

Diversidad genética de la quínoa en Chile

Francisco Fuentes

Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
frfuentes@uc.cl

Didier Bazile

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

Enrique Martínez

Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, La Serena, Chile.
enrique.a.martinez@ceaza.cl



LA DIVERSIDAD DE LA QUÍNOA EN CHILE HA EVOLUCIONADO EN CONJUNTO CON ANTIGUAS CULTURAS ADAPTÁNDOSE A DIVERSOS TIPOS DE SUELO Y CLIMA. PRESENTAMOS LOS DIFERENTES ECOTIPOS, RELACIONES GENÉTICAS Y MODELOS DE DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA QUÍNOA EN NUESTRO PAÍS.

La región Andina es considerada el centro de origen más reciente de la quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Su diversidad genética distingue claramente a escala continental al menos cinco ecotipos principales: *altiplano* (sur de Perú, norte y centro de Bolivia), valles interandinos (Perú, Ecuador y Colombia), *salares* (zona sur altiplano boliviano, norte de Chile y Argentina), *yungas* (zona húmeda en la vertiente oriental de los Andes en Bolivia) y *costa* (sur de Chile y Argentina), los cuales representan a la vez sub-centros de diversidad genética de la quínoa (Bazile *et al.* 2013).

Esta diversidad en Chile ha evolucionado en conjunto con antiguas culturas a lo largo de la región Andina, adaptándose a diversos tipos de suelos y clima, resultado de largos procesos de selección artificial y natural en su distribución de norte a sur en el país, mediante comercialización y migración de antiguas culturas (Fuentes *et al.* 2012); ejemplo de las cuales en el extremo norte del país son: Aymara, Quechua, Atacameña, Coya y Diaguita. En la zona centro, Picunche y Pehuenche, y en el sur, Mapuche y Huilliche.

LOS ECOTIPOS EN CHILE

En Chile existen dos ecotipos de quínoa, estos son ecotipo de salares y ecotipo de la costa

(Fuentes *et al.* 2009). El ecotipo de salares se encuentra distribuido en las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Estos genotipos son tradicionalmente cultivados por comunidades Aymaras en zonas de gran altura (Altiplano), suelos salinos y pluviometría estival. Estos tipos de quínoas se diferencian principalmente por el color de sus semillas, y tamaño de las plantas y panojas. Así, los colores de grano más comunes son rojo (lirio en la lengua aymara), rosado (canche), blanco (janku), amarillo (churi), café (chullpe), rojo oscuro (pandela) y naranja (pera) (Fuentes *et al.* 2012).

Por su parte, en la zona centro y sur de Chile se cultiva la quínoa correspondiente al ecotipo de la costa. Su cultivo es caracterizado por desarrollarse a baja altitud, bajo condiciones de secano entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y de Los Lagos.

En la zona centro del país, las semillas y panojas de quínoa son a menudo de color amarillo, y en la zona sur, los granos son de color grisáceo, amarillo y marrón, con color de panoja roja y amarilla.

Estudios recientes han determinado que las diversas prácticas agrícolas en estas zonas han generado un alto nivel de diversidad en la quínoa, encontrándose diferencias en precocidad, niveles de fotoperiodismo y tolerancia al estrés salino, diversidad que ha

sido recientemente correlacionada con estudios genético-moleculares (Fuentes *et al.* 2012).

RELACIONES GENÉTICAS

Diversas investigaciones coinciden en que ambos ecotipos de quínoa tienen su origen en el área sur del altiplano en Bolivia (Bazile *et al.* 2013). Así, estudios usando marcadores genéticos de ADN han demostrado que las poblaciones de quínoa presentes en Chile son más similares a las poblaciones del sur de Bolivia (salares) que a otras quínoas provenientes del resto de la zona Andina. No obstante, existen evidencias moleculares de introducción de genotipos estrechamente emparentados con quínoas de la zona Andina de Perú, en la zona altiplánica de la región de Antofagasta. Pese a ello, la morfología dominante en la mayor parte de las quínoas del extremo norte de Chile corresponde al de quínoa de salares (Fuentes *et al.* 2012).

Es interesante que, usando esta misma aproximación de estudio, se ha descrito que el germoplasma chileno de la costa se presenta mucho más diverso de lo originalmente estimado y reportado hasta la fecha. Asimismo, se ha podido comprobar a nivel molecular indicios de hibridación natural de quínoa con parientes silvestres que coexisten en campos de cultivos (*C. hircinum* Schard.). Esto último

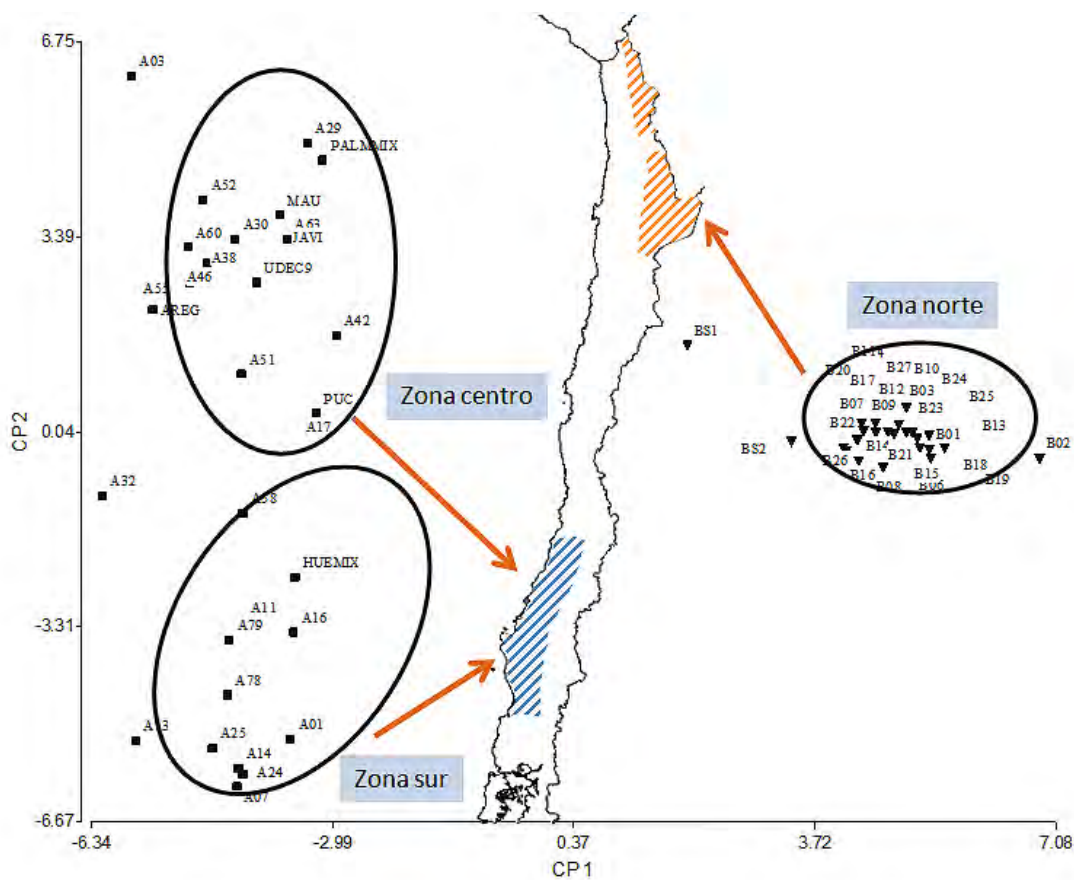


Figura 1. Diversidad genética de quínoa en Chile. Análisis genético de accesiones chilenas de quínoa basado en marcadores moleculares. (Adaptado de Fuentes *et al.* 2009)

podría explicar en alguna medida, la dificultad experimentada por productores de quínoa de la costa en la obtención de nuevos cultivos puros en la zona sur de Chile. Así, quínoas de la costa presentarían un sistema mixto de polinización cruzada y de autopolinización, resultando en un constante intercambio de información genética intra y/o inter-específica (Fuentes *et al.* 2009). Todos estos antecedentes sugieren la existencia de dos sub-reservorios de diversidad genética para el germoplasma de quínoa de la costa, compuestos por

un sub-grupo de la zona centro y otro de la zona sur de Chile (Fuentes *et al.* 2012).

MODELO DE DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA QUÍNOA

Estudios recientes han descrito que la diversidad genética de la quínoa a lo largo de su historia podría haber pasado al menos por cuatro eventos de "cuellos de botella" genético, afectando en consecuencia su biodiversidad (Fuentes *et al.* 2012). El primero, y potencialmente más severo de ellos, ocurrió cuando los

dos ancestros diploides de la quínoa (con doble copia de sus genes) sumaron sus genomas para dar origen a nuevas formas tetraploides (cuatro copias de sus genes).

El segundo evento se estima que ocurrió cuando la quínoa fue domesticada a partir de sus ancestros tetraploides silvestres. A partir de esta hipótesis, se sugiere que la quínoa fue domesticada dos veces: una en las alturas de los Andes de Perú y Bolivia; y la segunda en tierras bajas en el sur de Chile (Bazile *et al.* 2013).

El tercero, considerado un cuello



Figura 2. Diversidad de color de semillas y panoja de quínoas (salares) en el altiplano norte de Chile.

de botella de tipo político, pasó hace más de 400 años, durante el período de la conquista española hasta nuestros días, donde el cultivo de la quínoa fue marginado de los procesos productivos debido a su importancia en la sociedad y creencia indígena. Existen abundantes evidencias de que la quínoa en tiempos de la conquista estuvo relegada a tierras marginales (salinas y/o de secano).

Actualmente, un cuarto evento en desarrollo estaría afectando la biodiversidad de la quínoa. Éste se relaciona con la migración de la población rural del Altiplano hacia los grandes centros urbanos, resultando en el abandono progresivo de los campos de cultivo de la quínoa. Este cambio social expone a esta especie a un serio riesgo de erosión genética, particularmente considerando que la diversidad de germoplasma es conservado en su mayoría

en condiciones *in situ*, en zonas donde no ha habido intervención masiva de programas de modernización agrícola (Fuentes *et al.* 2012).

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

La gran diversidad genética de la quínoa a lo largo del territorio nacional ha sido resultado de dinámicas estrechamente vinculadas entre diferentes ecosistemas y culturas de estas zonas. Esto determina un rol importante de la quínoa chilena en el contexto mundial, donde su amplia distribución geográfica y ecológica permite augurar su potencial como cultivo y alimento casi en todos los tipos de clima.

A pesar de su gran riqueza genética, fenómenos como la progresiva migración de la población rural de Los Andes hacia centros urbanos, podría reper-

cutir negativamente en la posible pérdida de su diversidad genética (erosión genética provocada por erosión cultural). La divulgación de nuevos antecedentes relacionados con los patrones de diversidad genética de la quínoa establece importantes desafíos para científicos, mejoradores y los propios agricultores, tales como el fortalecimiento de iniciativas que tengan por objetivo aumentar la caracterización de estos recursos a fin de promover su uso y conservación, así como de ampliar y mantener colecciones de germoplasma de quínoa y parientes silvestres en condiciones *in situ* y *ex situ*, para que los productores puedan tener acceso a recuperar sus semillas desde bancos de germoplasma, frente a la potencial pérdida de éstas, ya sea por razones medioambientales y/o humanas que afecten su conservación. 🌱