



Estudio Bibliográfico Sobre los Genotipos de Quínoa y Alforfón en Chile

(Potencial de adaptabilidad en O´Higgins y Biobío).

**Polo Territorial de Granos Ancestrales
2018**

DIVERSIDAD DE LA QUINOA CHILENA

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), es una planta originaria de la zona altiplánica de los Andes, capaz de desarrollarse sobre 3800 metros sobre el nivel del mar (Bazile *et al.* 2016).

A nivel global existen más de 6000 genotipos de quinoa, (Rojas *et al.*,2015), los cuales se dividen en cinco ecotipos de acuerdo a su adaptación específica a las condiciones agroecológicas de las áreas más importantes de producción, (Bois *et al.*, 2006; Rojas,2003; Anabalón y Thomet-Isla, 2009; Fuentes *et al.*,2009a; Fuentes y Bhargava, 2011;Bazile *et al.*, 2013, 2014). Los ecotipos son: **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), (Bazile, *et al*, 2013).

En Chile, producto de la adaptación propia del cultivo así como también de la selección hecha por antiguas culturas como la Aymara, Quechua, Diaguita, por la zona norte; y la Picunche, Pehuenche, Mapuche y Huilliche por el sur (Fuentes *et al.*, 2015), se distinguen dos ecotipos Salares y Costa. El ecotipo de **salares** se encuentra distribuido en las regiones de Tarapacá y Antofagasta, mientras que el ecotipo **costa** se desarrolla bajo condiciones de secano entre las regiones el Libertador Bernardo O'Higgins y de Los Lagos. Ambos ecotipos, debido a las diferencias ambientales, son contrastantes en términos de adaptación a altitud, sequía y salinidad, también como a su sensibilidad al largo del día (Zurita-Silva *et al.* 2014). Esta variación en adaptabilidad se expresa a menudo en diferencias fenotípicas como color de planta, hojas, forma de panoja, color de granos, altura de plantas, población de plantas exitosamente establecidas, panojas por m², granos por panoja, peso de mil granos, rendimiento potencial.

Las figuras 1a,1b,1c,1d,1e,1f,1g y 1h muestran parte de la diversidad de colores y formas de panojas de las quinoas que trabaja el Programa de Mejoramiento de Quinoa de INIA.

Las características de las quinoas provenientes de la zona norte y centro sur se resumen en el Cuadro 1.

Debido a su amplia variabilidad y a el alto valor nutricional de este cultivo, (Cuadro 2), en Chile se hicieron colectas a nivel nacional producto de lo cual hoy en día se conservan 286 accesiones, de las cuales 203 accesiones están conservadas en el Banco Base de Semilla del Centro Experimental Vicuña – INIA, y las demás en el banco de semillas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UACH, en el Banco Activo de Semillas del Centro Regional de Investigación Carillanca – INIA, en la Universidad Arturo Prat (UNAP) y en el Banco de Semillas Baer (Barriga *et al.* 1994; Salazar *et al.* 2006; Madrid, 2011).



1a

1b

1c

1d



1e

1f

1g

1h

Figuras 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f, 1g, 1h: Diversidad de formas y colores de panojas de quinoas pertenecientes a la colección nacional (Fotografías A. Zurita-Silva).

Según Madrid, (2011), la colección del banco Base Intihuasi, proviene principalmente de la Región de Tarapacá, comuna de Colchane, Región de O'Higgins, comunas de Pichilemu, Paredones, Pumanque, Chépica, Curicó, San Fernando, Peralillo y Licantén y la Región de la Araucanía, comunas de Melipeuco, Cunco, Vilcún, Padre las casas, Temuco, Angol, Victoria, Collipulli, Perquenco y Lautaro.

Considerando los antecedentes mencionados, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ha diseñado y se encuentra implementando el Programa de Mejoramiento Genético de Quínoa, conformado por investigadores de INIA Intihuasi, INIA Rayentué e INIA Quilamapu, todas zonas del país donde la especie tiene un alto potencial productivo (Alfaro *et al.*, 2015), desarrollando además paquetes tecnológicos para el desarrollo de este cultivo y su explotación comercial.

Cuadro 1: Características de las quinoas provenientes de altiplano y de la zona centro sur de Chile. (Adaptado de León-Lobos *et al.*, 2015)

DESCRIPTOR	ORIGEN MATERIAL	
	ALTIPLANO	CENTRO-SUR
Tipo de crecimiento	Herbáceo	Herbáceo
Hábito de crecimiento	Ramificado hasta el segundo tercio	Simple y ramificado hasta el segundo brote
Color tallo principal	Púrpura, amarillo, verde y naranja	Verde, rosado y amarillo
Color peciolo	Verde y rojo	Verde
Color lámina foliar	Verde	Verde y rojo
Forma Panoja	Amarantiforme e intermedia	Glomerulada e intermedia
Color panoja en floración	Rosada, amarilla, púrpura y roja	Amarilla y rosada
Color panoja madurez fisiológica	Púrpura, amarilla, marrón y rosada	Compacta e intermedia
Densidad panoja	Compacta	Regular e intermedia
Grado de dehiscencia	Regular y fuerte	Regular y ligera
Color pericarpio	Crema y blanco	Crema
Altura planta	55.9±12.5	136.6±22.4
Diámetro tallo principal	9.8±1.7	10.7±3.3
Nº ramas primarias	4.9±1.8	2.2±2.9
Nº dientes por hoja	7±1	8±1
Longitud peciolo (cm)	1.8±0.2	2.7±0.2
Longitud máxima hoja (cm)	5.4±0.7	5.9±0.5
Ancho máximo hoja (cm)	4.5±3.1	4.2±0.4
Longitud panoja (cm)	10.4±1.3	14.8±0.8
Diámetro panoja (cm)	5.1±0.7	5.9±0.6
Rendimiento (Kg ha⁻¹) promedio	1202±28	2585±45
Días a emergencia	13.2±1.5	6.6±0.5
Días a floración	94.9±2.9	79.7±4.8
Días a madurez fisiológica	200.2±5.7	146±6

Cuadro 2: Contenido de macronutrientes en quinoa por cada 100 gramos de peso seco. (Adaptado de Opazo et al, 2015)

Macronutriente	Contenido
Energía (Kcal/100g)	365
Proteína (g/100g)	16.5
Grasa (g/100 g)	6.3
Total carbohidratos (g/100g)	69

Desde el año 2015, el Programa de mejoramiento de quinoa a evaluado parte del material que forma parte de la colección nacional, en distintos ambientes entre la Región de Coquimbo, O'Higgins y Ñuble. De dicha evaluación derivan una serie de datos de campo sobre desarrollo, rendimiento, fenología, adaptabilidad de la quinoa, que han permitido seleccionar un grupo de 10 genotipos, (Cuadro 3), que responden bien a los dos ambientes considerados en el proyecto Polo que corresponden a Litueche, Campo Experimental Hidango-INIA, (Región de O'Higgins) y Chillan, Campo Experimental Santa Rosa INIA, (Región de Ñuble) (Figura 2).

Cuadro 3: Genotipos de quinoa seleccionados

Número	Genotipo
1	QuinV-1
2	QuinV-2
3	QuinV-3
4	QuinH-m
5	QuinH-v
6	QuinC-27c
7	QuinÑ
8	QuinC-62a
9	QuinA
10	Regalona Baer (Testigo)

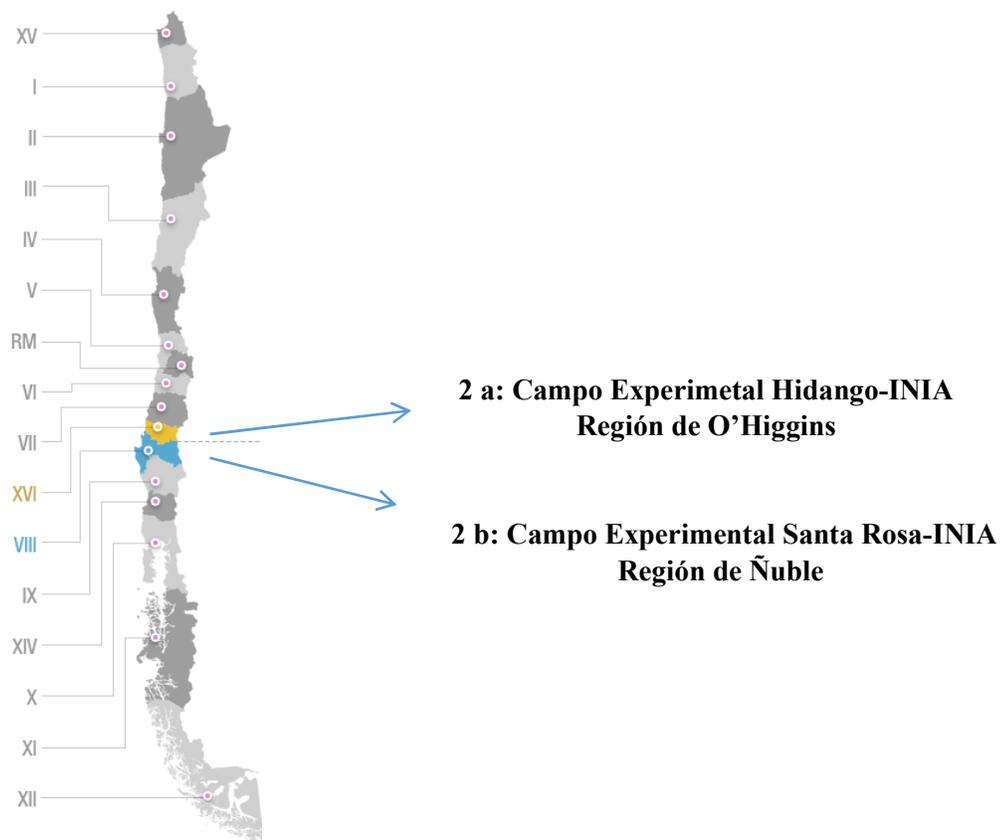


Figura 2: Mapa en que se presenta la ubicación de los Campos Experimentales de INIA, **2a** : Hidango (Región de O'Higgins) y **2 b:** Santa Rosa (Región de Ñuble)

Respecto a la prospección de este trabajo, la evaluación de diez genotipos en ambas localidades permitirá, al final de estas dos temporadas, y una vez analizada la información de campo tanto de fenología como de rendimiento y sus componentes seleccionar el o los mejores genotipos para cada sitio. Como línea base contamos con la información recopilada por el Programa de Mejoramiento de Quinoa –INIA en ambas localidades (Cuadros 4 y 5), la cual podremos confirmar y utilizar para las futuras proyecciones tanto de superficie como de producción de este cultivo. De esta forma se podrá asegurar un crecimiento sostenido y sustentable en cada una de las regiones involucradas.

Cuadro 4. Ciclo, altura, rendimiento e índice de cosecha de 10 genotipos de quinoa evaluados en el Centro Experimental Hidango. Ensayo Estándar 2016.

Genotipo	Floración		Madurez		Altura		Rendimiento		Índice de cosecha	
	Media	Std Dev	Media	Std Dev	Media	Std Dev	Media	Std Dev	Media	Std Dev
QuinV-1	54	5.5	134	12	126	19	838	580	0.358	0.09
QuinV-2	53	0.6	121	7	99	12	687	172	0.412	0.07
QuinV-3	52	2.0	118	2	113	21	743	468	0.380	0.12
QuinH-m	49	5.7	119	3	110	18	476	344	0.314	0.13
QuinH-h	61	2.3	135	6	132	14	945	326	0.356	0.04
QuinC-27c	56	8.7	105	14	89	3	590	113	0.359	0.06
QuinÑ	58	6.0	132	11	116	23	554	291	0.316	0.05
QuinC- 62a	52	7.7	109	4	79	6	406	153	0.460	0.04
QuinA	44	5.9	113	2	87	5	481	165	0.410	0.04
Regalona Baer (Testigo)	49	10.8	108	9	87	2	310	168	0.399	0.06

Cuadro 5. Ciclo, altura, rendimiento e índice de cosecha de 10 genotipos de quínoa evaluados en el Centro Experimenta Santa Rosa. Ensayo Estándar 2016.

Genotipo	Floración		Madurez		Altura		Rendimiento		Índice de cosecha	
	Media	Std Dev	Media	Std Dev	Media	Std Dev	Media	Std Dev	Media	Std Dev
QuinV-1	60	2.5	119	7	138	8	3114	165	0.412	0.02
QuinV-2	59	0.0	113	0	108	10	3808	379	0.505	0.02
QuinV-3	58	2.5	113	0	122	7	3697	348	0.524	0.02
QuinH-m	59	0.0	122	0	123	16	3246	639	0.446	0.06
QuinH-v	70	1.7	114	16	146	16	3182	583	0.370	0.01
QuinC- 27c	63	2.5	109	0	100	11	3441	510	0.353	0.15
QuinÑ	65	4.3	125	3	135	11	2723	482	0.405	0.02
QuinC-62a	54	0.0	108	2	82	8	3309	482	0.447	0.11
QuinA	54	0.0	109	0	87	4	2828	302	0.507	0.01
Regalona Baer (Testigo)	54	0.0	109	0	88	9	2353	306	0.399	0.17

La figura 3a 3b, 3c, 3d, 3e, 3f y 3g muestran el establecimiento de las parcelas experimentales en los campos de evaluación en O'Higgins y Ñuble



3a



3b



3c



3d



3e



3f



3g

Figuras 3a, 3b, 3c,3d, 3e,3f, 3g: Establecimiento de las parcelas experimentales en los campos de evaluación en O'Higgins y Ñuble

DIVERSIDAD DEL ALFORFÓN EN CHILE

Fagopyrum esculentum también conocido como trigo sarraceno o alforfón, trigo negro, es una planta anual herbácea, originaria de Asia Central, pertenece a la familia de las poligonáceas. Sus semillas (aquenios) tienen un uso y una composición química similar al de los cereales. Su ciclo de cultivo es corto, o se siembran de tipo primaveral (Campbell, 1997). Sus flores pueden ser rosadas o blancas (Figura 1).



Figura 1: Tipos de alforfón y detalle de su semilla (Adaptado de ProcerealTech, 2017)

Respecto a esto último en países como Argentina, donde hay un desarrollo de este cultivo se ha caracterizado esta especie desde el punto de vista nutricional especificando que es rico en **hidratos de carbonos** como manosa, galactosa, xilosa y ácido glucurónico. De la misma forma se destaca su gran contenido en **fibra**, beneficiosa para mejorar el tránsito intestinal. Las **proteínas** del alforfón tienen un alto contenido en lisina, aminoácido ausente en los cereales. Tiene un alto valor proteínico, aportando entre el 12 y el 16%. Además carece de prolaminas formadoras de gluten, por lo cual resulta en una buena alternativa para aquellas personas con enfermedad celíaca o alergias al trigo común. Entre las **vitaminas y minerales** se destacan las vitaminas del complejo B (B1, B2, B3) y vitamina E, también es rico en **ácidos grasos poliinsaturados** destacándose el contenido en omega 6 (http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/fichaspdf/Ficha_44_Tri-goSarraceno.pdf)

En Chile, actualmente este cultivo no representa un rubro importante dentro de la producción agrícola, por lo que no se registran estadísticas de superficie sembrada, o de productividad, Sin embargo, esta situación puede empezar a cambiar dado que durante los últimos años se han dado a conocer a nivel nacional e internacional sus propiedades nutricionales siendo considerado un alimento funcional. Sus semillas poseen proteínas de alto valor biológico (grano 12,6 % proteínas, más del 80% son solubles), tiene un balance adecuado de composición de aminoácidos (17 aminoácidos, triptófano, lisina y metionina), alta concentración de carbohidratos, 2-3 % de lípidos totales (90% a. grasos insaturados), rica fuente de minerales (P, Ca, Fe, Zn, Cu y Mn) , de Vitaminas (especialmente grupo B), Posee flavonoides y ácidos fenólicos y además No contiene gluten (). Todas estas características lo hacen apto para múltiples usos como consumo humano (brotes, grano,

harina o pasta), □ alimentación animal (aves de corral y cerdos), abono verde (mejora el suelo, P más disponible), control de plantas adventicias (alelopática), producción melífera de calidad e incluso su cáscara puede ser usada para la fabricación de almohadas. Por sus características nutricionales, un alimento atractivo, especialmente para personas que necesitan seguir dietas especiales o restringidas.

Como consecuencia de no ser un cultivo tradicional en Chile, nos encontramos en una situación de desconocimiento del manejo del cultivo en nuestro país, falta de información de adaptabilidad y a también falta de variedades.

Es así como las proyecciones de este cultivo en las zonas de estudio, Campo Experimental Hidango-INIA y Campo Experimental Santa Rosa-INIA (Figuras 2a y 2b), , dependen de los resultados tanto desde el punto de vista agronómico como de calidad nutricional, que se obtengan en dichas zonas.

NOTA: No existe estadísticas oficiales en Chile de alforfón.

Dado lo anterior y en el marco del proyecto Polo Granos Ancestrales realizaremos siembras utilizando un genotipo de trigo sarraceno que se encuentra en INIA-Quilamapu, el cual ha mostrado una buena adaptación a diversas condiciones y ha presentado bajos requerimientos en fertilización y usos de agroquímicos. Destacando principalmente por su buena producción y alta atracción a abejas lo que revela una buen potencial melífero.

Del mismo modo y conociendo la diversidad de este cultivo en otros países, estamos en proceso de conseguir otros genotipos que puedan ayudarnos a complementar la información que poseemos hoy en día y derivar en la selección de el genotipo de mayor producción y adaptabilidad a la zona potencial de producción en nuestro país.

Referencias:

Alfaro, C.; Zurita-Silva, A.; Castillo, D.; León-Lobos, P.; Seguel, I.; Díaz, J.; Ruf, K.; Pinto, M.; Matus, I. 2015. Programa de Mejoramiento Genético de Quínoa: la nueva apuesta de INIA. En: □ Quínoa: Un súper alimento para Chile y el mundo. N° 108. Noviembre/Diciembre 2015. ISSN 0717-1609.

Anabalón Rodríguez L.; Thomet Isla M. 2009. Comparative analysis of genetic and morphologic diversity among quinoa accessions (*Chenopodium quinoa* Willd.) of the South of Chile and highland accessions. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 1, 210 – 216.

Barriga, P., R. Pessot y R. Scaff. 1994. Análisis de la diversidad genética en el germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) recolectado en el sur de Chile. *Agro Sur* 22 (Nº. Esp.): 4.

Bazile D., Fuentes F. 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.

Bazile D., D. Bertero y C. Nieto (Eds., 2014). “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia), 724 pp., (<http://www.fao.org/3/a-i4042s/index.html>).

Bois, J. F.; Winkel T. ; Homme, L. 2006. Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: effects on germination, phenology, growth and freezing. *Eur J. Agron.* 25:299-308.

Campbell, Clayton G. 1997. Buckwheat. *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 19. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Trigo Serraceno: Una opción diferente. Conexión Julio 2018. www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Nutricion/fichaspdf.Ficha_44_Trigoserraceno.pdf

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.

Fuentes F.; Bhargava. A. 2011. Morphological Analysis of Quinoa Germplasm Grown Under Lowland Desert Conditions. *J. Agronomy & Crop Science* 197: 124-134.

Fuentes, F.; Bazile, D.; Martínez, E. 2015. Diversidad genética de la quinoa en Chile. En: □ Quinoa: Un súper alimento para Chile y el mundo. N° 108. Noviembre/Diciembre 2015. ISSN 0717-1609

Madrid, D. 2011. Aportes de la geografía a la conservación *ex situ* de recursos genéticos de importancia agrícola – El caso de la quinua en Chile. Tesis para optar el título de Geógrafo. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Octubre de 2011. Valparaíso, Chile.

Opazo, L.; Romero, A. 2015. El rescate de la quinoa en Chile. En: □ Quinoa: Un súper alimento para Chile y el mundo. N° 108. Noviembre/Diciembre 2015. ISSN 0717-1609

Procerealtech. 2017. XL Foro INIA de Colaboración Público-Privada “Nuevas Materias Primas Sostenibles en Alimentación. I” 14 de junio de 2017, Madrid

Salazar, E.; León, P; Muñoz, C.; Rosas, M. 2006. Estado de la conservación *ex situ* de los recursos fitogenéticos cultivados y silvestres en Chile. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 156. 2006, 180 p.

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