuya función es regular el intercambio gaseoso y la transpiración en las hojas de la planta. Comunican el ambiente gaseoso del interior de

la planta con el del exterior, y pueden abrirse o cerrarse según las condiciones de la planta.

Fenotipo: Características observables de un individuo, resultantes de la expresión del genotipo en función de un determinado ambiente en que se desarrolla.

Fotosíntesis: Proceso que realizan plantas y otros organismos, de conversión de materia inorgánica (CO₂, H₂O) en materia orgánica (carbohidratos) gracias a la energía que aporta la luz.

Género: Categoría que reúne a especies afines, con características y origen común.

Genotipo: Constitución genética, latente o expresada de un organismo. Representa la suma de todos los genes presentes en un individuo.

Germoplasma: Conjunto de genes que se transmite a la descendencia. Constituye un patrimonio genético estratégico para generar nuevos productos.

Glucósidos: Compuestos que poseen algunas plantas y son nocivos para la salud.

Gluten: Conjunto de proteínas presentes en las harinas de los cereales.

Hibridación: Cruzamiento de dos individuos de la misma especie, o variedad genotípicamente desiguales.

Marcador molecular: Secuencias de ADN que marcan posiciones específicas en el genoma y que pueden determinar, según su naturaleza, la expresión de proteínas, caracteres morfológicos o segmentos específicos de ADN.

Metapoblación: Conjunto de poblaciones discretas de una misma especie, separadas espacialmente y vinculadas por un cierto grado de migración y, sujetas a procesos de extinción y colonización.

Panoja: Conjunto de flores, simples o

compuestas, con un eje más o menos alargado, que lleva ramificaciones donde se insertan las flores pediceladas.

Pedicelo: Es el tallo que sostiene un sola flor y que la une a la planta.

Polinización Cruzada: Transporte de polen de la antera de un individuo al estigma de la flor de otro individuo de una misma especie de planta.

Postcosecha: Intervalo entre la cosecha y el consumo del cultivo. Se realizan procesos dirigidos a mantener la calidad del producto agrícola, incluyendo su procesamiento, manejo, almacenamiento, conservación, empaque y transporte. Como su nombre lo indica, posteriormente al periodo de cosecha.

Recursos genéticos: Todas las plantas, animales o microorganismos de valor de uso real o potencial para el ser humano.

Regeneración: Cultivo de accesiones de semillas con el fin de refrescar la muestra, para así obtener semillas en gran cantidad y alta calidad.

Revolución verde: Proceso de modernización de las prácticas agrícolas iniciado en la década del '40 en México. Fue impulsado por el Dr. Norman E. Borlaug, científico estadounidense, preocupado por las recurrentes hambrunas y falta de alimentos en los países subdesarrollados. Dado su éxito en incrementar la producción agrícola, las tecnologías desarrolladas en la Revolución Verde se ampliaron a escala mundial, principalmente en la década de los 50 y 60, asociándose con el aumento de la mecanización y del uso de químicos. Resultando un incremento significativo en rendimiento y cantidad de calorías por hectárea cultivada.

Saponina: Grupo de glucósidos triterpenoides solubles en agua. Poseen la capacidad de bajar la tensión superficial generando espuma abundante.

Sistemas de producción agrícola: Se definen como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios. Estos sistemas, complejos y dinámicos, están fuertemente influenciados por el medio rural externo, incluyendo mercado, infraestructura y programas, por lo que facilitan la evaluación ex ante de inversiones y políticas concernientes con la población rural

Tetraploide: Presencia de cuatro juegos de cromosomas en el núcleo.

Tocoferol: Compuesto orgánico conocido como Vitamina E, del cual el gamma-tocoferol es una de las formas más comunes en los alimentos. Los tocoferoles tienen propiedades antioxidantes.

Vacuola: Son compartimentos que se encuentran en las células vegetales, rodeadas de una membrana (tonoplasto o membrana vacuolar) y llenas de jugo celular.

Valor FOB: Valor del producto exportado puesto a bordo del medio de embarque (del inglés: Freight On Board, cargado a bordo).

Variabilidad genética: Variación en el material genético de una población o especie, y muy necesaria para realizar mejoramiento genético de un cultivo.

Varietal tradicional (landraces en inglés): Población dinámica de una planta cultivada, con origen histórico, características distintivas, y que no es producto de un proceso formal de mejoramiento genético, siendo normalmente genéticamente diversa, localmente adaptada y está asociada a un sistema tradicional de cultivo.

Xilema: Tejido leñoso de plantas que conduce agua y sales inorgánicas en forma ascendente por toda la planta y proporciona soporte mecánico. 