Año 3, Nº 5 - 2013
ISSN 1853 -7677

**CIENCIA Y TECNOLOGIA
DE LOS CULTIVOS INDUSTRIALES**

Quinua

Coordinador de Programa Nacional de Cultivos Industriales:
Ing. Agr. (MSc.) Alejandro Valeiro

Director Centro Regional Catamarca La Rioja
Ing. Agr. (MSc) Luis Tomalino

Director Centro Regional Buenos Aires Sur
Med. Vet. (MSc) Esteban Eduardo Ezcurdia

Directora Centro de Investigación en Ciencias Veterinarias y Agronómicas
Dra. Elisa Carrillo

Directora Centro de Investigación para la Pequeña Agricultura Familiar
Ing. Agr. (MSc) Andrea Maggio

Director CR Salta Jujuy
Ing. Agr. (MSc) Mario de Simone

Proyectos Regionales con Enfoque Territorial

Aportes al Desarrollo Territorial de la Puna y Valles Áridos de Antofagasta de la Sierra, Belén y Sta. María, Catamarca
Coordinadora: Ing. Agr. Luisa Brizuela

Aportes al Desarrollo Territorial de Andalgalá, Pomán y Tinogasta a partir de una Nueva Institucionalidad Regional
Coordinador: Ing. Agr. (MSc) Fernando Balbi

Proyecto de gestión de la acción institucional en el territorio Valle Bonaerense del río Colorado (Bs. As.)
Coordinador: Ing. Agr. (MSc) Daniel Eduardo Iurman

Programa Pro Huerta – Catamarca
Ing. Agr. María Laura Cano

CIENCIA Y TECNOLOGIA
DE LOS CULTIVOS INDUSTRIALES

Editor Ejecutivo:
Ing. Agr. (MSc) Alejandro M. Rago (IPAVE, CIAP, Córdoba)

Editores Adjuntos:
Ing. Agr. (Dr) Luis Erazzú (EEA Famaillá, Tucumán).
Ing. Agr. (MSc) Diana Piedra (CR Chaco-Formosa, Chaco).
Ing. Agr. (PhD) Rodolfo Bongiovanni (EEA Manfredi, Córdoba).
Ing. Agr. (MSc) Roberto Sopena (EEA Famaillá, Tucumán).
Ing. Agr. (MSc) Valeria Etchart (Instituto de Genética, CICVyA, Buenos Aires).
Ing. Agr. (Dr) Martin Acreche (EEA Famaillá, Tucumán).
Ing. Agr. (MSc) Marcelo Mayol (EEA Cerro Azul, Misiones).
Ing. Agr. (Dra) Eva Cafrune (IPAVE, CIAP, Córdoba)
Ing. Agr. (MSc) Mario Mondino (EEA Santiago del Estero, Santiago del Estero)
Ing. Agr. (MSc) Mariano Cracogna (EEA Reconquista, Santa Fe)
Ing. Agr. Guillermo J. March (CIAP, Córdoba)
Ing. Agr. (MSc) Alejandro Valeiro (PNIND)

INTA – CIAP. Av. 11 de septiembre 4755 (X5014MGO), Córdoba, Argentina

Diseño de tapa: Mariano Matías
Diagramación de texto: Enrique Biglia

La información que consta en los distintos artículos es de responsabilidad exclusiva de los autores de los trabajos, los que no necesariamente manifiestan el punto de vista del INTA.
El contenido puede reproducirse dejando expresa constancia de la fuente.
http://inta.gob.ar/cultivos-industriales

CONTENIDO

SECCIONES **Página**

OPINIÓN/REVISIÓN

Quínoa: aspectos biológicos, propiedades nutricionales y otras consideraciones para su mejor aprovechamiento. **5**
Juan Antonio González y Fernando Eduardo Prado

El grano de quinua y las dehidrinas. **16**
Hernán P. Burrieza, Leandro Martínez-Tosar, María S. Avella Grillia, Ken Kobayashi y Sara Maldonado

INVESTIGACIÓN

Quinua del Noroeste Argentino: magnitud y estructura de la variabilidad genética del germoplasma nativo y perspectivas de uso de la colección. **25**
Sabrina M. Costa Tártara, Ramiro Curti, Carla M. Arizio y María M. Manifesto

Genes candidatos: estrategia para el estudio del desarrollo del grano en quinua (*Chenopodium quinoa*). **32**
María M. Manifesto, Agustín E. Cresta, Sabrina Costa Tartara, Ramiro Curti y Carla M. Arizio

Estudio de las propiedades nutricionales de 21 accesiones de quinua del Noroeste Argentino. **39**
Silvina M. Vidueiros, Héctor D. Bertero y Anabel N. Pallaro

Artrópodos presentes en la quinua en el valle inferior del Río Colorado, Buenos Aires, Argentina. **45**
Arturo Dughetti, Diego Carpintero, Fernando Navarro, Rubén La Rossa, Daniel Aquino, Juan Martínez y Alberto Zárate

Panificación de harinas mezcla de trigo y quinua. **53**
Valentina Astiz, Elena Molfese y María Seghezzo

Composición nutricional y estabilidad oxidativa de harinas y sopas de quinua. **61**
Natalia Cervilla, Jésica Mufari, Edgardo Calandri y Carlos Guzmán

INFORMES ESPECIALES Y TECNOLOGÍAS

Comportamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* cv. CICA) en diferentes fechas de siembra en Tafí del Valle, Tucumán, Argentina. **67**
Estela Z. Brandán de Antoni, Alejandro Arrieta, Ana M. Tapia, Ernestina Seco, Pedro Alemán, Arnaldo Romero, Francisco Murúa y Justiniano Ribera

Propiedades físico-químicas, estructurales y de calidad en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad CICA, con evaluación de la eficiencia de un proceso artesanal de escarificación en seco. **71**
Patricia L. Jiménez de Erramouspe, Margarita Armada y Silvia E. Gómez Molina

Caracterización del fruto y harina de *Chenopodium quinua* variedad CICA. **79**
Mónica Medina Basso y Rogelio Aburra

ECONOMÍA Y PROYECTOS DE DESARROLLO

Organización de la Agricultura Familiar en el Noroeste de Argentina para la producción de quinua. **85**
Celeste Golsberg

Quinua: participación ciudadana, trabajo colaborativo y redes interinstitucionales. **93**
Gabriela Vega y Teresita Moreno

RESUMENES PRESENTADOS EN LAS SEGUNDAS JORNADAS DE QUÍNUA - Catamarca **97**

Quinoa: aspectos biológicos, propiedades nutricionales y otras consideraciones para su mejor aprovechamiento

Juan Antonio González[1] y Fernando Eduardo Prado[2]
1- Fundación Miguel Lillo (FML), Instituto de Ecología. Tucumán, Argentina. 2- Facultad de Ciencias Naturales e IML, Fisiología Vegetal. Tucumán, Argentina
Correo-e: juanantoniogonzlez@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), es una especie nativa de los Andes sudamericanos y su centro de origen sería la zona de Puno (com. pers. A. Canahua, 2013). Esta especie habría sido cultivada en los Andes desde hace 5000 a 7000 años y en ese tiempo se extendió desde altitudes cercanas a los 4.000 m.s.n.m. hasta el nivel del mar en el sur de Chile (19). De manera que esta especie tiene una alta distribución altitudinal y latitudinal lo que revela una alta plasticidad genética a los ambientes donde se desarrolla. Es justamente esta plasticidad, y la calidad alimentaria de su proteína, lo que llevó a revalorizarla como un nuevo cultivo alternativo y sobre todo, a extender su cultivo a países como Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y Europa (53, 42) y recientemente a Marruecos (50), India (7, 8) e Italia (67). De hecho, hoy se conoce que quinoa se cultiva en 43 países (com. pers. M. Tapia 2013) y Naciones Unidas declaró al año 2013 como el año internacional de la quinoa en reconocimiento a sus propiedades nutritivas y a las comunidades originarias que mantuvieron el cultivo a través del tiempo.

En la actualidad. La quinoa es una alternativa productiva debido a que su plasticidad genética permitiría enfrentar los cambios ambientales que se están registrando a nivel planetario y que están afectando los suelos, la provisión de agua en calidad y cantidad y por ende la producción de alimentos a partir de las especies clásicas conocidas (como maíz, trigo, arroz y soja, entre otras). La potencialidad de la quinoa, como cultivo alternativo, de alguna forma queda reflejada en el hecho que se trabaja en el conocimiento del mapa genético de la misma justamente para identificar genes de resistencia en esta especie (com. pers. J. Maughan, 2013).

Una breve historia de la quinoa

Uhle (84) menciona que la domesticación de la quinoa estaría situada alrededor de 5.000 años AC. Otros autores como Nuñez (62) mencionan que en el norte de Chile lo mismo habría ocurrido hace por lo menos 3.000 años AC. Según las investigaciones, la quinoa fue considerada una planta sagrada. El primer español que menciona la existencia de la quinoa fue Pedro de Valdivia quién en 1551 informa a su Rey Carlos I la existencia y uso de maíz, papas y quinoa en el sur de Chile (83). Por otro lado, el Inca Garcilazo de la Vega, en libro “Comentarios Reales de los Incas”, publicado en 1609 en Lisboa, Portugal, menciona a la quinoa como uno de los alimentos utilizados en el Imperio Inca e incluso se menciona que granos de quinoa fueron embarcados a España pero que los embriones perdieron viabilidad lo que hizo imposible su cultivo. Para nuestro país, se menciona que la quinoa existía como cultivo

en el Noroeste Argentino y Córdoba (11). Según Tapia (83), la quinoa se preservó en las tierras comunales ("aynokas") en los Andes para ser lanzada en 1930, en Bolivia, como alternativa alimentaria. Posteriormente, se lanza otra publicación (61) donde se rescatan -otras especies que fueron utilizadas por los Incas -como alimentos.

Rasgos biológicos de la quinoa

Chenopodium quinoa es una especie anual, dicotiledónea, perteneciente a la familia de las Amaranthaceae. Su hábitat cubre un rango latitudinal desde Colombia (2º N) hasta Chile (40º S) (; 72, 43). La quinoa también puede ser cultivada desde el nivel del mar (que es el caso de variedades chilenas), media montaña (entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m) e incluso en zonas de alta montaña (por arriba de los 3.000 m.s.n.m.). Según datos de la FAO/WHO (17) existirían unas 16.263 accesiones de quinoa de todo el mundo, entendiéndose por accesiones a sitios de colección. La mayor diversidad se hallaría en los países andinos. El número de accesiones se distribuye en la actualidad como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Número de accesiones y banco de genes de quinoa en diferentes países de Sudamérica (*)

País	Accesiones	Banco de genes
Bolivia	6.903	6
Perú	4.523	8
Argentina	1.022	4
Ecuador	740	2
Chile	447	5
Colombia	356	3

(*) Datos tomados de Rojas, W. 2013.

Dentro de esta gran diversidad de accesiones, Tapia (83) distingue 5 ecotipos de quinoa:

1) Quinoa de Valle. Estas poseen una altura entre 150-200 cm, crecen entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m. y son de maduración tardía.
2) Quinoa de altiplano. Crecen alrededor del Lago Titicaca (Boliva y Perú) y pueden soportar temperaturas y precipitaciones bajas.
3) Quinoa de salares. Estas pueden soportar altos niveles de salinidad en los suelos (pH altos).
4) Quinoa de nivel de mar. Generalmente son plantas de portes pequeños (hasta 100 cm), con pocas ramas y granos amargos. Se desarrollan mayormente en el sur de Chile.
5) Quinoa sub-tropical. Crece generalmente en los valles interandinos de Bolivia. Poseen granos blancos o amarillentos.

También existen una gran variedad de ecotipos adaptados a diferentes lugares (12). Las variedades comerciales existentes serían unas 40 (com. Pers. M. Tapia 2013). Las mismas, exhiben una gran diversidad genética, con una gran variabilidad en el color de las plantas, inflorescencia y semillas, tipo de inflorescencia y contenido de proteínas, saponinas y betacianinas. Asimismo, los niveles de oxalato de calcio presente en las hojas son también muy variables. Esta variabilidad extrema refleja la adaptación de esta especie a diferentes condiciones agroecológicas tales como suelos, precipitaciones, nutrientes, temperatura, altitud, sequía, salinidad y ambientes ricos en radiación ultravioleta.

Desde el punto de vista genético, la quinoa es una alotetraploide (2n = 4x = 36) y muestra una herencia disómica de muchos caracteres (80, 73, 86, 59). Se trata de una especie autógoma, aunque algunos investigadores estiman que puede haber cruzas, tanto entre variedades como entre variedades y algunas silvestres, de hasta un 10%. Esta posibilidad se minimiza con una distancia entre variedades de más de 1 m (12, 19). La mayor variación en quinoas cultivadas se han encontrado en las cercanías del Lago Titicaca y zonas de Cusco, Perú y Lago Poopó, Bolivia. A partir de estos hallazgos se especula que estos fueron los lugares donde esta especie se domesticó por primera vez (37). Las prin-

cipales variedades para esta región son: Kancolla, Cheweca, Witulla, Tahuaco, Camacani, Yocara, Wilacayuni, Blanca de Juli, Amarilla de Maranganí, Pacus, Rosada de Junín, Blanca de Junín, Hualhuas, Huancayo, Mantaro, Huacariz, Huacataz, Acostambo, Blanca Ayacuchana y Nariño en Peru, y Sajama, Real Blanca, Chucapaca, Kamiri, Huaranga, Pasancalla, Pandela, Tupiza, Jachapucu, Wila Coymini, Kellu, Uthusaya, Chullpi, Kaslali y Chillpi en Bolivia (38).

El fruto de la quinoa es un aquenio indehiscente protegido por el perigonio. Las semillas son achatadas con un diámetro que oscila entre 1 y 2,6 mm. Las semillas se clasifican en función de rangos de diámetro en muy grandes, grandes, medio y pequeño (mayor de 2,2 mm, entre 1,76 y 2,20 mm, entre 1,36 y 1,75 mm y menor de 1,35 mm, respectivamente). En la actualidad, las variedades más buscadas son aquellas de color blanco con un diámetro de semilla cercano o mayor a los 2 mm (que es lo que de alguna forma exige el mercado internacional). Las semillas muestran también una gran variedad de colores como blancos, amarillos, rojos, púrpura, marrones y negros. El embrión representa casi el 60% del peso de los granos y se encuentra alrededor del endosperma en forma de anillo. Las raíces son ramificadas y tanto su disposición como longitud, varía según la variedad y las condiciones de desarrollo.

El período vegetativo de la quinoa está relacionado con el fotoperíodo y varía entre los 120 a 240 días. Algunas variedades como CO-407 poseen un período vegetativo entre 100 a 120 días y otras como CICA llegan a casi 200 días. Algunos datos aún no confirmados dan cuenta de variedades de ciclo largo que pueden acortar el mismo en cultivos a contraestación.

Según investigaciones recientes, la quinoa sería una especie C3 con altas tasas de fotosíntesis neta. En mediciones realizadas en variedades bolivianas y peruanas cultivadas en Amaicha del Valle, Tucumán, se han detectado valores de asimilación entre 14 a 35 µmol m^{-2} s^{-1} para las variedades Samaranti y Kamiri, respectivamente. También se ha detectado una alta correlación (positiva y significativa) entre la asimilación neta y la conductancia estomática (29).

Los estudios anatómicos foliares dan cuenta de un típica distribución de tejidos de una especie que utiliza la vía fotosintética C3. A la misma conclusión se arriba mediante los estudios de discriminación isotópica del carbono (relación C13/C12) (29). Los valores de δ^{13} encontrados en 10 variedades de quinoa, cultivadas en la zona montañosa de Tucumán (Amaicha del Valle) mostraron valores mínimos de -27.3‰ y máximos de -25.2‰. De acuerdo a la bibliografía internacional los valores típicos de una planta C3 oscilan entre los -35 ‰ y -20‰ (14).

La potencialidad de la quinoa frente a situaciones de estrés hídrico y salino

La quinoa puede tolerar diversas condiciones ambientales que desde el punto de vista de los cultivos clásicos las consideramos como extremas. La misma, no sólo puede prosperar desde el nivel del mar hasta los 4.200 m, sino también en tierras que se consideran marginales, salares e incluso en lugares con baja precipitación como es el caso de zonas de la Prepuna, Puna y Valles intermontanos en Argentina, y en los Andes Sudamericanos en general. Esta situación de tolerancia ha permitido su cultivo en otros lugares del mundo, mediante riego, como es el caso del norte de Egipto (Sinaí norte), sur de Italia, Estados Unidos, Australia, Finlandia, Irlanda, Dinamarca, Francia, entre otros.

Además, esta especie puede tolerar fuertes diferencias térmicas entre el día y la noche, lo mismo que una humedad relativa contrastante entre el día y la noche. Otros datos (43) mencionan que la quinoa puede tolerar condiciones de humedad entre 40 y 88%, y temperaturas entre -4 y 38ºC. Asimismo puede soportar altos niveles de radiación

fotosintéticamente activa (a medio día con valores cercanos o por arriba de los 2.000 a 2.300 µmol m^{-2} s^{-1} para la zona de Amaicha del Valle, Tucumán) lo mismo que una fuerte radiación ultravioleta B (UVB) (63, 81, 40, 31). Otros rasgos interesantes son que puede tolerar fríos extremos (93, 46,47), largos períodos de sequía (85, 30, 45) y alta salinidad (32, 75, 77, 36).

La quinoa posee una alta eficiencia en el uso del agua e incluso puede producir rendimientos aceptables con lluvias de 100 a 200 mm anuales (25,26,6) lo que lo logra mediante el desarrollo de un sistema radicular muy profuso, además de otras adaptaciones como por ejemplo con tasas fotosintéticas altas en las primeras horas de la mañana para evitar el efecto de las altas temperaturas en horas del mediodía (29).

También algunas variedades toleran condiciones de salinidad similares a las del agua de mar (40 dS m^{-1}) superando en muchos casos la tolerancia de las especies cultivadas conocidas (36, 69).

Fisiológicamente se conoce que la quinoa puede tolerar la salinidad mediante la acumulación de iones y ajuste osmótico con lo que logra mantener la turgencia celular y la transpiración foliar (49, 28, 2, 9, 79). Tanto la tolerancia a la sequía como a la salinidad depende del estado fenológico de la especie. Así en etapa de cotiledones la resistencia a la sal está relacionada a un ajuste metabólico donde básicamente se altera el metabolismo de los carbohidratos (75, 77). Después de esta etapa, la tolerancia salina está relacionada a adaptaciones estructurales y fisiológicas. En este caso, se puede mencionar un fuerte desarrollo radicular, reducción del área de la hoja, caída de hojas, desarrollo de glándulas vesiculares con contenido de sales en las hojas, células pequeñas de gruesas paredes adaptadas a la pérdida de agua y cierre estomático (51, 3).

Es importante destacar que, si bien la quinoa es considerada en general como una especie de alta tolerancia a la salinidad (43, 36, 69, 13, 3), existe también una gran variabilidad dentro de esta tolerancia. En efecto, más de 200 accesiones de quinoa han sido evaluadas y se encontraron diferencias entre ellas (2). Esta tolerancia se traduce tanto a nivel de germinación, como a nivel de plantas enteras. De esta manera, tanto la identificación como el estudio de las diferentes accesiones y variedades es una necesidad para el futuro aprovechamiento de la quinoa.

El hecho que la quinoa sea considerada una especie tolerante a la sequía y salinidad le otorga una fuerte importancia agronómica debido a que uno de los mayores problemas en el mundo es justamente la salinización de las tierras y la escasez de agua en muchos lugares. El uso intensivo de tierras y agua,0 unido a una alta evapotranspiración y deficientes sistemas de riego, nos ha conducido a situaciones que denominamos salinización y que se está traduciendo en una pérdida de áreas productivas (60, 41). De acuerdo a la FAO (15), cerca del 20% de las tierras cultivables del mundo, y casi el 50% de las áreas irrigadas, están afectadas por salinidad. Se calcula que la salinización producida por riego causa pérdidas anuales del orden de los 12.000 millones de dólares (27). En este escenario, la búsqueda de especies tolerantes a la salinidad es una prioridad para los sistemas productivos del mundo, y en este caso la quinoa es una posibilidad cierta.

Valor nutricional del grano de quinoa

En Argentina, uno de los primeros trabajos relacionado con el valor nutricional de la quinoa fue el publicado por González y otros (33), donde se destacaba no sólo el valor proteico (11,2%) sino también su valor en proteínas solubles (10,04%). Además. Detallaban un 45% de azúcares totales, 16% de azúcares solubles (glucosa, fructosa, sacarosa), 33% de almidón y 4% de lípidos entre otros compuestos de interés alimentario. Los granos de almidón están localizados en

el perisperma (64). Los mismos son ricos en amilo pectinas que gelatinizan a temperaturas bajas (57-71°C).

Existen numerosos otros trabajos relacionados a la composición química de la quinua (5, 70, 1); proteínas (10, 39); composición de ácidos grasos (88, 5); contenido mineral (55, 54, 65) y valor nutricional son (66, 68, 92).

Los contenidos de lípidos de la quinua son mayores que en los cereales comunes (71). En especial, los lípidos de la quinua son ricos en ácidos grasos poliinsaturados (como el linoleico y linolenico) y también en ácido oleico. Su valor de debe justamente al nivel de insaturación que estos compuestos poseen y que lo hacen superior en relación a cualquier otro alimento (Alvarez-Jubete *et al*. 2009). Según la FAO (2010), la relación entre el ácido linoleico y el linolenico en alimentos para niños debe estar entre 5 y 11,2. Esta relación en la quinua es de 6,2 (4) lo que le otorga un fuerte valor alimenticio.

La quinoa es también una fuente importante de vitamina E (γ tocoferoles) y esto es de particular relevancia ya que esta vitamina tiene una fuerte relación con la actividad anticarcinógena y antiinflamatoria (52). También se ha informado contenidos importantes de riboflavina, tiamina y especialmente vitamina C que no son comunes en los cereales clásicos (55, 76, 70). También se conoce que los granos de quinoa contienen folatos en una proporción 10 veces más alta que los presentes en trigo (78).

Un punto importante es que los granos no poseen compuestos alergénicos como el glúten, prolaminas o enzimas (como las proteasas y las amilasas) que son inhibidores presentes en los cereales conocidos (90), o tripsina como si existe en la granos de soja (20).

Se debe mencionar que el grano de quinoa, contiene un compuesto amargo denominado saponinas y que se halla presente en las capas externas de los granos (64). Estas saponinas se presentan en diferentes concentraciones de acuerdo a la variedad que se trate y deben ser eliminadas, mediante lavado con agua, antes de su consumo. Las investigaciones han demostrado que este compuesto actúa en la planta como una defensa ante insectos y pájaros (82). La naturaleza química de las saponinas se ha estudiado fuertemente ya que las mismas pueden ser utilizadas en la industria como en productos farmacéuticos. Se trata en general de terpenos glicosilados (57) y se conocen 16 tipos diferentes de saponinas (87). También se conoce que estos compuestos amargos pueden ser tóxicos para animales de sangre caliente y han sido usados como venenos para la captura de peces (89). Incluso se conoce que poseen un efecto negativo sobre las membranas de las células intestinales y actividad hemolítica (87). Otros investigadores mencionan que las saponinas pueden tener un efecto beneficioso en el sentido que pueden ser utilizadas como anticolesterol y además como antioxidantes. Además podrían ser utilizadas como agentes insecticidas, antibióticos, antivirales y fungicidas (57).

En la actualidad, todos los programas de mejoramiento tienden a la obtención de variedades libres de saponinas o por lo menos con cantidades entre 0,2 y 0,4 g/kg de grano, las que se conocen como variedades dulces. Por el contrario, una variedad con cantidades entre 4,7 y 11,3 g/kg es considerada una variedad amarga. La obtención de variedades dulces es difícil debido a que el control genético de esta variable es poligénico (24, 44). Sin embargo, las saponinas al estar acumuladas en las capas externas de los granos, pueden ser eliminadas por lavado con agua o con métodos físico-químicos de abrasión.

A menudo se menciona que la quinoa posee un fuerte valor alimenticio por las proteínas que posee. Sin embargo, esta es una verdad relativa ya que hay otras especies con contenidos proteicos más altos que los registrados en la quinoa como por ejemplo la soja o el *Lupinus*. El verdadero valor de la quinoa no está en la cantidad sino en la calidad de

las proteínas y esto tiene relación con los aminoácidos que se hallan en las mismas. En una experiencia con 10 variedades, realizadas en Encalilla, Amaicha del Valle, Tucumán, se encontró que el contenido proteico promedio fue del 12,7% (con valores mínimos de 9,1% para la variedad Sajama y uno máximo de 15,5% para la variedad Ratuqui) (29). Sin embargo, la presencia de aminoácidos esenciales como la metionina, treonina, lisina y triptófano es muy importante debido a que los mismos son limitantes en otros cereales (34). Se destaca como importante que los niveles de triptófano detectados en las experiencias realizadas en Encalilla son muy altos en todas las variedades utilizadas. Este hecho queda demostrado al calcular el denominado Valor Biológico (VB) de las proteínas. En efecto, el VB se define como el cociente entre la concentración de triptófano y la concentración total de todos los aminoácidos restantes. Por ejemplo, el VB de un huevo de gallina es de 93,7% mientras que el de la leche es de 84,5% (18). El VB de la proteína de quinoa es de 83% el cual resulta más alto que el informado para proteína de peces (76%), soja (72,8%), trigo (64%), arroz (64%) y maíz (60%) (1).

De acuerdo a estas consideraciones, las proteínas de la quinoa pueden satisfacer los requerimientos de fenialanina, tirosina, histidina, isoleucina, treonina y valina para niños de entre 10 a 12 años de edad (16)

Por otro lado, en el mismo estudio ya mencionado para la zona de Encalilla, se detectó la presencia de 56 minerales: aluminio (Al), hierro (Fe), magnesio (Mg), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), fosforo (P), litio (Li), manganeso (Mn), cobalto (Co), niquel (Ni), cobre (Cu), cinc (Zn), entre otros (Tabla 2).

Entre los minerales se destaca la presencia de potasio (9,8 g/Kg) y también la de calcio cuyo valor resulta superior al encontrado en arroz, trigo y maíz. También el valor detectado de hierro resulta el doble que el informado para arroz.

Tabla 2. Contenido mineral promedio detectado en 10 variedades de quinoa cultivadas en Encalilla, Tucumán.

Mineral	Promedio (mg/kg)
Sodio	35,1
Hierro	78,9
Aluminio	95,4
Calcio	707,9
Magnesio	1.384,6
Fósforo	2.670,2
Potasio	9.796,6

Otras investigaciones han demostrado la presencia de compuestos coloreados en quinoa como son las betacianinas (21, 22, 23). Si bien estas no tienen valor nutricional, sí resultan importantes porque son pigmentos que pueden tener valor como antioxidantes e incluso otros investigadores consideran que las betacianinas en general podrán actuar como fitofármacos para el tratamiento de enfermedades degenerativas (58). En la actualidad, las betacianinas que se utilizan en la industria provienen mayormente de la remolacha. Sin embargo, las obtenidas de la quinoa, han demostrado que son más estables a ciertos factores físicos, como la temperatura (23), lo que les confiere un atractivo industrial y farmacéutico.

La quinoa como especie multipropósito

Teniendo en cuenta las distintas posibilidades productivas a partir de la quinoa, nuestro grupo de trabajo ha planteado en numerosas reuniones nacionales e internacionales, que esta especie debería ser considerada una especie multipropósito. Esto es, considerarla no solo una productora de granos para la alimentación humana y animal, sino también como fuente de proteínas de alto valor biológico, aminoácidos esenciales, verdura fresco, forrajes, pigmentos rojos para industria y aplicación farmacéutica, fuente de minerales y compuestos químicos que hoy se consideran antioxidantes (como

por ej. los flavonoides y otros compuestos fenólicos y no fenólicos). Otras posibilidades son la producción de saponinas, grano para harinas para panificación y almidón e incluso como fuente de litio.

También se considera que la quinoa, en base a las propiedades nutricionales debería ser considerada dentro del Código Alimentario Argentino como un alimento funcional atendiendo a que estos son definidos como "… aquellos capaces de aportar sustancias con funciones fisiológicas definidas, brindando beneficios para la salud de quién los consume…". También se debe considerar que de acuerdo a los datos de organismos internacionales, como la FAO, la producción de quinoa está creciendo fuertemente en el mundo. Esta tendencia sin duda llevará a un aumento en la superficie de producción en todo el mundo y por supuesto, con el tiempo, los precios pueden decaer. Esto obliga a considerar no solo la producción de granos sino las posibilidades que encierra el desarrollo de valor agregado para esta producción. Si bien hoy la producción está creciendo y los precios del mercado nacional e internacional son atractivos, también se debe pensar en otros desarrollos por las posibilidades que encierra esta especie milenaria.

Otras consideraciones sobre colecciones de quinoas nativas, almacenamiento, estudios biológicos básicos, desarrollo de variedades para nuestra geografía, aplicación de biotecnología, marcadores moleculares, entre otros, son temas que deberán ser atendidos por programas de investigación de organismos nacionales para una mejor comprensión y uso de esta especie.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Abugoch L.E. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional and functional properties. Adv. Food Nutr. Res. 58:1-31.

2- Adolf V.I., Shabala S., Andersen M.N., Razzaghi F., Jacobsen S.E. 2012. Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. Plant Soil 357:117-129.

3- Adolf V.I., Jacobsen S.E., Shabala S. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environ. Exp. Bot. 92:43-54.

4- Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E. 2009. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. Int. J Food Sci. Nutr. 60:240-257.

5- Ando H., Chen Y.C., Tang H.J., Shimizu M., Watanabe K., Mitsunaga T. 2002. Food components in fractions of quinoa seed. Food Sci. Technol. Res. 8:80-84.

6- Bertero H.D., De la Vega A.J., Correa G., Jacobsen S.E., Mujica A. 2004. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of multi-environment trials. Field Crop Res. 89:299-318.

7- Bhargava A., Shukla S., Ohri D. 2006. Chenopodium quinoa - an Indian perspective. Ind. Crop. Prod. 23:73-87.

8- Bhargava A., Shukla S., Ohri D. 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crop Res. 101:104-116.

9- Bonales-Alatorre E., Shabala S., Chen Z.H., Pottosin I. 2013. Reduced tonoplast fast-activating and slow-activating channel activity is essential for conferring salinity tolerance in a facultative halophyte, quinoa. Plant Physiol. 162:940-952.

10- Brinegar C., Goundan S. 1993. Isolation and characterization of chenopodin, the 11S seed storage protein of quinoa (*Chenopodium quinoa*). J. Agric. Food Chem. 41:182-185.

11- de Sotelo, 1853. In: Tapia M., editor. La quinua. Historia, distribución geográfica actual, producción y usos. Revista Ambienta 99: 104-119.

12- del Castillo C, Winkel T, Mahy G, Bizoux JP. 2007. Genetic structure of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from the Bolivian altiplano as revealed by RAPD markers. Genet. Resour. Crop Evol. 54:897-905.

13- Eisa S, Hussin S, Geissler N, Koyro HW. 2012.

Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a potential cash crop halophyte. Aust. J. Crop Sci. 6:357-368.

14- Ehleringer JR, Osmond CB. 1989. Stable isotopes. In: Pearcy RW, Ehleringer JR, Rundel PW, editors. Plant physiological ecology. Field methods and instrumentation. Chapman and Hall. p. 281-300.

15- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2008. Land and plant nutrition management service. Available from: www.fao.org/ag/agl/agll/spush

16- [FAO/WHO] Food and Agriculture Organization/World Health Organization of United Nations. 1990. Protein quality evaluation. Rome, Italy: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation.

17- [FAO/WHO] Food and Agriculture Organization/World Health Organization of United Nations. 2010. Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. Rome, Italy: Food and Nutrition Paper 91.

18- Friedman M. 1996. Nutritional value of proteins from different food sources. A review. J. Agric. Food Chem. 44:6-29.

19- Fuentes FF, Maughan PJ, Jellen EN. 2009. Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Rev. Geogr. Valpso. 42:20-33.

20- Galvez Ranilla L, Apostolidis E, Genovese MI, Lajolo FM, Shetty K. 2009. Evaluation of indigenous grains from the Peruvian Andean region for antidiabetes and antihypertension potential using in vitro methods. J. Med. Food 12:704-713.

21- Gallardo, M., González, J.A., Prado, F.E. 1999. Light modulation of betalains synthesis in *Chenopodium quinoa* Willd. seedlings. Photochemistry and Photobiology 69: 80.

22- Gallardo, M.; González, J.A., Prado, F.E. 2000. Presencia de betalínas en plántulas de *Chenopodium quinoa* Willd. Lilloa 40: 109-113.

23- Gallardo, M.G. 2005. Estudio de la biosíntesis de las betalaínas y su regulación por factores endógenos y exógenos en plántulas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) sometidas a diferentes condiciones de estrés. Tesis Doctoral. Fac. de Cs. Naturales e IML. Universidad Nacional de Tucumán, p. 147.

24- Galwey NW, Leakey CLA, Price KR, Fenwick GR. 1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Sci. Nutr. 42:245–261.

25- Garcia M, Raes D, Jacobsen SE. 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. Agric. Water Manag. 60:119-134.

26- Garcia M, Raes D, Jacobsen SE, Michel T. 2007. Agroclimatic contraints for rainfed agriculture in the Bolivian Altiplano. J. Arid Environ. 71:109-121.

27- Ghassemi F, Jakeman AJ, Nix HA. 1995. Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. Wallingford, England: CAB International. p.544.

28- Gómez-Pando LR, Alvarez-Castro R, Eguiluz-de la Barra A. 2010. Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd.: a promising crop. J. Agron. Crop Sci. 196:391-396.

29- González JA, Bruno M, Valoy M, Prado FE. 2011. Genotypic variation of gas exchange parameters and leaf stable carbon and nitrogen isotopes in ten quinoa cultivars grown under drought. J. Agron. Crop Sci. 197:81-93.

30- González JA, Gallardo M, Hilal M, Rosa M, Prado FE. 2009a. Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to drought and waterlogging stresses: dry matter partitioning. Bot. Stud. 50:35-42.

31- González JA, Rosa M, Parrado MF, Hilal M, Prado FE. 2009b. Morphological and physiological responses of two varieties of a highland species (*Chenopodium quinoa* Willd.) growing under near-ambient and strongly reduced solar UV-B in a lowland location. J. Photochem. Photobiol. B:96:144-151.

32- González JA, Prado FE. 1992. Germination in relation to salinity and temperature in *Chenopodium quinoa* Willd. Agrochimica 36:101-107.

33- González JA, Roldán A, Gallardo M, Escudero T, Prado FE. 1989. Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium*

quinoa ("quinoa"). Plant Foods Hum. Nutr. 39:331-337.
34- Gorinstein S, Pawelzik E, Delgado-Licon E, Haruenkit R, Weisz M, Trakhtenberg S. 2002. Characterisation of pseudocereal and cereal proteins by protein and amino acid analyses. J. Sci. Food Agric. 82:886-891.
35- Halloy S, González JA. 1993. An inverse relation between frost survival and atmospheric pressure. Arct. Alp. Res. 25:117-123.
36- Hariadi Y, Marandon K, Tian Y, Jacobsen SE, Shabala S. 2011. Ionic and osmotic relations in 10 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. J. Exp. Bot. 62:185-193.
37- Heiser CB, Nelson CD. 1974. On the origin of cultivated Chenopods (*Chenopodium*). Genetics 78:503-505.
38- Hernández Bermejo JE, León J. 1994. Neglected crops: 1492 from a different perspective. FAO Plant Production and Protection Series. No. 26. p. 341.
39- Hevia F, Wilckens R, Berti M, Badilla R. 2001. Características del almidón y contenido de proteína de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) cultivada bajo diferentes niveles de nitrógeno en Chillán. Agro Sur 29:42-50.
40- Hilal M, Parrado MF, Rosa M, Gallardo M, Massa EM, González JA, Prado FE. 2004. Epidermal lignin deposition in quinoa cotyledons in response to UV-B radiation. Photochem. Photobiol. 79:205-210.
41- Hussin S, Geissler N, Koyro HW. 2013. Effect of NaCl salinity on *Atriplex nummularia* (L.) with special emphasis on carbon and nitrogen metabolism. Acta Physiol. Plant. 35:1025-1038.
42- Jacobsen SE. 1997. Adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to Northern European agriculture: studies on developmental pattern. Euphytica 96:41-48.
43- Jacobsen SE. 2003. The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev. Int. 19:167-177.
44- Jacobsen SE, Hill J, Stolen O. 1996. Stability of quantitative traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Theo. Appl. Gen. 93:110-116.
45- Jacobsen SE, Liu F, Jensen CR. 2009. Does root-sourced ABA play a role for regulation of stomata under drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Sci. Hortic. 122:281-287.
46- Jacobsen SE, Monteros C, Christiansen JL, Bravo LA, Corcuera LJ, Mujica A. 2005. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. Eur. J. Agron. 22:131-139.
47- Jacobsen SE, Monteros C, Corcuera LJ, Bravo LA, Christiansen JL, Mujica A. 2007. Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Eur. J. Agron. 26:471-475.
48- Jacobsen SE, Mujica A, Jensen CR. 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Rev. Int. 19:99-109.
49- Jacobsen SE, Quispe H, Mujica A. 2001. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. In: Scientists and farmers - partners in research for the 21st century. CIP Program Report 1999-2000. p. 403-408.
50- Jellen EN, Benlhabib O, Maughan PJ, Stevens MR, Sederberg MDM, Bonifacio A, Coleman CE, Fairbanks DJ, Jacobsen SE. 2005. Introduction of the Andean crop quinoa in Morocco. Soil and water management interaction on crop yields. The ASA-CSSA-SSSA International Annual Meetings, Salt Lake City, UT, USA.
51- Jensen CR, Jacobsen SE, Andersen MN, Núñez N, Andersen SD, Rasmussen L, Mogensen VO. 2000. Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. Eur. J. Agron. 13:11-25.
52- Jiang Q, Christen S, Shigenaga MK, Ames BN. 2001. γ-Tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention. Am. J. Clin. Nutr. 74:714-722.
53- Johnson DL, Ward SM. 1993. Quinoa. In: Janick J, Simon JE, editors. New Crops. New York: Wiley. p. 219-221.
54- Konishi Y, Hirano S, Tsuboi H, Wada M. 2004. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. Biosci. Biotechnol. Biochem. 68:231-234.
55- Koziol MJ. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa. J. Food Compos. Anal. 5:35-68.
56- Kuljanabhagavad T, Thongphasuk P, Chamu-

litrat W, Wink M. 2008. Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. Phytochemistry 69:1919-1926.
57- Kuljanabhagavad T, Wink M. 2009. Biological activities and chemistry of saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. Phytochem. Rev. 8:473-490.
58- Lee, C.H., Wettasinghe, M., Bolling, B.W., Ji, L.L., Parkin, K.L. 2005. Betalains, phase II enzyme-inducing components from red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts. Nutrition and Cancer 53: 91-103.
59- Maughan J, Bonifacio A, Jellen E, Stevens M, Coleman C, Ricks M, Mason S, Jarvis D, Gardunia B, Fairbanks D. 2004. A genetic linkage map of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on AFLP, RAPD, and SSR markers. Theor. Appl. Genet. 109:1188-1195.
60- Munns R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytol. 167: 645-663.
61- National Research Council. 1989. Lost crops of the Incas: little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. Washington: National Academy Press. p.415.
62- Nuñez LA. 1974. La agricultura prehistorica en los Andes Meridionales. Universidad del Norte, Editorial Orbe. Santiago de hile, Chile. p.197.
63- Palenque ER, Andrade M, González JA, Forno R, Lairana V, Prado FE, Salcedo JC, Urcullo S. 1997. Effect of UVB radiation on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Rev. Bol. Fis. 3:120-128.
64- Prado FE, Gallardo M, González JA. 1996. Presence of saponin-bodies in pericarp cells of *Chenopodium quinoa* Willd. (quinoa). Biocell 20:261-266.
65- Prado FE, Fernández-Turiel JL, Bruno M, Valoy M, Rosa M, González JA. 2010. Mineral content of seeds from quinoa varieties in Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina). Biocell. 34(2):157
66- Prakash D, Nath P, Pal M. 1993. Composition, variation of nutritional contents in leaves, seed protein, fat and fatty acid profile of Chenopodium species. J. Sci. Food Agric. 62:203-205.
67- Pulvento C, Riccardi M, Lavini A, d'Andria R, Iafelice G, Marconi E. 2010. Field trial evaluation of two *Chenopodium quinoa* genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in South Italy. J. Agron. Crop Sci. 196:407-411.
68- Ranhotra GS, Gelroth JA, Glaser BK, Lorenz KJ, Johnson DL. 1993. Composition and protein nutritional quality of quinoa. Cereal Chem. 70:303-305.
69- Razzaghi F, Ahmadi SH, Adolf VI, Jensen CR, Jacobsen SE, Andersen MN. 2011. Water relations and transpiration of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under salinity and soil drying. J. Agron. Crop. Sci. 197:348-360.
70- Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Rev. Intern. 19:179-189.
71- Repo-Carrasco-Valencia RAM. 2011. Andean indigenous food crops: nutritional value and bioactive compounds. Ph.D. Thesis, University of Turku, Turku, Finland. p.176.
72- Risi J, Galwey NW. 1984. The chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. Adv. Appl. Bot. 10:145-216.
73- Risi J, Galwey NW. 1989. The pattern of genetic diversity in the Andean grain crop quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). I. Associations between characteristics. Euphytica 41: 147-162.
74- Rojas 2013. Ex situ conservation of quinoa. The Bolivian experience. Conferencia brindada en la Washington State University (agosto 2013).
75- Rosa M, Hilal M, González JA, Prado FE. 2009. Low-temperature effect on enzyme activities involved in sucrose-starch partitioning in salt-stressed and salt-acclimated cotyledons of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seedlings. Plant Physiol. Biochem. 47:300-307.
76- Ruales J, Nair BM. 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. Plant Foods Hum. Nutr. 42:1-11.
77- Ruffino AMC, Rosa M, Hilal M, González JA, Prado FE. 2010. The role of cotyledon metabolism in the establishment of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings growing under salinity. Plant Soil 326:213-224.
78- Schoenlechner R, Wendner M, Siebenhandl-

Ehn S, Berghofer E. 2010. Pseudocereals as alternative sources for high folate content in staple foods. J. Cereal Sci. 52:475-479.

79- Shabala S, Hariadi Y, Jacobsen SE. 2013. Genotypic difference in salinity tolerance in quinoa is determined by differential control of xylem Na (+) loading and stomatal density. J. Plant Physiol. 170:906-914.

80- Simmonds NW. 1971. The breeding system of *Chenopodium quinoa.* I. Male sterility. Heredity 27:73-82.

81- Sircelj MR, Rosa MD, Parrado MF, González JA, Hilal M, Prado FE. 2002. Ultrastructural and metabolic changes induced by UV-B radiation in cotyledons of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Biocell 26:180.

82- Solíz-Guerrero JB, Jasso de Rodriguez D, Rodríguez-García R, Angulo-Sánchez JL, Méndez-Padilla G. 2002. Quinoa saponins: concentration and composition analysis. In: Janick J, Whipkey A, editors. Trends in new crops and new uses. Alexandria, USA: ASHS Press. pp.110-114.

83- Tapia M. 2009. La quinua. Historia, distribución geográfica actual, producción y usos. Revista Ambienta 99:104-119.

84- Uhle M. 1919 La arqueología de Arica y Tacna. Boletín de la Sociedad Ecuatoriana de Estudios Históricos Americanos III (7-8):1-48.

85- Vacher JJ. 1998. Response of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) and papa amarga (*Solanum juzepczukii* B.) to drought on the Bolivian altiplano: significance of local adaptation. Agric. Ecosyst. Environ. 68:99-108.

86- Ward SM. 2001. A recessive allele inhibiting saponin synthesis in two lines of Bolivian quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J. Hered. 92:83-86.

87- Woldemichael GM, Wink M. 2001 Identification and biological activities of triterpenoid saponins from *Chenopodium quinoa*. J. Agric. Food Chem. 49:2327-2332.

88- Wood SG, Lawson LD, Fairbanks DJ, Robison LR, Andersen WR. 1993. Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. J. Food Compos. Anal. 6:41-44.

89- Zhu N, Sheng S, Sang S, Jhoo JW, Bai N, Karwe M, Rosen R, Ho CT. 2002. Triterpene saponins from debittered quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. J. Agric. Food Chem 50:865-867.

90- 90 Zuidmeer L, Goldhahn K, Rona RJ, Gislason D, Madsen C, Summers C, Sodergren E, Dahlstrom J, Lindner T, Sigurdardottir ST, *et al*. 2008. The prevalence of plant food allergies: a systematic review. J. Allergy Clin. Immunol. 121:1210-1218.

El grano de quinua y las dehidrinas

Hernán P.Burrieza[1], Leandro Martínez-Tosar[2], María S. Avella Grillia[1], Ken Kobayashi[2] y Sara Maldonado[1,2]
1-Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. C.A.B.A., Argentina. 2- IBBEA. CONICET.
Correo-e: saram@bg.fcen.uba.ar

El estrés hídrico que generan las condiciones de sequía, alta salinidad o bajas temperaturas, reduce tanto el crecimiento como el rendimiento de los cultivos, y representa un obstáculo agronómico significativo en grandes áreas del mundo (9). Sequía, salinidad y frío conducen a una merma en la disponibilidad de agua en tejidos y células, por lo que hay grandes similitudes en las características fisiológicas frente a estos tipos de estrés. Consistente con esto, la expresión de algunos genes varía tanto durante la aclimatación al frío y a la sal, como a la sequía (40). Frecuentemente, estos genes son expresados proporcionalmente en función de la tolerancia de la planta a cada tipo de estrés. Esto se puede demostrar de dos maneras: (i) cuando un único cultivar o genotipo es expuesto a diferentes intensidades de un factor ambiental y (ii) cuando genotipos o especies que difieren cuantitativamente en la aclimatación a un tipo de estrés son expuestos a un mismo factor estresante de idéntica intensidad (40).

Aun cuando los mecanismos genéticos y celulares involucrados en el estrés hídrico han sido ampliamente estudiados (18; 48) y un gran número de genes inducidos por deshidratación han sido identificados, sus funciones fisiológicas con respecto a la tolerancia al estrés son en su mayoría ignoradas (9; 21; 47).

Las dehidrinas (DHNs), proteínas pertenecientes al grupo II de las LEAs (*late embryogenesis abundant*) o RAB (*responsive to ABA*), fueron reportadas por primera vez hace poco más de 30 años en embriones de semillas de algodón (14). Desde entonces, se han identificado proteínas homólogas en las semillas ortodoxas maduras de muchas otras especies (36). Las semillas ortodoxas son aquellas que se diseminan con bajos contenidos de agua, toleran una posterior desecación y son almacenables por largos períodos de tiempo; por el contrario, las semillas recalcitrantes se diseminan con altos contenidos de agua, pero se dañan por pequeñas pérdidas de agua, y no se pueden almacenar(7). Entre estos extremos existe una gradación (7). La presencia de DHNs en los embriones maduros se asocia con el proceso de deshidratación que sufren los tejidos durante la última etapa del desarrollo de las semillas ortodoxas y también de algunas semillas recalcitrantes (15; 16; 31).

Asimismo, las DHNs se detectan en casi todos los tejidos vegetativos, tanto bajo condiciones de crecimiento normal como en respuesta a la deshidratación celular; ya sea por frío, alta salinidad, o bien en tratamientos con ácido abscísico (compuesto involucrado en las vías de respuesta a estrés hídrico), entre otras (6; 36). Se trata de proteínas intrínsecamente no-estructuradas, termoestables y extremadamente hidrofílicas. Esta última característica está vinculada con la posibilidad de estas proteínas de asociarse a moléculas de agua y, de este modo, prevenir la agregación de macromoléculas manteniendo su estabilidad estructural durante el proceso de deshidratación (30), con lo cual podrían cumplir un importante rol como agentes de tolerancia al estrés hídrico. Todas las DHNs contienen una o más copias de una secuen-

cia altamente conservadade 15 aminoácidos (EKKGIMDKIKEKLPG), rica en lisina, denominada segmento "K", usada extensivamente para la generación de anticuerpos capaces de reconocer proteínas inmunológicamente relacionadas a la familia de las DHNs. En adición al segmento K, otras secuencias frecuentes –aunque no siempre presentes– incluyen: un segmento consistente en múltiples residuos de serina (segmento "S"), un motivo consenso, T/VDEYGNP (segmento "Y") y otras regiones menos conservadas (segmentos "Φ") usualmente ricas en aminoácidos polares (13; 36). El número y orden de los segmentos Y, S y K definen diferentes subclases de DHns:Y_nSK_n, Y_nK_n, SK_n, K_ny K_nS (36).

La sobre-expresión constitutiva de los genes de LEA/DHN en plantas transgénicas y la expresión heteróloga en levaduras han sido usadas para elucidar la contribución de las mismas a la tolerancia al estrés hídrico. La sobre-expresión de la dehidrina *HVA1* resultó en una mayor tolerancia al déficit de agua del suelo en plantas transgénicas de cebada, una mayor tolerancia al estrés salino en plantas transgénicas de arroz (5; 46) y aumentó la productividad de biomasa y la eficiencia en el uso de agua bajo condiciones de déficit de agua en plantas de trigo transgénico (38). Asimismo, plantas de *Arabidopsis thaliana* que sobre-expresan la dehidrinaDHN-5 de trigo, exhibieron mejor crecimiento bajo condiciones de alta salinidad o de sequía, y mostraron una recuperación más rápida al tratamiento con manitol (reductor del potencial hídrico), en comparación con plantas silvestres (9). La expresión de un gen de DHN de *Opuntia streptacantha* (29) en *Arabidopsis thaliana* mejoró la tolerancia al congelamiento. Por último, células de *Saccharomyces cerevisiae* que sobre-expresan SaDHN, una DHN detectada en *Suaeda asparagoides* por Ayarpadikannan *et al*. (4), mejoran su tolerancia a diferentes tipos de estrés abiótico.

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo básico de las regiones andinas de Sudamérica, reconocido por el alto valor nutricional de sus granos, particularmente por el excepcional balance de aminoácidos de sus proteínas y la cantidad de lípidos nutricionalmente relevantes (35). La especie está bien adaptada a las condiciones ambientales extremas y se han identificado numerosos genotipos de acuerdo a los patrones de interacción genotipo/ambiente (7; 10; 11; 42). De acuerdo a Jacobsen *et al.* (20), algunos genotipos pueden crecer en concentraciones salinas tan altas como la del agua de mar, por lo que su cultivo es posible en regiones áridas y semiáridas donde la deficiencia de agua y la salinidad constituyen los mayores problemas (32).

En síntesis, la capacidad de la quinua para producir proteínas de gran calidad nutricional, bajo condiciones ecológicamente extremas, la convierte en una planta importante no sólo para la alimentación de las comunidades andinas sino también para diversificación de los sistemas agrícolas futuros. Asimismo, la especie resulta interesante como fuente potencial de genes de aplicación biotecnológica.

1. El grano de quínoa

1.1. Estructura general

Similar a los cereales, la semilla se disemina dentro del fruto, de ahí, la denominación de grano (Figura 1). En este caso, el pericarpio es una estructura delgada y papirácea, fácilmente separable de la semilla. Está constituido por una única capa de células papilosas, que derivan de la pared externa del ovario (Figura 1 A y D); las capas subyacentes de la pared ovárica desaparecen durante el desarrollo.

La semilla está recubierta por la testa y el tegmen, cada uno de estos tegumentos está constituido por dos capas celulares de espesor. En la madurez, la capa externa de la testa (exotesta) constituye una capa impermeable que protege los tejidos internos de la semilla; sus células presentan la pared tangencial

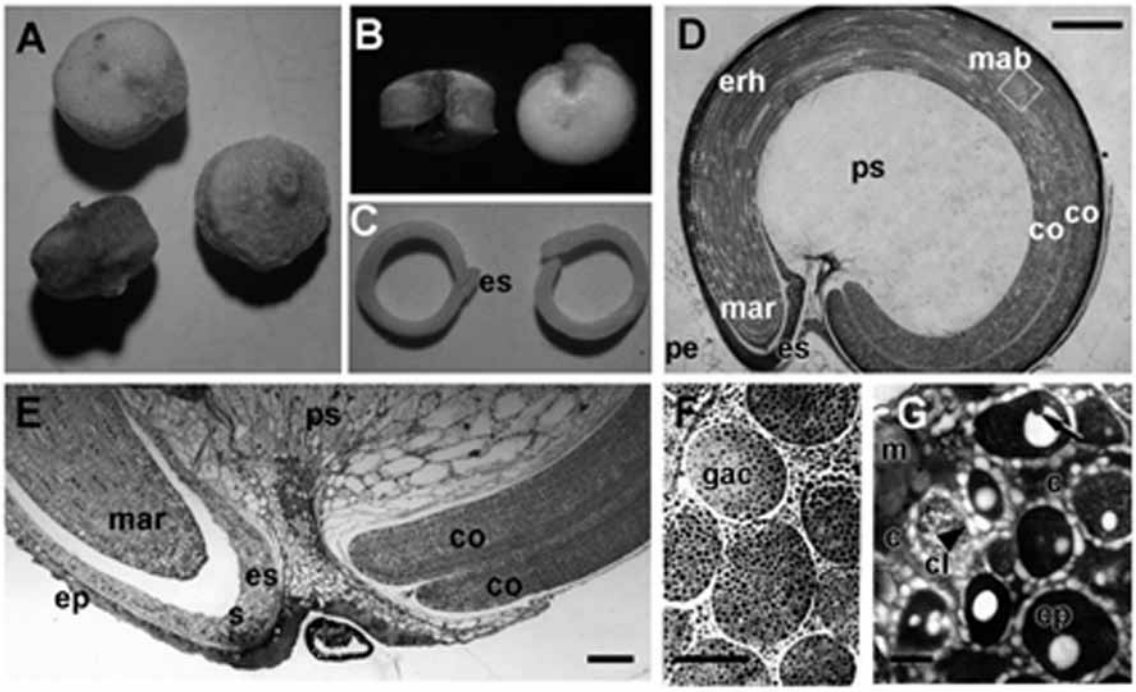


Figura 1. - Grano (utrículo) y semilla de *Chenopodium quinoa*. En A, grano con pericarpio adherido. En B, el pericarpio se ha extraído y se observan las semillas. En C, los embriones han sido separados de las semillas; en el embrión de la izquierda, el endosperma permanece cubriendo la radícula del embrión. D, Corte longitudinal medio de un grano mostrando el pericarpio (pe), el episperma (ep); el embrión, con sus cotiledones (co), el eje radícula-hipocótilo (erh), y los meristemas apicales del brote (mab) y de la raíz (mar), el endosperma (es) y el perisperma (ps). En F, detalle de la región micropilar de la semilla; co, cotiledón; es, endosperma; mar, meristema apical de la raíz; ps, perisperma; s, suspensor (*López-Fernández & Maldonado, 2013*); En G, granos de almidón simple y compuestos, almacenados en las células del perisperma; gac, granos de almidón compuestos (Prego *et al*., 1998). H, cuerpos proteicos (cp) con globoides de fitina (flecha), y cuerpos lipídicos (cl) separados entre sí y de los cuerpos proteicos por el citoplasma (c) en el cual se observan mitocondrias (m). Los cuerpos lipídicos se observan como numerosas y pequeñas y vesículas (Prego *et al*., 1998). H Escalas: 1 mm (Fig. D); 100 µm (Fig. E); 10 µm (Fig. F); 1 µm (Fig. G).

externa fuertemente engrosada (Figura 1 E). La endotesta y el tegmen resultan totalmente colapsados durante el desarrollo.

Prego *et al*. (34), reconocen la existencia de tres áreas de reserva en las semillas de quinoa: un perisperma predominante y central, un embrión periférico medio y un endosperma (Figura 1 B-E). El embrión es el típico embrión de dicotiledóneas, y en él, se diferencian el eje radícula-hipocótilo en el que se insertan los dos cotiledones; entre los cotiledones, se distingue el ápice meristemático del brote, el cual, en este estado, carece de primordios foliares (Figura 1 D). Los primordios comienzan a desarrollarse con la germinación; en el extremo opuesto se diferencia el ápice meristemático de la raíz cubierto por la caliptra radical y unido al suspensor (Figura 1 D-E). Todos los tejidos embrionarios se encuentran en estado parcialmente diferenciados: en los cotiledones se identifican protodermis, procambium y tejidos parenquimáticos de empalizada y esponjoso y en el eje se identifican protodermis, procambium y parénquima cortical (34).

El endosperma, constituido sólo por una a dos capas celulares, forma un cono que cubre el extremo radicular del embrión; el cono está atravesado por el suspensor (Figura 1 E) (26). De acuerdo a Prego *et al*. (34) se puede ver una firme cubierta del endosperma sobre la radícula (Figura 1 D-E), como un tejido de protección adicional del embrión que es desmantelado durante la germinación y que

parecería jugar un rol en este proceso.
El perisperma es un tejido de células uniformes, de paredes muy delgadas, muertas a la madurez (Figura 1 D-E). Los núcleos y orgánulos citoplásmicos están ausentes en este estado, y los lúmenes celulares están llenos de granos de almidón. Los granos de almidón son simples y compuestos (Figura 1 F). Los granos simples son uniformes, de forma poligonal y tienen un tamaño entre 0,4 y 3 µm; los granos compuestos, que contienen hasta 14000 granos simples, alcanzan un tamaño de 18 a 20 µm de diámetro (3; 12; 23; 27; 34; 43).
Tanto el endosperma como el embrión están constituidos por células vivas. Ambos tejidos reservan proteínas en cuerpos proteicos, lípidos en cuerpos lipídicos, y minerales, específicamente fosfato, magnesio y potasio, como fitina en globoides localizados dentro de los cuerpos proteicos (Figura 1 G). El hierro se reserva como fitoferritina, dentro de los plástidos.

1.2. Composición química

El contenido de proteínas en el grano es aproximadamente entre un 12-23% de su peso seco, con un excelente balance en la composición de aminoácidos esenciales, especialmente en el contenido de lisina (5.1-6.4%) y metionina (0.4-1%) (1; 44).
El contenido de aceites (8%), duplica los valores del maíz, pero además los lípidos son ricos en ácidos grasos esenciales, como el linoleico (serie ω-6) y el linolénico (serie ω-3), y no esenciales como el ácido oleico (serie ω-9). Los valores de los ácidos grasos esenciales en el grano crudo de omega 3, omega 6, y omega 9 son en promedio de 6, 52, y 23%, respectivamente (23; 37).
Contiene grandes cantidades de calcio, hierro, zinc y magnesio, en comparación con los cereales más comunes.
El almidón reservado en el perisperma representa un porcentaje del peso seco entre 60 a 70% (2). El almidón está embebido en una matriz proteica, la cual reduce la hidrólisis enzimática del almidón. En el almidón del perisperma de quinoa, se han reportado valores de amilosa que varían entre 7 y 27% (3; 45). De acuerdo a Varriano-Martson y De Francisco (43), tal amplio rango de valores de amilosa tal discrepancia refleja diferencias entre los genotipos. Los valores relativos de amilosa por debajo de 20%, son considerados muy bajos en general entre las plantas, ya que los valores comunes encontrados varían entre 20 y 30% (19; 27, 33, 41). Galwey *et al*.(17) reportan que el almidón de quínoa, por su pequeño tamaño, baja solubilidad y alta viscosidad, puede tener aplicación potencial en la industria farmacéutica y de cosméticos. Swinkels (39) reporta la propiedad de gelatinización a 56-58ºC y el hinchamiento en el rango de temperatura de 65–95 ºC, lo que unido a su naturaleza opaca y su resistencia a la retrogradación, lo hacen altamente apropiado para aplicaciones en la industria alimentaria como agente de emulsión y en productos congelados (2; 8; 25). La capacidad de retención de agua es de 49,5-93% siendo menor que la del almidón de maíz (117%).

2. Dehidrinas

Las detección de DHNs se hace usando un anticuerpo generado contra el segmento K arriba descripto. Con esta herramienta, Carjuzaá *et al*. (11) caracterizan el contenido de DHNsen embriones de dos genotipos de quinua procedentes de ambientes contrastantes: los cultivares Sajama y Baer La Unión, los cuales pertenecen a los grupos “Altiplano” y “de nivel del mar”, respectivamente (7; 42). El análisis por *western blot* de los embriones formados en plantas crecidas bajo las condiciones controladas de cámaras de cultivo, reveló la presencia de cuatro bandas principales de DHNs (de 30, 32, 50 y 55 kDa), comunes a ambos cultivares (Figura 2 A). Cuando se analizaron los embriones de esos mismos genotipos, pero ya proceden-

tes de los respectivos lugares de origen, se revelaron nuevas bandas (Figura 2 B). Los autores concluyen que las cuatro bandas primero mencionadas son componentes del programa de desarrollo de las semillas de quínoa, mientras que las segundas (de 28, 34, 38, y 40 kDa), sólo aparecen en las semillas que proceden de los ambientes originales, lo cual permite inferir que estas bandas se inducen en respuesta a las condiciones ambientales en las que desarrollan estos cultivos. Por inmunolocalización *in situ* usando tanto microscopía de campo claro como electrónica de transmisión, se detectaron las DHNs en todos los tejidos del embrión; en el nivel subcelular las DHNs se detectaron en la membrana plasmática y también en las membranas de los diferentes orgánulos citoplásmicos (mitocondrias, retículo endoplasmático, proplástidos). En el núcleo, se asociaron claramente con la cromatina (10; 11).

En dos estudios llevados a cabo sobre un cultivar peruano (cv. Hualhuas), se analizaron los efectos del estrés salino (10; 22). Dicho cultivar está adaptado a crecer a 3300 m.s.n.m., aproximadamente, con precipitaciones anuales que varían entre 500 a 800 mm distribuidas a lo largo de todo su ciclo vegetativo.

En ensayos realizados en nuestro laboratorio, las plantas fueron sometidas a condiciones experimentales de estrés salino entre 100 a 500 mM de NaCl. De acuerdo a Koyro y Eisa (22), el número, tamaño y peso de las semillas de quinua decrece significativamente con el incremento de la concentración salina del medio de crecimiento. El efecto estructural más evidente es la reducción del volumen del perisperma, lo que explica la reducción significativa de las reservas de al-

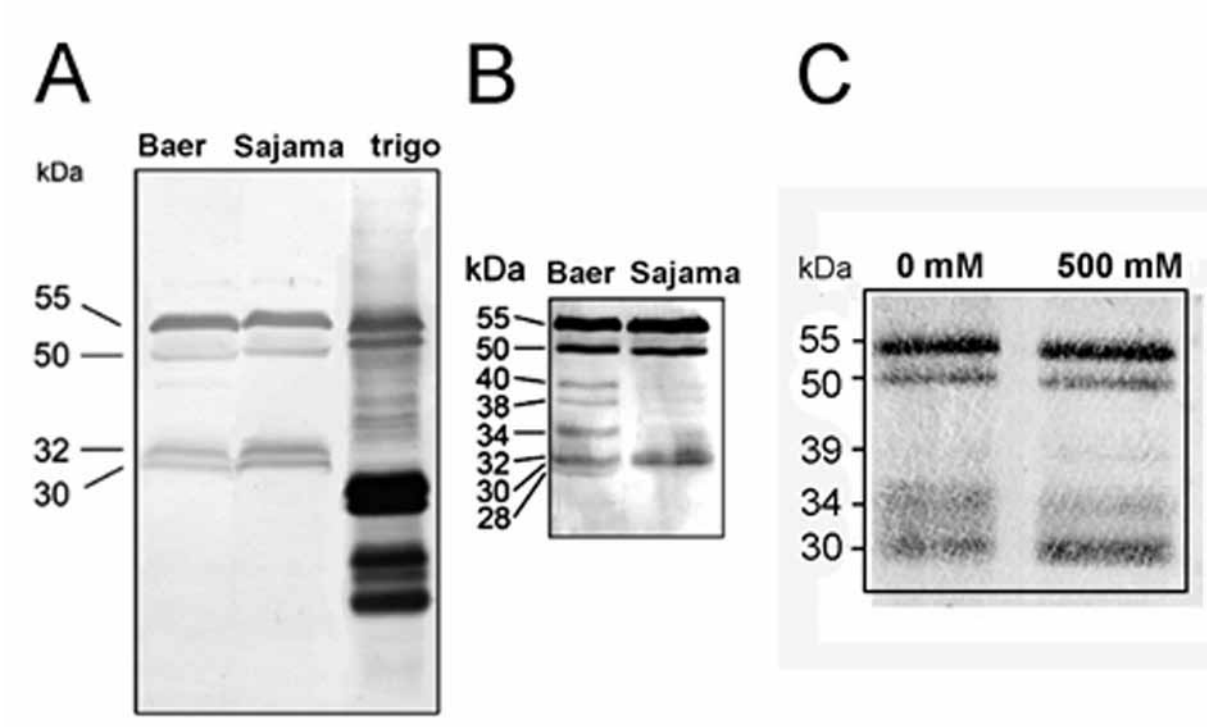


Figura 2. - DHNs en genotipos de *Chenopodium quinoa*. A-B, Análisis western blotde DHNs presentes en semillas maduras de dos cultivares de quinoa (cv. Sajama and cv. Baer La Unión) comparadas con semillas de trigo (cv. Chinese Spring) (de: Carjuzaá *et al*., 2008). A, Semillas obtenidas de plantas crecidas bajo condiciones controladas en el laboratorio. B,Semillas obtenidas de plantas crecidas en los respectivos ambientes de origen. C, Análisis western blot de DHNs presentes en semillas del cultivar Hualhuas; las semillas fueron obtenidas de plantas crecidas en medios con 0 y 500 mM de NaCl. (de: Burrieza *et al*., 2012).

midón y el incremento relativo del contenido de proteínas. Las semillas reducen su viabilidad pero esto se compensa, en parte, anticipando la germinación. El *western blot* de muestras del cv. Hualhuas reveló la presencia de las cuatro bandas que previamente se habían identificado en los cultivares Sajama y Baer La Unión, mencionados anteriormente. Cuando se aplicó un tratamiento de fosfatasa alcalina al extracto proteico, las bandas de 34 y 30 kDa se modificaron alcanzando pesos moleculares de 32 y 28 kDa respectivamente, lo que sugiere un putativo mecanismo de modulación proteica basado en la fosforilación. Con respecto a la respuesta del incremento de la concentración salina en el medio de cultivo de las cuatro bandas, la banda de 30 kDa incrementó significativamente su acumulación cuando la concentración de NaCl en el medio superó los 300 mM.

3. Genes inducidos por estrés hídrico causado por salinidad

En quínoa, el gen SOS1 es el único gen completo caracterizado a la fecha en esta especie (28).

En nuestro laboratorio, hemos aislado la secuencia completa de un gen de DHN que codifica una proteína de alrededor de 25 kDa y al que hemos denominado CqDHN-1. Esta secuencia fue obtenida a partir de plántulas estresadas (genotipo PRP) con concentraciones de NaCl de hasta 400 mM. Por alineamiento local de la secuencia de CqDHN-1, se pudo comprobar su alta similitud con DHNs de otras especies. Todo parece indicar que se trata de una DHN inducible frente a estrés hídrico producido por la salinidad.

4. Perspectivas

En la actualidad estamos llevando a cabo estudios específicos con el objeto de confirmar que esta DHNresponde a estrés salino, correlacionando la expresión de la misma con un nivel más elevado de tolerancia a este tipo de estrés. En una segunda instancia, se intentará localizar *in situ* (en los niveles tisular y celular) tanto los ARNm como la proteína. Asimismo, estamos generando plantas transgénicas de *Arabidopsis thaliana* que expresen constitutivamente CqDHN-1, para investigar la contribución de este gen a la tolerancia al estrés salino. Adicionalmente, hemos clonado otros genes expresados bajo las mismas condiciones de estrés salino, a saber: CMO (*choline monooxigenase*), BADH (*betaine-aldehydedehydrogenase*), PC5S (*1-pyrroline-5-carboxylate synthetase*), DOPA(*3,4-dihydroxyphenylalanine dioxygenase*), CAT (*catalase*), SOD (*Cu/Zn superoxide dismutase*) y LEA3 (*Late Embryogenesis Abundant 3*), todos ellos involucrados en vías metabólicas de respuesta a estrés abiótico. En la actualidad estamos analizando los mecanismos subcelulares subyacentes a la tolerancia a condiciones ambientales extremas. El objetivo final de nuestra investigación es evaluar su potencial utilización para aplicaciones agrobiotecnológicas, ya que la transferencia y/o sobre-expresión de este gen, en especies agroeconómicamente relevantes, podría mejorar sustancialmente la tolerancia de las plantas a la sequía, la salinidad del suelo y las bajas temperaturas.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Abugoch L.E., Romero N., Tapia C.A., Silva, J., and Rivera M. 2008. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) protein isolates. Journal of Agricultural and Food Chemistry56:4745–4750.

2- Ahamed N.T., Singhal R.S., Kulkami P.R., and Pal M. 1996. Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. Carbohydrate Polymers31: 99–103.

3- Atwell W.A., Patrick B.M., Johnson L.A., and Glass R.W.1983.Characterization of quinoa starch. Cereal Chemistry60: 9-11.

4- Ayarpadikannan S., Chung E., Cho C.W., So H.A., Kim S.O., Jeon J.M., Kwak M.H., Lee S.W., and Lee J.H. 2011. Exploration for the

salt stress tolerance genes from a salt-treated halophyte *Suaedaasparagoides*. Plant Cell Reports 31:35-48.

5- Babu R.C., Zhang J., Blum A., Ho D.T.H., Wu R., and Nguyen H.T. 2004. HVA1, a LEA gene from barley confers dehydration tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) via cell membrane protection. Plant Science 166:855–862.

6- Battaglia M., Olivera-Carrillo Y., Garciarrubio A., Campos F., and Covarrubias A.A. 2008. The enigmatic LEA proteins and other hydrophylins. Plant Physiology 148:6-24.

7- Berjak P. and Pammenter N.W. 2013. Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. Frontiers Plant Science 4: 478.

8- Bertero H.D., de la Vega A.J., Correa G., Jacobsen S.E., and Mujica A. 2004.Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. Field Crop Research 89: 299-318.

9- Bhargava A., Shukla S., andOhri D. 2006. *Chenopodium quinoa* - An Indian perspective. Industrial Crops and Products 23: 73–87

10- Brini F., Hanin M., Lumbreras V., Amara I., Khoudi H., Hassairi A., Pagès M., and Masmoudi K. 2007. Over expression of wheat *dehydrin* DHN-5 enhances tolerance to salt and osmotic stress in *Arabidopsis thaliana.* Plant Cell Reports 26:2017-2026.

11- Burrieza H.P., Koyro H-W., Martínez Tosar L., Kobayashi K., and Maldonado S. (2011) High salinity induces dehydrin accumulation in *Chenopodium quinoa* cv. Hualhuas embryos. Plant and Soil 354: 69-79.

12- Carjuzaá P., Castellión M., Distéfano A., Del Vas M. and Maldonado S. 2008. Detection and subcellular localization of dehydrin-like proteins in quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) embryos. Protoplasma 233: 149–156.

13- Chauhan G.S., Eskin N.A.M., and Tkachuk R.1992.Nutrients and antinutrients in quinoa seeds. Cereal Chemistry 69: 85-88.

14- Close T.J. 1996.Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. Physiologia Plantarum 97: 795-803.

15- Dure L. III, Greenway S.C., and Galau G.A. 1981. Developmental biochemistry of cottonseed embryogenesis and germination: changing messenger ribonucleic acid populations as shown by in vitro and in vivo protein synthesis. Biochemistry 20: 4162-4168.

16- Farrant J.M., Pammenter N.W., Berjak P., Farnsworth E.J., and Vertucci C.W. 1996. Presence of dehydrin-like proteins and levels of abscisic acidin recalcitrant (desiccation sensitive) seeds may be related to habitat.Seed Science Research 6: 175–182.

17- Finch-Savage W.E., Pramanik S.K., and Bewley J.D. 1994. The expression of dehydrin proteins in desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds of temperate trees. Planta 193: 478–485.

18- Galwey N.W., Leakey C.L.A., Price K.R., and Fenwick G.R.1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Science and Nutrition. 42F: 245–261.

19- Ingram J., and Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.47:377–403.

20- Inouchi N., Nishi K., Tanaka S., Asai M., Kawase Y., Hata Y., Konishi Y., Shaoxian Y., and Fuwa H.1999. Characterization of amaranth and quinoa starches. Journal of Applied Glycoscience 46: 233-240.

21- Jacobsen S-E. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).Food Reviews International19:167-177.

22- Kawasaki S., Borchert C., Deyholos M., Wang H., Brazille S., Kawai K., Galbraith D., and Bohnert H.J. 2001. Gene expression profiles during the initial phase of salt stress in rice. Plant Cell 13(4):889–905.

23- KoyroH-W., andEisa S.S. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant and Soil 302:79–90.

24- KoziolM.J.1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Food Composition and Analysis 5: 35-68.

25- Koziol M. 1993. Quinoa: A potential new oil crop. New Crops 328–336.

26- Lindeboom N., Chang P.R., and Tyler R.T.

2004. Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review. Starch 56: 89–99.

27- López-Fernández M.P., and Maldonado S. 2013. Ricinosomes provide an early indicator of suspensor and endosperm cells destined to die during late seed development in quinoa (*Chenopodium quinoa*). Annals of Botany 112: 1253-1262.

28- Lorenz K. 1990. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) starch: physicochemical properties and functional characteristics. Starch/Staerke 42: 81-86.

29- Maughan P.J., Turner T.B., Coleman C.E., Elzinga D.B., Jellen E.N., Morales J.A., Udall J.A., Fairbanks D.J., and Bonifacio A. 2009. Characterization of Salt Overly Sensitive 1 (SOS1) gene homoeologs in quinoa (Willd.). Genome. 52(7):647-57.

30- Ochoa-Alfaro A.E., Rodríguez-Kessler M., Pérez-Morales M.B., Delgado-Sánchez P., Cuevas-Velázquez C.L., Gómez-Anduro G., Jiménez-Bremont J.F. 2012. Functional characterization of an acidic SK(3) dehydrin isolated from an Opuntia streptacanthac DNA library. Planta 235: 565-78.

31- Pammenter N.W., and Berjak P. 1999. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. Seed Science Research 9: 13-37

32- Panza V., Distéfano A.J., Carjuzaa P., Láinez V., del Vas M., and Maldonado S. 2007.Detection of dehydrin-like proteins in embryos and endosperm of mature Euterpe edulis seeds. Protoplasma 231: 1–5.

33- Prado F.E., Boero C., Gallardo M., and Gonzalez J.A. 2000. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* (Willd.) seeds. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41:27–34.

34- Praznik W., Mundigler N., Kogler A., Pelzl B., Huber A. 1999. Molecular background of technological properties of selected starches. Starch 51:197-211.

35- Prego I., Maldonado S., and Otegui M. 1998. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. Annals of Botany (UK) 82: 481-488

36- Repo-Carrasco R., Espinoza C., and Jacobsen S-E. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International 19:179-189.

37- Rorat T. 2006. Plant dehydrins- Tissue location, structure and function. Cellular and Molecular Biology Letters. *http://www.cmbl.org.p.* DOI: 10.2478/s11658-006-0044-0

38- Ryan E., Galvin K., O'Connor T.P., Maguire A.R., and O'Brien N.M. 2007. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. Plant Foods for Human Nutrition 62: 85–91.

39- Sivamani E., Bahieldin A., Wraith J.M., Al-Niemi T., Dyer W.E., Ho T.H.D., and Wu R. 2000. Improved biomass productivity and water use efficiency under water-deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley HVA1 gene. Plant Science155:1–9.

40- Swinkels J.J.M.1985. Sources of starch, its chemistry and physics. In: Van-Beynum, G.M.A., Roels, J.A. (Eds.), Starch Conversion Technology. Marcel Dekker, New York, pp. 15–46.

41- Tabaei-Aghdaei S.R., Harrison P., and Pearce R.S. 2000. Expression of dehydratio-stress-related genes in the crowns of wheat grasses species [*Lophopyrumelongatum* (Host) A. Love and *Agropyron desertorum* (Fisch. Ex Link.) Schult. having contrasting acclimation to salt, cold and drought. Plant Cell and Environment23: 561-571.

42- Tang H., Watanabe K., and Mitsunaga T. 2002. Characterization of storage starches from quinoa, barley and adzuki seeds. Carbohydr. Polym. 49: 13-21.

43- Tapia M., Alandia S., Cardozo A., Gandarillas H., Mujica A., Ortiz R., Otazu V., Rea K., Zanabria E. 1979. *In:* Tapia M (Ed.) Quinoa y Canihua. Cultivos Andinos. Serie libros y materiales educativos 49. IICA, Bogotá, Colombia, 227 pp.

44- Varriano Marston E., and De Francisco A. 1984. Ultrastructure of quinoa fruit. Food Microstructure 3:165-173.

45- Vega-Gálvez A., Miranda M., Vergara J., Uribe E., Puente L., and Martínez E.A. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient An-

dean grain: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture 90: 2541–2547.
46- Wolf M.J., MacMasters M.M., and Rist C.E. 1950. Some characteristics of the starches of three South American seeds used for food. Cereal Chemistry 27:219.
47- Xu D., Duan X., Wang B., Hong B., Ho T.D., and Wu R. 1996. Expression of a late embryogenesis abundant protein gene, HVA1, from barley confers tolerance to water deficit and salt stress in transgenic rice. Plant Physiology 110:249–257.
48- Yu L.X., and Setter T.L. 2003. Comparative transcriptional profiling of placenta and endosperm in developing maize kernels in response to water deficit. Plant Physiology 131:568–582.
49- Zhu J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology53: 247- 273.

Quinua del Noroeste Argentino: magnitud y estructura de la variabilidad genética del germoplasma nativo y perspectivas de uso de la colección

Sabrina M. Costa Tártara[1*], Ramiro Curti[2,3], Carla M. Arizio[4] y María M. Manifesto[4]
1- División Producción vegetal, Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján. 2- Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires y CONICET. 3- Laboratorio de Investigaciones Botánicas (LABIBO-CONICET), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. 4- Instituto de Recursos Biológicos CIRN - INTA Castelar. Correo-e: sabri81ar@gmail.com - scosta@mail.unlu.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El Noroeste Argentino (NOA) representa un punto extremo en la distribución de lo que se conoce como el complejo Andino de *Chenopodium quinoa*, compuesto por poblaciones cultivadas (*C. quinoa spp. quinoa*) y silvestres simpátricas (*C. quinoa spp. melanospermum*) (19), que se distinguieron por el color de sus semillas (9). En términos del cultivo de la quinua, la región ha sido considerada marginal, manteniéndose hace décadas en parcelas aisladas (fundamentalmente para autoconsumo). A partir del ingreso de la quinua en el mercado mundial, principalmente de aquella producida en la región cercana al Salar de Uyuni en Bolivia, esta situación comenzó a cambiar. Actualmente se documenta una experiencia de promoción del cultivo de quinua entre productores del departamento de Yavi (prov. Jujuy), con el objetivo de constituir un espacio de trabajo y fomentar el consumo local, revalorizar el cultivo en relación a sus propiedades alimenticias y culturales, y mejorar el manejo agronómico (7).

El uso sostenido en el tiempo de los cultivos por parte de los agricultores en sus fincas es una forma reconocida de conservación *in situ* y, por lo tanto, considerada como medio para mantener procesos evolutivos y de adaptación dinámica de los cultivos a sus entornos (17). Muchos de los proyectos de promoción en la región se basan en la introducción de semilla de quinua principalmente procedente de Bolivia (Var. Real) y Perú (Var. Cica), lo que representa una concreta amenaza de erosión genética del germoplasma nativo (2, 7, 13). Este hecho, en conjunto con la falta de documentación sobre las prácticas de uso de la quinua y su cultivo, motivó la colección de germoplasma presente en la región, y su conservación; además de la recuperación de accesiones conservadas en otras colecciones formándose una colección de germoplasma nativo. Duplicados de algunas de estas accesiones, forman parte de la colección activa de *C. quinoa* de la Red de Bancos de Germoplasma de INTA.

Disponer de una colección representativa de los ambientes de origen del cultivo en la región, y con el objetivo de contribuir a mitigar el proceso de erosión genética que ocurre, nos focalizamos en estudiar la estructura genética y fenotípica del cultivo en la región, como información de base para los programas de mejoramiento. A través de un enfoque multivariado, en este trabajo describimos las accesiones de quinua nativa de manera conjunta, a partir de variables mixtas (morfológicas, fenotípicas y moleculares).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Para la caracterización molecular y morfo-fenológica se seleccionaron 25 accesiones nativas de quinua (Cuadro 1). La mayoría de las accesiones fueron recolectadas en campos de productores y algunas fueron recuperadas de otras colecciones de Bolivia, Perú y Estados Unidos. La elección de las accesiones estuvo orientada a incluir orígenes contrastantes, representado por los sitios de colecta de germoplasma. El rango geográfico de origen de las accesiones fue entre 22º 10' y 25º 14' latitud sur y entre 64º 58' y 67º 31' longitud oeste, en un rango de altitud entre 2334 y 4012 msnm, abarcando la distribución del cultivo en el NOA (valles orientales con amplio rango de altitud en distancias cortas, quebrada y puna). Como criterio adicional dentro de cada eco-región de origen se seleccionaron las accesiones más homogéneas.

Análisis estadísticos

Caracterización molecular.

Para el análisis molecular se caracterizaron

Cuadro1. Datos de pasaporte de las 25 accesiones de quinua nativa del NOA caracterizadas mediante descriptores morfo-fenológicos y marcadores moleculares.

Accesión	Origen (Localidad, departamento)	Provincia	Longitud*	Latitud*	Altitud (msnm)
CHEN 182	QQ 95- NSL 106394, Humahuaca	Jujuy	-65,33	-23,2o	2939
CHEN 183	QQ 101-NSL 106396, Yavi	Jujuy	-65,47	-22,12	3457
CHEN 212	San Felipe-Santa Victoria, Santa Victoria Oeste	Salta	-64,97	-22,27	2507
CHEN 231	Ocumaso, Humahuaca	Jujuy	-65,25	-23,2	3000
CHEN 252	Maimará, Tilcara	Jujuy	-65,40	-23,62	2334
CHEN 256	Campo Luján, Iruya	Salta	-65,22	-22,78	3000
CHEN 275	1485 Coctaca, Humahuaca	Jujuy	-65,28	-23,15	3215
CHEN 414	La Poma, La Poma	Salta	-66,12	-24,72	3016
CHEN 420	Antofallita, Los Andes	Salta	-67,52	-25,25	3498
CHEN 426	Santa Rosa de los Pastos Grandes, Los Andes	Salta	-66,66	-24,47	3939
CHEN 427	Puesto Sey, Susques	Jujuy	-66,48	-23,95	4012
CHEN 431	Susques, Susques	Jujuy	-66,36	-23,04	3619
CHEN 432	Cobres, La Poma	Salta	-66,28	-23,65	3591
CHEN 438	Rachaite, Cochinoca	Jujuy	-66,15	-22,85	3640
CHEN 451	Rodeo Pampa, Santa Victoria Oeste	Salta	-65,03	-22,23	2898
CHEN 456	Trigo Huaico, Santa Victoria Oeste	Salta	-65,05	-22,36	3230
CHEN 458	Morro de Pucará, Santa Victoria Oeste	Salta	-64,97	-22,18	2645
CHEN 461	Poscaya, Santa Victoria Oeste	Salta	-65,08	-22,45	3208
CHEN 463	Aguadas, Santa Victoria Oeste	Salta	-65,11	-22,53	3073
CHEN 465	Santa Cruz del Aguilar, Santa Victoria Oeste	Salta	-65,18	-22,38	3955
CHEN 466	San José del Aguilar, Santa Victoria Oeste	Salta	-65,17	-22,34	3960
CHEN 468	Santa Ana, Valle Grande	Jujuy	-64,99	-23,36	3379
CHEN 482	Lizoite, Santa Victoria Oeste	Salta	-65,16	-22,26	3310
CHEN 58	Coctaca, Humahuaca	Jujuy	-65,28	-23,15	3215
CHEN 60	Abralaite de Colanzulí, Iruya	Salta	-65,23	-22,90	3711

*** Latitud y longitud se indican para cada accesión en coordenadas geográficas decimales.**

diez plantas por población. Detalles de los protocolos de extracción de ADN genómico, la selección de los primers de microsatélites, la amplificación de PCR, y la visualización y registro de los productos de amplificación consultar (5). A partir de las frecuencias alélicas relativas de cada población para los distintos loci microsatélites se calcularon las distancias genéticas utilizando la medida definida por Prevosti (20). La matriz de distancia genética se utilizó para inferir las relaciones entre las poblaciones aplicando un Análisis de Coordenadas Principales (ACoP).

Caracterización morfo-fenológica

En base a la lista de descriptores para quinua del IPGRI (10) se evaluaron 17 variables cuantitativas (Cuadro 2). El experimento se condujo en la localidad de Calete (dpto. Humahuaca, prov. Jujuy); el diseño fue en bloques completamente aleatorizado con dos repeticiones. Para el análisis estadístico de los datos se utilizaron los valores promedios de 10 plantas de ambas repeticiones (5 de cada una) (6). Con los valores estandarizados de cada variable se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) a partir de una matriz de correlaciones.

Sobre la configuración obtenida por cada método de ordenación se superpuso un Árbol de Recorrido Mínimo (ARM) para interpretar las relaciones de similitud entre las poblaciones.

Caracterización conjunta

Con el objetivo de evaluar la importancia del análisis conjunto de los datos se calcularon las correlaciones entre las matrices de distancia resultante de ambas caracterizacio-

Cuadro 2. Descriptores y unidad de medición de los atributos cuantitativos utilizados en la caracterización morfo-fenológica de las 25 accesiones nativas de quinua del NOA.

	Descriptor	Unidad de medición a
1.	Número de dientes de la hoja media (ND)	Nº
2.	Número de ramas principales sobre el tallo(NR)	
3.	Diámetro del tallo (DT)	mm
4.	Forma de la hoja superior (FHS): relación largo ancho-[1]	
5.	Longitud del pecíolo (LP)	
6.	Longitud de la hoja media (LHM)	
7.	Ancho de la hoja media (AHM)	
8.	Longitud del glomérulo (LGLO)	
9.	Longitud de los cotiledones (LCOT)	
10.	Longitud del eje hipocótilo (LHYP)	
11.	Diámetro de grano (DG)	
12.	Longitud de la Panoja (LPAN)	cm
13.	Altura de la planta (ALTP)	
14.	Período Siembra-Emergencia (S-EMR)	días
15.	Período Siembra-Botón floral (S-BF)	
16.	Período Siembra-Floración (S-FL)	
17	Período Siembra-Madurez fisiológica (S-MF)	

nes mediante el test de Mantel (12), y las de éstas con la matriz de consenso. Luego se realizó un Análisis de Procrustes Generalizado (APG) (8) para describir, a través de una ordenación consenso, aspectos morfológicos y moleculares en simultáneo, del conjunto de accesiones de quinua y su agrupamiento, considerando los ambientes de origen de las accesiones. El APG examina en qué medida dos configuraciones resultantes de algún método de ordenamiento son similares (18), transformando cada configuración individual. Los análisis estadísticos se condujeron con los paquetes estadísticos InfoGen (1) y NTSyS v. 2.11 (15).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos resultantes de ambas caracterizaciones se sometieron a análisis multivariados separados y en conjunto. Se calculó la distancia euclídea entre las poblaciones teniendo en cuenta la caracterización con la variables morfo-fenológicas y se correlacionó con la matriz de distancia genética derivada de la caracterización molecular. La correlación entre las matrices fue baja (r=0,11, *p*>0,01), indicando complementariedad de información (Figura 1).

Las dos primeras componentes del ACP generado a partir de la caracterización morfo-fenológica explicaron el 56,3% de la variación total (Figura 2A). La primera componente representó el 41,5% de la variación siendo las variables DT, LP, LGLO, LPAN, LHM, AHM, S-FL, S-BF, S-MF y ALTP, relacionadas con la arquitectura de planta y la fenología, las de más peso sobre la componente. Se separaron las poblaciones según su procedencia (valles o puna), quedando en una posición intermedia las accesiones procedentes de la zona de transición, diferenciándose del resto sobre la segunda componente. Esta acumuló el 14,8% de la variación y las variables más influyentes fueron DG y FHS, con diferente signo, pudiendo interpretar que las poblaciones de mayor superficie de hoja presentaron granos más pequeños, y viceversa. A través del ACP se pudieron diferenciar tres grupos de poblaciones: accesiones procedentes del altiplano o puna, que se caracterizaron por presentar plantas de tamaño pequeño y menor duración de tiempo a botón floral, floración y madurez fisiológica, indicando que son quinuas más precoces en cuanto a la duración del ciclo del cultivo, mientras que las poblaciones procedentes de valles presentaron plantas de mayor tamaño y mayor longitud de ciclo. Las poblaciones procedentes de la zona de transición de altura se diferenciaron del resto por presentar menor diámetro de grano.

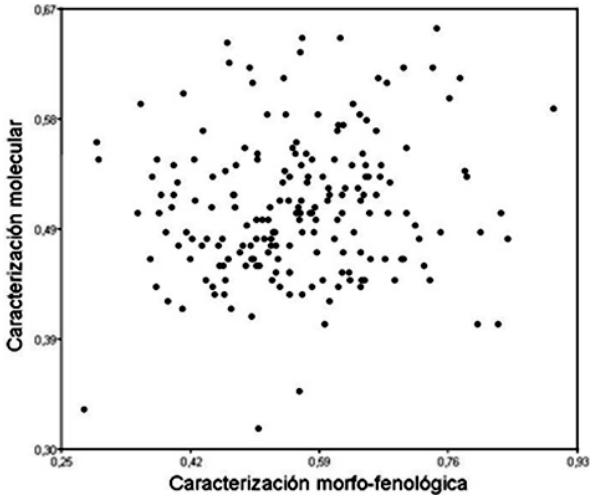


Figura 1. Correlación entre las matrices de distancia euclídea (caracterización morfo-fenológica) y de Prevosti (caracterización molecular). La dispersión de los puntos indica la baja correlación entre las matrices (r=0,11, *p*>0,01) y por lo tanto la complementariedad de las caracterizaciones.

En la caracterización molecular, los 22 loci de microsatélites resultaron polimórficos, detectando un total de 313 alelos entre las 25 accesiones caracterizadas en un rango entre 6 y 24 (14,2 en promedio). Hubo una alta diferenciación entre las poblaciones siendo la distancia genética promedio 0,81. Los dos primeros ejes del ACoP representaron el 36,9% de la dispersión total de los puntos, particionado en 20,3% en la primer coordenada y 16,6% la segunda (Figura 2B). A

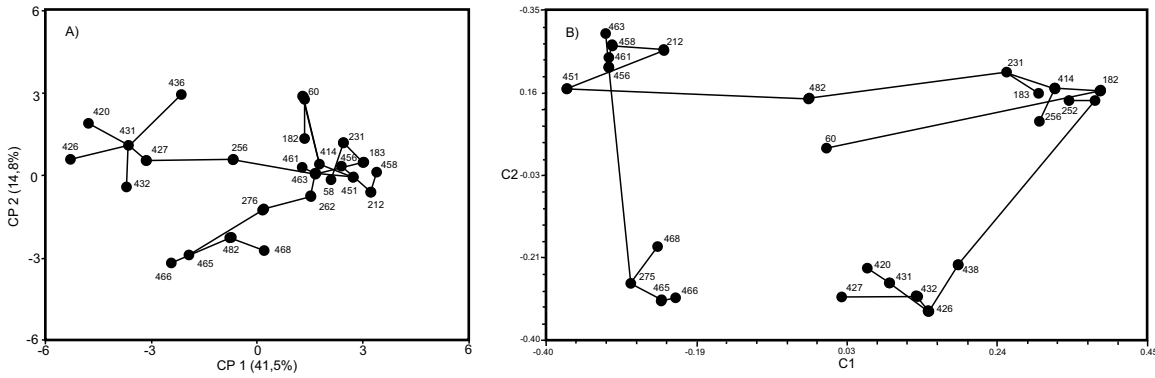


Figura 2. Ordenación de las 25 accesiones en un espacio bi-dimensional y ARM superpuesto en cada análisis, que muestra la relación entre las accesiones. A) Análisis de Componentes Principales (ACP), resultante de la caracterización morfo-fenológica; B) Análisis de Coordenadas Principales (ACoP), resultante de la caracterización molecular.

diferencia del ACP, las accesiones se ordenaron en cuatro grupos según el ambiente de origen: puna, valles secos, valles de altura (o zona de transición entre los valles) y valles húmedos orientales. Las accesiones CHEN 482 y 60 procedentes de Santa Victoria e Iruya, respectivamente, no se unieron a los grupos anteriores, sin embargo el ARM las ubicó cerca de las accesiones procedentes de los valles orientales húmedos y de los valles secos, respectivamente.

Los marcadores moleculares ofrecen una serie de ventajas por presentar mayor polimorfismo que los descriptores morfo-fenológicos clásicos, además de no estar influenciados por el ambiente pero no sustituyen la información brindada por las características morfológicas y agronómicas. En este estudio la variabilidad alélica de los loci caracterizados permitió diferenciar más las poblaciones según el ambiente de origen, no obstante los dos tipos de información tienen historias evolutivas diferentes y pueden estar mostrando facetas diferentes de la diversidad. Desde el punto de vista del mejoramiento genético, la información sobre caracteres morfológicos y agronómicos es insustituible, ya que incorpora variantes en estos caracteres que es en muchos casos el objetivo de estos programas (14)

Una vez obtenidos los resultados de las caracterizaciones por separado se aplicó el APG (Figura 3). La matriz de distancia consenso entre los elementos presentó un mejor ajuste con las distancias de las distintas caracterizaciones (r=0,40, *p*<0,0001, Euclídea; r=0,36, *p*<0,05, Prevosti). En el ordenamiento consenso las accesiones se ordenaron en cuatro grupos al igual que en el ACoP, definiendo la unión de CHEN 482 y 60 a los grupos de las accesiones procedentes de los valles de altura y de los valles secos, respectivamente. El promedio de los valores residuales del consenso fue ligeramente mayor para las accesiones procedentes de los valles secos, indicando la mayor discrepancia entre ambas caracterizaciones. La aplicación del APG en la caracterización de recursos genéticos nos permitió un análisis con un mejor grado de agrupamiento de las poblaciones en función de diferentes datos, pudiendo llegar a un consenso con variables diferentes entre sí y que evidentemente aportan información complementaria (4).

El agrupamiento de las accesiones se corresponde con los ambientes de origen del NOA, muy contrastantes entre sí: hacia el oeste la región está recorrida por cordones montañosos de la cordillera y pre-cordillera de los Andes y se presenta la Puna, una gran meseta situada a 3800 metros y una serie de mesetas de altura media (3000 a 3500 mts). El clima puneño es árido con elevada amplitud térmica, lluvias muy escasas con un gradiente cre-

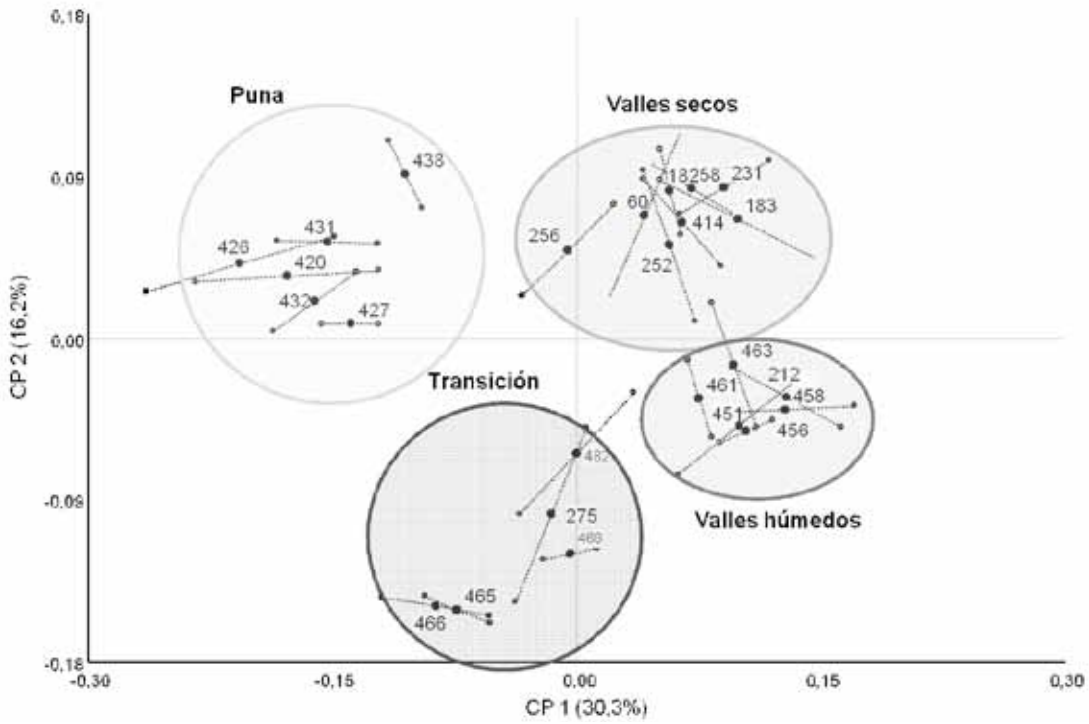


Figura 3. Ordenación consenso de las 25 accesiones según el Análisis de Procrustes Generalizado. Los puntos centrales representan la ubicación consenso para cada accesión mientras que los laterales representan los valores residuales de cada caracterización. Para una determinada accesión, la longitud del segmento es directamente proporcional al grado de discrepancia entre las caracterizaciones.

ciente en dirección sureste-noreste, el aire es seco y las heladas son frecuentes. El reborde oriental de la Puna lo compone la Cordillera Oriental, que está formada por sierras, quebradas y valles; los ríos que recorren la Cordillera Oriental fueron erosionando el terreno dando origen a las quebradas, que constituyen las vías de acceso a la Puna. Una de las más importantes es la Quebrada de Humahuaca que es el camino natural a Bolivia, surcada por el Río Grande. Las tierras agrícolas en ésta eco-región quedan enmarcadas por los ríos, donde se cultiva con y sin riego. Hacia el sur se presenta otra zona de valles secos, los Valles Calchaquíes con un clima similar a la Quebrada de Humahuaca (3). Hacia el este se encuentran los valles orientales húmedos, en el sistema de Sierras Sub-andinas, una zona de mayor precipitación respecto a los ambientes anteriores. La quinua cultivada está distribuida en todos estos ambientes (6) y, análogo a la clasificación propuesta por (16) para la quinua cultivada en Sudamérica, la estructura del germoplasma a nivel de la región del NOA se podría clasificar en grupos genéticos o ecotipos.

El análisis con variables mixtas genera resultados distintos e igualmente importantes y el uso de uno u otro dependerá de los objetivos planteados. El conocimiento de características cuantitativas de cada genotipo o grupo de genotipos en conjunto con la variabilidad molecular hace posibles estudios de asociación y optimiza el trabajo de los fitomejoradores. El agrupamiento consenso obtenido en este estudio fortalece los resultados de la estructura genética molecular del germoplasma del NOA (5) y adiciona información acerca de la variación morfo-fenológica para cada grupo de accesiones caracterizado molecularmente. La variación molecular raramente predice la variación genética cuantitativa (en particular la variación genética aditiva) (11) por lo que es conveniente tam-

bién, que las decisiones en relación a estrategias de conservación estén basadas en estudios de caracterización conjunta.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Balzarini M., Di Rienzo J. 2004. Info-Gen: Software para análisis estadístico de datos genéticos. Facultad de Ciencia Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

2- Bertero H.D., Andrade A., Velásquez B. 2005. Colección, caracterización y conservación de accesiones locales de quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd.) del Noroeste Argentino. Capítulo quínoa del proyecto INTA PE-1402: Conservación y valoración de Recursos Vegetales ex situ (ex. Plan Nacional de Recursos Genéticos No. 2166).

3- Bianchi A.R., Yañez C.E., Acuña L.R. 2005. Base de datos mensuales de precipitaciones del noroeste argentino. INTA, Salta, Argentina.

4- Bramardi S.J., Bernet P.G., Asíns M.J., Carbonell E.A. 2005. Simultaneous agronomic and molecular characterization of genotypes via the generalised procrustes analysis: an application to Cucumber. Crop Sci. 45:1603–1609.

5- Costa Tártara S.M., Manifesto M.M., Bramardi S.J., Bertero H.D. 2012. Genetic structure in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), a reflection of landscape structure in Northwest Argentina. Conservation Genetics. 13 (4): 1027 - 1038

6- Curti R.N., Andrade A.J., Bramardi S., Velásquez B., Bertero H.D. 2012. Ecogeographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from Northwest Argentina Ann. Appl. Biol. 160 (2): 114 – 125.

7- Golsberg C., Orcasitas E., Chauque J.G., Daza R. 2010. La quinua en la Región del Noroeste Argentino. Reconstrucción del conocimiento del cultivo y revalorización cultural y alimenticia. Disertación III Congreso Mundial de la Quinua. Oruro-Bolivia.

8- Gower J.C. 1975. Generalizad Procrustes Analisys. Physchometrika, 40: 33 – 51.

9- Hunziquer A.T. 1952. Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. ACME Agency, Buenos Aires.

10- IBPGR 1981. Descriptores de quinoa (*Chenopodium quinoa*). International Board of Plant Genetic Resources, Rome. 25 pp.

11- Kramer A.T. and Havens K. 2009. Plant conservation genetics in a changing world. Trends in Plant Science 14 (11): 599 – 607.

12- Mantel N.A. 1967. The detection of disease clustering and generalized regression approach. Cancer Res., 27: 209 – 220.

13- Martínez S., Gómez J.L., Brizuela L., Casimiro S., Hilal M. 2010. Reintroducción del cultivo quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en villa VIL – departamento de Belén, provincia de Catamarca. Disertación III Congreso Mundial de la Quinua. Oruro-Bolivia.

14- Peñaloza A., Valls J.F., Rosso B., Condón F. 2010. En: Estrategia en los recursos fitogenéticos para los países del cono sur. (IICA eds.) Montevideo, Uruguay. Pp. 85 – 94.

15- Rohlf F. 1989. NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system. Vs 2.0 Exeter Publ. LTD, Setauket, New York.

16- Tapia M.E., Mujica S.A. and Cañahua A. 1980. Origen, distribución geográfica y sistemas de producción de la quinua. En: I reunión sobre genética y fitomejoramiento de la quinua. PISCA-UNTAIBTA- IICA-CIID, Puno, Perú. pp. A1–A8

17- Thomas M., Dawson J.C., Goldringer I., Bonneuil C. 2011. Seed exchanges, a key to analyze crop diversity dynamics in farmer-led on-farm conservation. Genet. Resour. Crop Evol. 58: 321–338.

18- Tusell F. 2005. Análisis Multivariante. Apunte.

19- Wilson H.D. 1990. Quinua and Relatives. Economy Botany 44: 92 – 110.

20- Wright S. 1978. Evolution and the Genetics of Populations. Volúmen 4. University of Chicago Press, Chicago.

Genes candidatos: estrategia para el estudio del desarrollo del grano en quinua (*Chenopodium quinoa*)

María M. Manifesto[1], Agustín E. Cresta[2], Sabrina Costa Tartara[3], Ramiro Curti[4] y Carla M. Arizio[1]

1- INTA, Instituto de Recursos Biológicos, Buenos Aires. 2- Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Buenos Aires. 3- División Producción vegetal, Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires. 4- Laboratorio de Investigaciones Botánicas (LABIBO-CONICET), Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta. Salta.
Correo-e: mmanifesto@cnia.inta.gov.ar

INTRODUCCION

Existen diferentes definiciones según la disciplina acerca de qué es un Gen Candidato (CG). Específicamente para la genética de plantas Pflieger *et al*. (12) definen un GC como cualquier gen (alelo) con polimorfismo molecular genéticamente ligado a un *loci* mayor o QTL (Quantitative Trait Locus), o genes con polimorfismo molecular asociado estadísticamente con la variación del carácter estudiado. Los GC pueden ser genes estructurales o regulatorios de una ruta metabólica dada. La hipótesis de trabajo relacionada con esta estrategia asume que el polimorfismo molecular dentro de los genes candidatos está relacionado con la variación fenotípica. Este acercamiento a los genes ha sido utilizado con éxito en genética animal y humana (14) y a partir de los años `90 en plantas. Cuando la ruta metabólica o fisiológica relacionada con el carácter de interés se encuentra bien conocida, los GC pueden ser elegidos entre los genes clonados involucrados en dicha ruta (12); la limitante sería en este caso las secuencias disponibles en los bancos de secuencias de genes. En el caso que no existan para la especie de interés secuencias genómicas o de ARN mensajeros disponibles, secuencias de especies relacionadas pueden ser usadas para el diseño de marcadores.

La conservación de secuencias de los genes, su orden y distribución entre especies facilitan la elección de los GC. En los últimos años, la secuenciación genómica a gran escala de especies modelo como Arabidopsis thaliana, arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*) y trigo (*Triticum aestivum*) entre muchas otras, permite contar con numerosas secuencias en las bases de datos públicas. Además, la secuenciación sistemática de clones de cDNA, pone a disposición una nutrida base de datos de ESTs (expressed sequence tags). Toda esta información posibilita los análisis de mapeo comparativo, colinealidad y microsintenia.

En quinua (*Chenopodium quinoa*) aún se desconoce la secuencia y estructura de muchos genes de interés. En este trabajo planteamos la estrategia de Genes Candidatos como herramienta para el estudio de genes que codifican para enzimas involucradas en el desarrollo del grano.

La expansión del endosperma o de los cotiledones que modifica el volumen del grano en desarrollo puede ser limitada por restricciones físicas, como se ha evidenciado en cultivos como trigo, soja, avena, cebada, arroz y maíz (18). La extensibilidad de las paredes es regulada por una familia de proteínas llamadas expansinas (EXP) (11) que actúan relajando las cadenas de celulosa y hemicelulosa, permitiendo la elongación celular en respuesta a la presión de turgencia. Su papel en distintos procesos de desarrollo y fisiológicos ha sido estudiado en diversas especies

vegetales, órganos y estadios de desarrollo. Entre ellos pueden citarse el desarrollo de ápices meristemáticos, formación del xilema, abscisión, germinación de semillas y maduración de frutos, como también en la interacción planta-microorganismos (4). En granos de trigo en desarrollo se estudió su expresión, aunque su rol en el crecimiento no ha sido totalmente dilucidado (10). Las expansinas son codificadas por una super familia multigénica de 4 miembros, con más de 30 genes en el genoma de Arabidopsis y arroz: α-expansina, β-expansina, expansina tipo A y expansina tipo B. Las primeras dos están involucradas en la expansión celular y otros eventos de desarrollo, mientras de las dos últimas, aún se desconoce su función. Las expansinas contienen dos dominios importantes y su estructura génica contiene dos exones y un intrón en algunas especies vegetales, mientras que en otras especies han sido descriptos tres exones (5).

Otras proteínas que intervienen en el desarrollo de los granos son las invertasas de pared (CWI). Estas enzimas catalizan la hidrólisis irreversible de la molécula de sacarosa en fructosa y glucosa, resultando crucial para el desarrollo, el crecimiento y la partición de carbono en las plantas (8). La hidrólisis de la sacarosa aumenta la presión osmótica celular sugiriendo una posible función en la elongación celular y crecimiento de la planta. En mutantes de maíz que no expresan una invertasa de pared endospermática se demostró su papel central en la regulación del desarrollo del endosperma. En ellos el transporte de foto-asimilados hacia los granos en desarrollo se ve interrumpido y los mismos presentan un peso significativamente menor (1). Otros estudios realizados en tomate, zanahoria, poroto, cebada, arroz y arabidopsis sustentan la función que cumplen las CWI en la partición del carbono entre los órganos fuente y los destinos, interviniendo en el transporte de sacarosa a largas distancias y en la respuesta a stress biótico y abiótico (7). Las invertasas existen en tres isoformas con diferentes propiedades bioquímicas (requisitos óptimos de pH para su actividad o punto isoelectrico) y localizaciones subcelulares: invertasa de pared celular, vacuolar y citoplasmática. Presentan dos motivos aminoacídicos muy conservados: NDPN (motivo β-fructoquinasa) y WEC$^{V/P}$DF (sitio catalítico). En general, los genes de invertasas en plantas presentan una estructura similar con seis a ocho exones. El exon 2 con una longitud de solo 9 pares de bases (bp), es el exón funcional más pequeño que se conoce en el reino vegetal y codifica para tres aminoácidos (DPN) que forman parte del motivo de β-fructoquinasa (NDPN) (8). Con excepción de una invertasa de pared clonada de zanahoria (13) es una secuencia altamente conservada en el reino vegetal.

El objetivo de nuestro trabajo fue utilizar la estrategia de genes candidatos para investigar el grado de homología de genes determinantes de peso de grano, como las expansinas y las invertasas de pared, entre quinua y otras especies y el grado de polimorfismo de las secuencias amplificadas en los genotipos estudiados. A través de la genética comparativa es posible verificar la homología con secuencias que pertenecen a rutas metabólicas muy conservadas y cuya funcionalidad es conocida.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó una búsqueda de secuencias genómicas codificantes para expansinas e invertasas de pared celular en la base de datos de Genbank, NCBI (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank). Se diseñaron oligonucleótidos sobre las regiones codificantes a partir de las secuencias disponibles en bases de datos públicas de mRNAs de *Chenopodium quinoa, Chenopodium rubrum*, genómica de *Oryza sativa* y *Beta vulgaris* utilizando el programa Primer3, (http://biotools.umassmed.edu/bioapps/primer3_www.cgi).

Se aisló DNA de 20 genotipos de *Chenopodium quinoa* mediante el protocolo de Dellaporta *et al*. modificado (6).

Las reacciones de amplificación se llevaron a cabo en un volumen de 10 microlitros (µl), utilizando 0.5 unidades (U) de enzima Taq DNA polimerasa (0.5 U), buffer de PCR 1x, Mg++ 1.5 mM, 200 nM, dNTP, 200 nM de cada oligonucleótido, y 20 ng de templado de ADN. La amplificación por PCR se llevó a cabo en un termociclador MJ research, Inc. Las condiciones de ciclado utilizadas fueron: 1 ciclo 94 °C 2 min, 30 ciclos de 94 °C 30 seg, 56 °C 30 seg, 72 °C 1 min seguidos de 1ciclo 72 ºC 5 min.

Los productos de PCR se visualizaron con luz ultravioleta en geles de agarosa al 1.5% p/v teñidos con Bromuro de Etidio. Las bandas fueron aisladas y purificadas mediante un kit comercial (Wizard, Promega) y fueron secuenciadas en ambos sentidos (ABI3130XL, Applied Biosystems).

Las secuencias fueron analizadas y curadas manualmente utilizando el programa BioEdit. La identidad de las mismas fue corroborada mediante BLAST/ NCBI. El alineamiento de secuencias se realizó mediante CLUSTALW y CLUSTALX (17) (http://www.genome.jp/tools/clustalw) y se procedió a la identificación de las variantes alélicas. Se determinó la posición de intrones a partir del alineamiento con la secuencia genómica y confirmada mediante el programa Netgen2 (http://www.cbs.dtu.dk/services/NetGene2).

RESULTADOS y DISCUSION

Expansinas

Se halló una secuencia de un mensajero parcial de expansina de *Chenopodium quinoa,* provienente de una genoteca de expresión (cDNA) de semilla inmadura (2). Este mensajero presenta alta homología (e-value $4e^{-58}$) con la secuencia del exon 2 del gen de α–expansina de arroz (AF394543.1). A partir de esta secuencia se diseñaron dos pares de oligonucleótidos para la amplificación del gen completo en quinua (EXP1 para la amplificación del exon 1 y EXP2 para la amplificación del exon 2).

Se amplificó exitosamente la región correspondiente al segundo exón, mientras que el oligonucleótido EXP1 no generó productos de amplificación. Con EXP2 se obtuvieron 3 fragmentos. Los mismos fueron purificados y secuenciados. El fragmento más grande, presente en todos los genotipos, fue alineado con *Oryza* y evidencia una inserción de 110 pb, que tampoco está presente en el mensajero de *Chenopodium quinoa* (Figura 1).

Dal Santo *et al*. (5) propone la estructura de expansinas con dos intrones y señala que en algunas especies el intrón 2 de las α–expansinas se perdió. En la secuencia de quinua analizada, la inserción detectada de 110bp podría corresponder al intrón 2. Esta suposición se basa en la ausencia de esta región en el ADN genómico de *Oryza sativa* y en el mensajero de EST de *Chenopodium quinoa*,

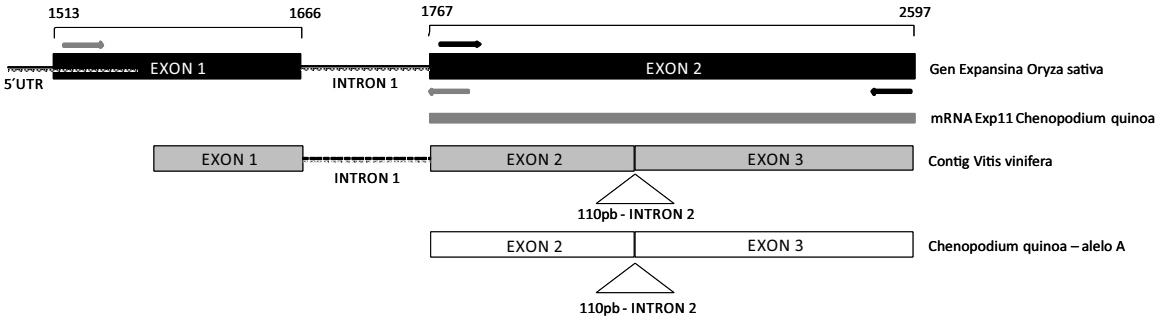


Figura 1. Estructura del gen expansina para *Oryza sativa, Vitis vinifera* y *Chenopodium quinoa*. Las flechas indican zonas de apareamiento de los primers diseñados. Los bloques corresponden a los exones, las líneas a los intrones

y en la identificación de sitios de splicing característicos de intrones detectados en la inserción.

Originalmente las expansinas se clasificaron en dos subfamilias basadas en la especificidad de sustrato y en la similitud de secuencias (15). Posteriormente análisis de secuencias genómicas, especialmente el patrón de intrones, evidenciaron que se trataba de familias multigénicas con subfamilias. La detección de tres genotipos que amplificaron dos fragmentos adicionales de menor tamaño, con una deleción respecto al fragmento principal pero idéntico en secuencia podría corresponderse con pseudogenes, como han sido descriptos para otras especies. Li *et al*. (9) identifica en Arabidopsis pseudogenes basados en duplicaciones o en la interrupción del marco de lectura.

región correspondiente al dominio 1 incluyendo la α- inserción y la α-deleción que son propias de la familia de α-expansinas (Figura 2). Las expansinas están compuestas en promedio por 250-275 aminoácidos. Poseen un dominio N-terminal de 20 aminoácidos, que funciona como péptido señal de unión a pared celular y dos dominios principales. Uno de ellos es homólogo a la familia 45 de glycoside hydrolase (dominio1) aunque su actividad no ha sido confirmada, y otro de unión a los polisacáridos de la pared celular (dominio 2).

Las α-expansinas en Arabidopsis representan la familia más numerosa con 26 miembros. La conservación de secuencias a través de distintas familias, géneros y especies sugiere la conservación en su función (Figura 3).

Figura 2 Secuencia aminoacídica (parcial) de las EXPA, EXPB, EXLA, EXLB correspondientes a las α, β, simil-α, simil-β expansinas respectivamente y la secuencia obtenida para quinoa.

No se observó variabilidad entre las secuencias de los genotipos de quinua analizados, por lo cual a esta región no puede atribuírsele asociación con el tamaño de grano.

La comparación de las secuencias amplificadas correspondientes al exon 2 contra bases de proteínas permitió identificar el motivo característico HFD de las α y β expansinas (3). Este motivo se ubica en la región cercana al centro de la proteína madura. Se identificó la

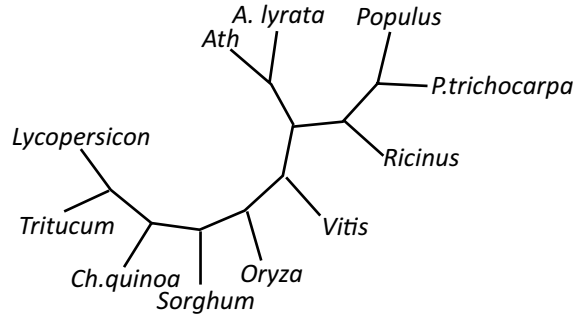


Figura 3. Filogenia de secuencias de expansinas a través de distintas familias, géneros y especies

Invertasas de pared

Utilizando la herramienta BLAST se identificó una secuencia correspondiente al mensajero del gen de invertasas de pared de *Chenopodium rubrum* (X81792.1) y la secuencia genómica del gen cwiwit de *Beta vulgaris* (AJ277458.1). A partir del alineamiento se corroboró la existencia de 7 exones. En general las invertasas de plantas presentan una estructura similar y contienen entre seis a ocho exones (16).

Se diseñaron tres pares de oligonucleótidos para la amplificación del gen completo: CWI1 para amplificar el exón 1, exón 2 y región 5`del exón 3; CWI2 para amplificar los exones 3, 4 y parte del 5; CWI3 para amplifi-

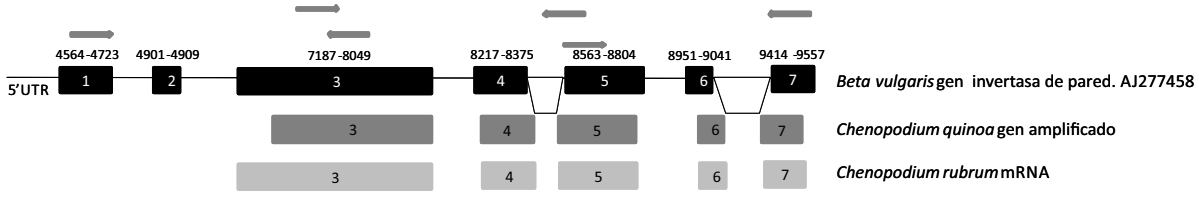
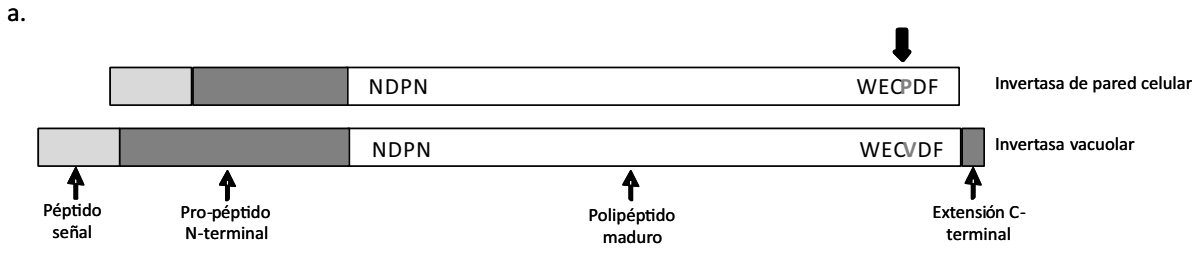


Figura 4 Estructura del gen de invertasa de pared. Las flechas indican zonas de apareamiento de los primers diseñados. Los bloques corresponden a los exones. Las líneas a los intrones.



b.

```
G.max          NQPYRTAYHFQPPNNWINDPNGPLRYGGLYHLFYQYNPKGAVWGN--IVWWECPDFFPVL
V.faba         NQPYRTGYHFQPPKNWINDPNGPLIYKGVYHLFYQYNPKGAQWGN--IVWWECPDFFPVL
Pisum          HQPYRTAYHFQPLKNWINDPNGPMRYGGFYHLFYQYNPKGAVWGN--IVWWECPDFYPVL
Malus          TEPYRTGYHFQPPKNWINDPNGPLIYKGIYHLFYQYNPKGVVWGN--IVWWECPDFFPVS
Fragaria       KDPYRTGYHFQPRKNWINDPNGPLIYKGIYHLFYQYNPSSVVWGN--IVWWECPDFFPVS
T.cacao        NQPYRTGYHFQPPKNWINDPNGPMVYKGLYHLFYQYNPKGAVWGN--IVWWECPDFFPVS
Manihot        TQPYRTAYHFQPSKNWMN---GPMIYKGIYHLFYQYNPKGAVWMWGSIVWWECVDFFPVS
Ricinus        GQPYRTAFHFQPPKNWMN---GPMIYNGIYHLFYQYNPKGAVWGN--IEWWECPDFFPVA
R.dentatus     DQPYRTAYHFQPPKNWINDPNAPLVYKGIYHLFYQQNPQGANWIQ-QIVWWECPDFYPVY
Oxybasis       NQPYRTAYHFQPRKNWINDPNGPMLFKGIYHLFYQYNPNGVKLRG-PPVWWECPDFFPVY
Ch.quinoa      ----------------------------------------------WECPDFFPVY
Beta           ----------------------------------------------WECPDFFPVY
C.melo         ----------------------------------------------WECPDFFPVA
                                                              *** **:**

G.max          SN--GQLGVDTSVN-GEYVRHVLKVSLDDKKHDYYMIGSY
V.faba         KN--GIKGVDTSLN-DDYVRHVLKVSLDDKKHDYYLIGSY
Pisum          DKNLLRTGVDTSRNGDDDVRHVLKVSLDDTKHDHYLIGSY
Malus          IH--GQNGLDSSEN-GPAVKHVLKASLDNTKHEYYTIGTY
Fragaria       KT--KLLGLDTSAI-GPDVKHVLKVSLDNTRKEYYTIGTY
T.cacao        VR--GQNGVDISVN-GPFVKHVLKVSLDDTKHEYYTLGSY
Manihot        VN--SSVGVDLQML-RSNIKYVFKASLDDTKHDYYTVGEY
Ricinus        IN--TNTGVDLSNL-GPDIKYVLKASLFDINQDYYAIGEY
R.dentatus     RN--GALGADTSLI-GPNVKHVLKVSLFDTQHEYYTVGMY
Oxybasis       KNG-NTMGIDTSVI-GPNIKHVLKVSLDVSKHDVYTIGGY
Ch.quinoa      AN-GNTMGVDTSII-GRNVKHVLKVSLDVSKHDVYTIGGY
Beta           AN-GDQMGVDTSII-GSHVKHVLKNSLDITKHDIYTIGDY
C.melo         KT-GR-SGVDTTMS-GKNTKHVLKISLDDTKHDVYTIGTY
                  * *         ::*:* **   .:: * :* *
```

Figura 5. Representación esquemática de invertasas de pared y vacuolar. a) Secuencia peptídica NDPN y WECV/PDF representa el motivo β-fructoquinasa y el sitio catalítico, respectivamente. Flecha negra indica el aa que diferencia invertasa de pared de las vacuolares. Diagrama adaptado de Fotopoulos (2005). b) Alineamiento de secuencia aminoacídico indicando los motivos. (*) aa idénticos; (:) un cambio de aa; (.) dos o tres cambios de aa.

car la región 3` del exón 5 y los exones 6 y 7 (Figura 4).

CWI1 no generó productos de amplificación mientras que CWI2 y CWI3 amplificaron las regiones esperadas. Las secuencias nucleotídicas obtenidas presentan una homología del 90% ($3e^{-145}$) con el mensajero de CIN1 de *Chenopodium rubrum* para invertasa extracelular y del 85% ($6e^{-22}$) con el mensajero parcial de *Beta vulgaris* para invertasa (cwi1 gene). Las secuencias amplificadas muestran la presencia de intrones más cortos que los que presenta el gen en *Beta vulgaris* y no presentan homología de secuencia. Al igual que para las expansinas no se observó variabilidad entre los genotipos de *C. quinoa* analizados, por lo cual a esta región no puede atribuírseles asociación con el tamaño de grano. Es necesario explorar otras regiones del gen.

Mediante la comparación de las secuencias amplificadas contra bases de proteínas se identificó el motivo de cisteína altamente conservado WEC$^{V}/_{P}$DF. Este motivo presenta una Prolina (P) en el sitio catalítico que es característico de las invertasas de pared (19). Esta región junto con el motivo NDPN cumple una función importante en la conformación enzimática o su actividad catalítica (8). También fue identificado el dominio conservado GH32 (glycosil hydrolase family) y el sitio catalítico característico de las invertasas acidas ubicado en el exón 3. Se observa una alta similitud de secuencia entre diferentes especies, mostrando también una alta conservación de este gen (Figura. 6)

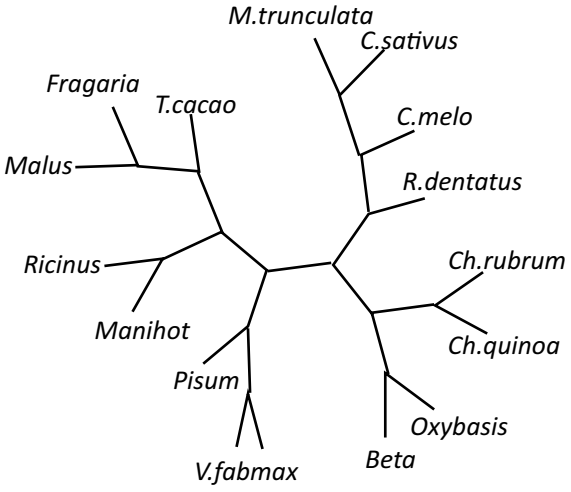


Figura 6. Filogenia de secuencias de invertasas de pared a través de distintos familias, géneros y especies

CONCLUSIONES

La estrategia de Genes Candidatos resultó exitosa para detectar las secuencias homólogas al gen de expansina y de invertasas de pared en quínua. Se pudo evaluar el grado de homología con las especies modelo utilizadas y explorar la diversidad alélica presente en los genotipos evaluados. El siguiente paso será rediseñar oligonucleótidos para explorar las regiones 5`y 3`de estos genes que muestran mayor variabilidad de secuencia con respecto a otras especies. La obtención de las secuencias completas permitirán realizar estudios de expresión y comprender las relaciones filogenéticas con otras especies.

Nota: parte de estos resultados fueron presentados en el Congreso Internacional de Quinua Ecuador 2013

BIBLIOGRAFIA CITADA

1- Cheng W.H., Taliercio E.W., Chourey P.S. 1996. The miniature1 seed locus of maize encodes a cell wall invertase required for normal development of endosperm and maternal cells in the pedicel. Plant Cell 8:971–983.

2- Coles N.D., Coleman C.E., Christensen S.A., Jellen E.N., Stevens M.R., Bonifacio A., Rojas-Beltran J.A., Fairbanks D.J., Maughan P.J. 2005.Development and use of an expressed sequenced tag library in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for the discovery of single nucleotide polymorphisms Plant Sci. 168 (2): 439-447.

3- Cosgrove D.J. 1999. Enzymes and other agents that enhance cell wall extensibility. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50:391–417.

4- Cosgrove D.J. Loosening of plant cell walls by expansins. 2000. Nature 407:321-326.
5- Dal Santo S., Vannozzi A., Tornielli G.B., Fasoli M., Venturini L. 2013 Genome-Wide Analysis of the Expansin Gene Superfamily Reveals Grapevine- Specific Structural and Functional Characteristics. PLoS ONE 8(4):e62206. doi:10.1371/journal.pone.0062206..
6- Dellaporta; Wood; Hicks. 1983. A plant DNA minipreparation: version II. Plant Molecular Biology Reporter 1(14):19-21.
7- Fotopoulos V. 2005. Plant invertases: structure, function and regulation of a diverse enzyme family Journal of Biological Research 4:127–137.
8- Goetz M., Roitsch T. 2000. Identification of amino acids essential for enzymatic activity of plant invertases. Journal of plant physiology, 157:581-585.
9- Li Y., Darley C.P., Ongaro V., Fleming A., Schipper O. 2002. Plant expansins are a complex multigene family with an ancient evolutionary origin. Plant Physiol 128:854–864.
10- Lizana X.C., Riegel R., Gomez L.D., Herrera J., Isla A., McQueen-Mason S.J. and Calderini D.F. 2010. Expansins expression is associated with grain size dynamics in wheat (*Triticum aestivum* L.) J. Exp. Bot. 61(4):1147-1157.
11- McQueen-Mason S.J., Durachko D.M., Cosgrove D.J. 1992. Two endogenous proteins that induce cell-wall extensión in plants. Plant Cell 4:1425–1433.
12- Pflieger S., Lefebvre V., Causse M. 2001. The candidate gene approach in plant genetics: a review. Mol. Breed. 7:275–291.
13- Ramloch-Lorenz K., Knudsen S., Sturm A, 1993. Molecular characterisation of the gene for carrot cell wall β-fructosidase. The plant journal, 4: 545-554
14- Rothschild M.F. and Soller M. 1997. Candidate gene analysis to detect traits of economic importance in domestic livestock. Probe 8:13–22.
15- Sampedro J. and Cosgrove D.J. 2005 Protein family review The expansin superfamily Genome Biology. 6,(12). Article 242 http://genomebiology.com/2005/6/12/242.
16- Sturm A. 1999. Invertases. Primary structures, functions, and roles in plant development and sucrose partitioning. Plant Physiol. 121:1–8.
17- Thompson J.D., Gibson T.J., Plewniak F., Jeanmougin F., Higgins D.G. 1997. The CLUSTAL_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Nucleic Acids Res. 25(24):4876-82.
18- Tymowska-Lalanne Z., Kreis M., 1998. The plant invertases: physiology, biochemistry and molecular biology. Advances in botanical research. 28:71-117.
19- Ugarte C., Calderini D.F., Slafer G.A. 2007. Grain weight and grain number responsiveness to pre anthesis temperature in wheat, barley and triticale. Field Crops Research 100:240-1248.

Estudio de las propiedades nutricionales de 21 accesiones de quinua del Noroeste Argentino

Silvina M. Vidueiros[1], Héctor D. Bertero[2] y Anabel N. Pallaro[1]
1-Cátedra de Nutrición. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires.
2-Cátedra de Producción Vegetal. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
Correo-e: simavidu@ffyb.uba.ar

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un cultivo ancestral típico originario de la región andina de América del Sur (23). La quinua es una planta herbácea anual que tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Es uno de los pocos cultivos que se desarrolla sin muchos inconvenientes en condiciones extremas de clima y suelos (15).
Este pseudocereal ha desempeñado un papel importante en la dieta y cultura de las civilizaciones prehispánicas por su alto valor nutritivo. Luego de la llegada de los españoles la producción de la quinua fue reducida casi por completo y, en consecuencia, fue reemplazada por cereales como el trigo y la cebada, a pesar de constituir un alimento básico y tradicional de los indígenas (15, 23).
En la actualidad, se pueden encontrar numerosas variedades en Bolivia, Ecuador, Perú, Chile y la región noroeste de Argentina.
La quinua ha sido reconocida mundialmente como un grano de gran valor nutritivo debido al alto contenido de proteínas, que varía entre 12 a 20 %, y la buena calidad de las mismas en cuanto a su contenido de aminoácidos esenciales (9, 23). Asimismo presenta un contenido de grasa desde 2% a 10% y se ha reportado que constituye una buena fuente de ácidos grasos esenciales y de minerales (3, 14, 17,19).
Debido al alto grado de interés que existe actualmente en la recuperación de este cultivo, se está llevando a cabo en diferentes países la colección y generación de bancos de germoplasma.
Este estudio forma parte de un proyecto para caracterizar el germoplasma nativo de quinua del Noroeste Argentino (NOA) cuya meta es sentar las bases para esfuerzos futuros de mejoramiento, adaptación de variedades y comercialización de esta especie. Este proyecto analiza descriptores morfológicos, patrones de interacción genotipo/ambiente, desarrollo según temperatura y fotoperíodo y las propiedades nutricionales de las accesiones del NOA.
Dada la posibilidad de que la quinua vuelva a ser un cultivo importante para los pequeños agricultores de la región, es necesario generar conocimiento sobre el mismo, en particular la evaluación de su valor nutricional.
El objetivo del presente trabajo es evaluar las propiedades nutricionales de diferentes poblaciones de quinua del Noroeste Argentino a través de la composición centesimal, el perfil de ácidos grasos y el contenido total de Fe y Zn y su dializabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Semillas de quinua

Se realizó la caracterización nutricional en 21 poblaciones originarias de quinua de diferentes zonas de las provincias de Salta y de Jujuy.
Las características geográficas, tales como la región, provincia, latitud, longitud y altitud, se tuvieron en cuenta para la recolección de cada accesión de quinua. Accesión es el nombre dado a una muestra conservada en

un banco de semillas y estas muestras originaron el proyecto de colección y caracterización de germoplasma nativo de quinua que está siendo llevado a cabo por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Las semillas fueron recolectadas de los campos de los agricultores y se multiplicaron en la localidad de Calete (23º 12 'S, 65º 20'W; 2.939 msnm) del departamento de Humahuaca en la provincia de Jujuy, durante la temporada de crecimiento 2007-2008.

Composición centesimal

La composición centesimal se realizó utilizando los métodos mencionados a continuación: humedad por AOAC N° 925.09, cenizas por AOAC N° 923.03, proteínas por AOAC N° 984.13 y grasas por AOAC N° 930.09 (2). El factor utilizado para transformar % de nitrógeno en % de proteína fue de 6,25.

El contenido de fibra dietaria total (FDT) se determinó sobre semillas secas y desgrasadas utilizando el método AOAC N° 985.29 adoptado por el kit comercial Megazyme® (10).

El porcentaje de hidratos de carbono se calculó a través de la siguiente fórmula: % de carbohidratos = 100 - (% humedad + % cenizas + % proteínas + % grasas + %fibra dietaria total).

Perfil de ácidos grasos

Se determinó por cromatografía gaseosa utilizando un equipo Hewlett Packard 6890 con detector FID y una columna capilar de 30 metros de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,1 µm de espesor de film (Chrompack CP SIL 88). El perfil de ácidos grasos de cada una de las muestras se obtuvo por comparación de los tiempos de retención relativos de cada uno de ellos respecto de estándares comerciales (NuCheck prep) (21).

Contenido total de hierro y zinc y su dializabilidad

La dializabilidad de hierro (FeD%) y zinc (ZnD%) fue evaluada con la técnica de Miller et al (11) modificada por Wolfgor *et al* (24). Brevemente, se trata de un método in vitro que bajo condiciones de pH controladas y luego de una digestión con enzimas simulando el proceso fisiológico, mide la dializabilidad en el equilibrio, lo que constituye un índice de la biodisponibilidad mineral potencial.

Por otra parte, se cuantificaron los minerales por espectrometría de absorción atómica, previa mineralización nitro-perclórica de las muestras.

RESULTADOS

La composición centesimal de las 21 accesiones de quinua del NOA evaluadas se muestra en la tabla 1.

Por otra parte, en la figura 1 se presenta el perfil de ácidos grasos obtenido para las variedades de quinua estudiadas.

Los resultados indican que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) representan el 83%; mientras que los ácidos grasos saturados constituyen el 17%, principalmente a expensas del ácido palmítico (C16:0) con un 14,5%.

Tabla 1. Composición centesimal (g% base seca) de 21 variedades de quinua del NOA

	Valor promedio	Desvío Estándar	Rango
Humedad	9,3	0,6	8,3 – 10,8
Proteínas	16,8	0,9	14,5 – 18,2
Cenizas	4,7	0,7	3,6 – 6,5
Grasa	5,9	0,7	4,7 – 7,1
Fibra dietaria total	12,1	2,1	7,8 – 16,0
Hidratos de carbono	51,4	2,4	46,6 – 57,4

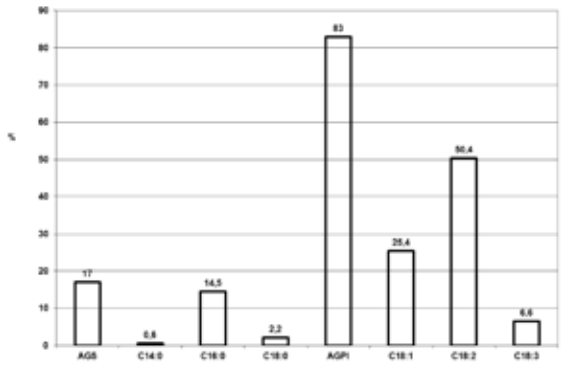


Figura 1. Perfil de ácidos grasos, expresado en g%, de las 21 poblaciones de quinua del NOA.

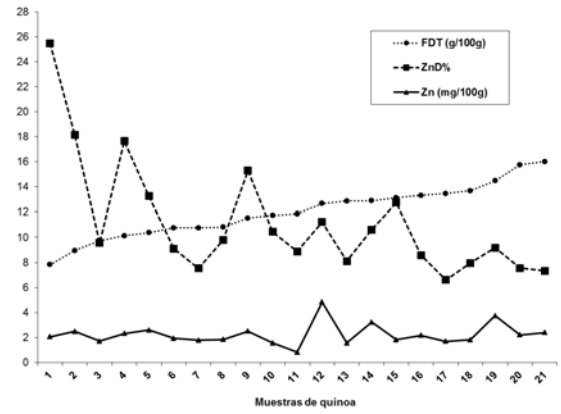


Figura 2. Relación entre FDT, FeD% y Fe. Las muestras de quinua se encuentran ordenadas según los valores crecientes de FDT.

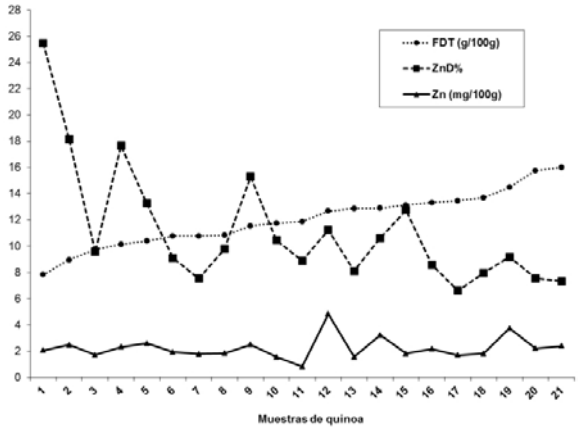


Figura 3. Relación entre FDT, ZnD% y Zn. Las muestras de quinua se encuentran ordenadas según los valores crecientes de FDT.

El ácido oleico (C18:1) representó el 25,4% del total de los ácidos grasos. Además, las semillas de quinua del NOA resultaron ser una rica fuente de ácidos grasos esenciales dado que el ácido linoleico (C18:2) correspondió al 50,4% y el ácido linolénico (C18:3) se encontró en un 6,6%.

Asimismo, el índice de poliinsaturación AGPI/AGS fue de 5,3, mientras que la relación w6/w3 fue 8,6.

Por otra parte, en las 21 poblaciones de quinua de la región noroeste de nuestro país se estudió tanto el contenido total de hierro y de zinc como la biodisponibilidad potencial de ambos, evaluada a través de la determinación de la dializabilidad (Tabla 2).

Analizando la relación entre fibra dietaria total y la dializabilidad se observa que la FeD% disminuye a medida que el contenido de FDT aumenta, independientemente del contenido total de Fe. El mismo comportamiento se repite para el Zn (Figuras 2 y 3).

DISCUSIÓN

Como fue mencionado previamente, este estudio forma parte de un proyecto que caracteriza el germoplasma nativo de quinua de la región noroeste de Argentina. Curti *et al* (6) describieron variaciones en los rasgos morfológicos y fenotípicos entre 34 accesiones de germoplasma de quinua recogidas en diferentes zonas ecogeográficas a lo largo de la región del NOA. Asimismo, Costa Tártara *et al* (20) demostraron que existe un gran nivel de diversidad genética en estas mismas accesiones de quinua, a diferencia de lo reportado en trabajos anteriores sobre la dis-

Tabla 2. Contenido total de Fe y Zn (mg/ 100 g base seca) y FeD% y ZnD% en las 21 accesiones de quinua del NOA

	Fe	FeD%	Zn	ZnD%
Valor promedio ± Desvío Estándar	2.5± 1.9	13.4±3.4	2.5±0.9	19.2±4.6
Rango	(0.6-5.8)	(9.6–22.8)	(0.9–5.3)	(6.6-25.5)

tribución geográfica de la variabilidad de la quinua.

En este trabajo se estudian las propiedades nutricionales de 21 poblaciones de quinua diferentes de NOA a través del análisis de la composición centesimal, el perfil de ácidos grasos y el contenido mineral.

En cuanto al contenido proteico de la quinua, han sido reportados en la bibliografía valores que oscilan entre el 12 y el 23% (1, 7, 19). En nuestro estudio, se observó que el contenido de proteínas promedio en quinuas de NOA fue 16,8 %. De esta manera, en comparación con otros cereales, el valor hallado es mayor que el de la cebada (10,2 %), el del arroz (6,9 %) o el del maíz (9,5 %) y comparable con el del trigo (12,4 %) (22).

En los pseudocereales, tales como la quinua, la fracción proteica principal corresponde a la albúmina y las globulinas (44-77 % de la proteína total). La quinua se considera que es un grano naturalmente libre de gluten, ya que contiene muy poco o nada de prolaminas (23). Por este motivo, los alimentos elaborados con quinua son aptos para personas con enfermedad celíaca. Sin embargo, las personas celíacas no deben consumir alimentos supuestamente aptos, que se expenden al detalle, por la posible contaminación cruzada que puede darse en los comercios (8).

Por otra parte, varios estudios han revelado que el contenido de grasas en la quinua varía de 1,8 a 9,5 %, con un promedio de 5,7 % (1,3), lo cual es similar a nuestros resultados. Dicho contenido es mayor al del maíz (0,9 %) y menor que el de la soja (24,2 %) (22).

El contenido de carbohidratos de la quinua de NOA es comparable a la de la cebada y el arroz (1, 22). Sin embargo, el contenido de cenizas promedio hallado en las accesiones de quinua del NOA (4,7 %) es mayor que el reportado por otros autores (7, 18, 19).

La composición de ácidos grasos de las accesiones de quinua de NOA es similar al descripto por la bibliografía internacional: 12-19 % de AGS, principalmente ácido palmítico; 25-29 % de ácidos monoinsaturados totales, principalmente ácido oleico y 52-63 % de AGPI, de los cuales el 90% corresponde a ácido linoleico (1). El perfil de ácidos grasos de las semillas de quinua es similar al maíz y el aceite de soja (1, 7). De esta manera, la fracción lipídica de las accesiones de quinua de NOA podría ser considerada muy nutritiva basado en el hecho de que tiene un alto grado de insaturación, con una relación AGPI/AGS de 5,3, y un alto contenido de ácido linoleico y linolénico, con un índice w6/w3 de 8,6.

De acuerdo a los datos reportados por la literatura, la quinua es una buena fuente de minerales. Según lo indicado por Koziol (7) y Repo - Carrasco *et al* (16), los granos de quinua contienen grandes cantidades de Ca, Fe, Zn, Cu y Mn. Ruales y Nair (18) también informaron altas cantidades de hierro (81 mg / kg) y de calcio (874 mg / kg) en quinua.

En nuestro caso, el contenido de Fe y Zn encontrado en las accesiones del NOA fue más bajo que el reportado por otros autores. Sin embargo, el valor promedio de estos minerales observado en nuestro estudio es similar al señalado por Cervilla *et al* (4) para semillas de quinua de la provincia de Salta. Además, el 43% de las accesiones de quinua de NOA presentó datos consistentes con los valores reportados por las tablas de composición de alimentos de Bolivia y Perú (12, 13).

Del mismo modo, se evaluó la dializabilidad de Fe y Zn, como marcador de biodisponibilidad potencial, en las 21 poblaciones de quinua estudiadas. Según nuestros hallazgos, la FeD% y ZnD% promedio oscila entre un 13 y 11%, respectivamente. Además, se confirmó una relación inversa entre la dializabilidad de estos minerales y el contenido de fibra dietaria total. Tal lo esperado, las accesiones de quinua con bajo contenido de FDT mostraron mayor dializabilidad mineral.

No se habían desarrollado hasta el momento estudios descriptivos de características fenotípicas, de diversidad genética o nutricional de las accesiones de quinua del NOA, y

sólo unas pocas accesiones fueron incluidas en trabajos anteriores (5) pero que no eran representativas de la variabilidad observada en la región. Finalmente, podemos afirmar que el germoplasma nativo de quinua de Argentina es sumamente diverso y presenta variaciones en función al entorno de origen. En este estudio, se puede observar que las accesiones de quinua de la región noroeste de nuestro país presentan un amplio rango de variabilidad en las propiedades nutricionales.

CONCLUSIONES

El presente trabajo aporta información sobre el valor nutricional del germoplasma nativo de quinua argentino que no había sido colectado ni caracterizado hasta el momento.
La determinación de las propiedades nutricionales de las diferentes accesiones de quinua de NOA permitiría obtener datos de los cultivos nativos y establecer diferencias y similitudes con otros de diferentes zonas de América Latina. El análisis de la composición química muestra similitudes con cultivos de quinua de otros países productores, como Bolivia y Perú.

Agradecimientos
Este estudio se encuentra financiado por la Universidad de Buenos Aires a través de los proyectos UBACYT 20020100100255 y 20620100100014. Los autores agradecen a la Dra. Ángela Zuleta, el Dr. Luis Dyner, la Bioq. Julieta Binaghi y la Bioq. Graciela Peterson por su colaboración técnica en las determinaciones realizadas.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1- Abugoch James LE. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. Advances in Food and Nutrition Research 58:1-31.
2- Association of Official Analytical Chemist. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th edition. Vol. I y II. Inc. Gaithersburg, Maryland, USA.
3- Bhargava A., Shukla S., Ohri D. 2006. *Chenopodium quinoa*: an Indian perspective. Industrial Crop and Products 23:73-87.
4- Cervilla N., Mufari J., Calandri E., Guzmán C. 2012. Determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinoa de origen argentino. Evaluación de su calidad proteica. Actualización en Nutrición 13 (2): 107-113.
5- Christensen S., Pratt D., Pratt C., Nelson P., Stevens M., Jellen E., Coleman C., Fairbanks D., Bonifacio A., Maughan P. 2007. Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. Plant Genetic Resources 5: 82–95.
6- Curti R., Andrade A., Bramardi S., Velasquez B., Bertero H. 2012. Eco-geographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from Northwest Argentina. Annals of Applied Biology 160: 114–125.
7- Koziol M. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Journal of Food Composition and Analysis 5:35–68.
8- Lopez L., Dyner L., Vidueiros S., Pallaro A., Valencia M. 2010. Determinación del contenido de gliadinas en alimentos elaborados con amaranto, quínoa y/o chía. Revista Chilena de Nutrición 37(1): 80-86.
9- Matiacevich S.B., Castellion M.L., Maldonado S.B., Buera M.P. 2006.Water-dependent thermal transitions in quinoa embryos. Thermochimica Acta 448: 117–122.
10- Megazyme.2011. Disponible en: http://secure.megazyme.com/files/BOOKLET/KTDFR_1205_DATA.pdf. Fecha de consulta: Enero 2014.
11- Miller D., Schricker B., Rasmussen R., Van Campen D. 1981. An in vitro method for estimation of iron availability from meals. American Journal of Clinical Nutrition 34: 2248–2256.
12- Ministerio de Salud y Deportes. 2005. Tabla Boliviana de Composición de Alimentos (4° Edición). La Paz, Bolivia.
13- Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Sa-

lud. 2009. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (8° Edición). Lima, Perú.
14- Ogungbenle HN. 2003. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition 54(2): 153 – 8.
15- PROINPA. 2011. La quinoa: Cultivo Milenario para contribuir a la Seguridad Alimentaria Mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2011/cultivo_quinua_es.pdf. Fecha de consulta: Enero de 2014.
16- Repo-Carrasco R., Espinoza C., Jacobsen S. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International 19: 179–189.
17- Risi J., Galwey N. 1984. The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. Advances in Applied Biology 10: 145 – 216.
18- Ruales J., Nair B. 1992. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) an important Andean food crop. Archivos Latinoamericanos en Nutrición 42 (3): 232 – 241.
19- Ruales J., Nair B.M. 1993. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. Food Chemistry 48: 131–136.
20- Costa Tartara S., Manifesto M., Bramardi S., Bertero H. 2012. Genetic structure in cultivated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), a reflection of landscape structure in Northwest Argentina. Conservation Genetics 13:1027–1038.
21- Tavella M., Peterson G., Espeche M., Cavallero E.,Cipolla L., Perego L., Caballero B. 2000. Trans fatty acid content of a selection of foods in Argentina. Food Chemistry 69: 209-213.
22- Universidad Nacional de Luján. 2010. Tablas de Composición de Alimentos. Argentina. Disponible en: http://www.unlu.edu.ar/~argenfood/Tablas/Tabla.htm. Fecha de consulta: Enero 2014.
23- Valencia-Chamorro S.A. 2003. Quinoa. In: Caballero B.: Encyclopedia of Food Science and Nutrition. (Luiz Trugo and Paul M. Finglas, eds). Academic Press, Amsterdam. pp. 4895–4902.
24- Wolfgor R., Drago S., Rodríguez V., Pellegrino N., Valencia M. 2002. In vitro measurement of available iron in fortified foods. Food Research International 35: 85–90.

Artrópodos presentes en la quinua en el valle inferior del Río Colorado, Buenos Aires, Argentina

Arturo Dughetti[1], Diego Carpintero[2], Fernando Navarro[3], Rubén La Rossa[4], Daniel Aquino[5], Juan Martínez[2] y Alberto Zárate[1]

1- INTA EEA Hilario Ascasubi, Buenos Aires. 2- CONICET, División Entomología, Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", C.A.B.A. 3- INSUE, CONICET, Fac. de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Tucumán. 4- IMYZA, CNIA, CICVyA, INTA Castelar, Buenos Aires. 5- División Entomología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Buenos Aires.
Correo-e: dughetti.arturo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

Estudios arqueológicos indican que la quinua (*Chenopodium quinoa*) era conocida desde hace unos 7000 años por los pueblos originarios andinos de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, norte de Chile y NO de la Argentina para su uso doméstico y conservación, por sus propiedades alimenticias y medicinales (4). La quinua es un cultivo que ha perdurado a través de los siglos como alimento base de esos pueblos; extendiéndose hoy día en todo el mundo por sus bondades alimenticias y su adaptabilidad a distintos climas y suelos.

Se han seleccionado ecotipos en Canadá, Estados Unidos, Dinamarca, Francia, Inglaterra y China, adaptados a sus propias condiciones climáticas y de suelo (com. pers J. Rivas). Este interés puesto en el mejoramiento de esta especie se debe a su alto valor nutritivo, al adecuado balance de aminoácidos esenciales, la lisina presente en sus semillas y hojas, al alto contenido en calcio y hierro, al abundante contenido vitamínico y a su capacidad de adaptarse a diferentes ambientes ecológicos y climas (8).

El año 2013 ha sido elegido como el "Año Internacional de la Quinua" con el fin de que este cultivo sea reconocido mundialmente como un alimento de alta calidad y por sus cualidades intrínsecas (3).

Existe abundante bibliografía mundial y en especial en los países andinos sobre el manejo del cultivo de la quinua, por tratarse esta región sudamericana como su centro de origen (8), (14).

Además, se encuentra amplia información acerca de las plagas que atacan a este cultivo, en los países de la región andina, en especial de Bolivia, Perú, Chile (7), (8) y también aunque en menor escala de Argentina, en la provincia de Tucumán y la región Noroeste.

Ortiz *et al.* (11) comentan que en la zona andina de Sudamérica durante el ciclo vegetativo de la quinua se registran de 15, 18 y hasta 22 especies fitófagas, ocasionando daños directos en hojas, tallos, panojas y granos; e indirectamente provocando infecciones secundarias por microorganismos patógenos. Se registran tres categorías de insectos plaga: clave, ocasional y potencial, relacionándose la fluctuación poblacional, el grado de infestación y el perjuicio económico que causan los insectos fitófagos. La plaga clave es *Eurysacca quinoae* (Lepidoptera: Gelechiidae) y *Copitarsia turbata* (Lepidoptera: Noctuidae) como plaga ocasional. Son consideradas plagas potenciales las siguientes especies: *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae); *Borogonalia* sp., Bergallia sp. y *Paratanus* sp. (Hemiptera: Cicadellidae); *Frankliniella tuberosi* (Thysanoptera: Thripidae); *Epicauta* spp. y *Meloe* sp. (Coleoptera: Meloidae); *Epitrix* sp.

(Coleoptera: Chrysomelidae); *Pilobalia* sp. (Coleoptera: Tenebrionidae); *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae); *Agrotis* sp. y *Feltia* sp. (Lepidoptera: Noctuidae); *Perizoma sordescens* (Lepidoptera: Geometridae); y *Herpetogramma* sp. (= Pachyzancla sp.) e *Hymenia* sp. (Lepidoptera: Crambidae).

Rasmunssen *et al.* (12) demostraron la existencia de dos especies diferentes de *Eurysacca* sp. en los departamentos de Puno y Junín (Perú). La más común es *E. quinoae.* Las diferencias entre *E. quinoae* y *E. melanocampta* son muy conspicuas en la genitalia, y son evidentes en las manchas alares. *E. quinoae* fue la plaga principal en los campos de cultivo durante la época de la campaña, en todos los sitios muestreados, mientras *E. melanocampta* fue encontrada en plantas dispersas de quinua, en los meses posteriores a la cosecha.

En Bolivia, en el Altiplano Central, los insectos que más atacan durante el desarrollo del cultivo son especies de los géneros *Copitarsia, Heliothis, Feltia* y *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae). Si no se toman las medidas de manejo necesarias se pueden producir pérdidas del 37% en el Altiplano Central y del 50% en el Altiplano Sur (15). En el Altiplano Sur, las plagas que tienen incidencia económica sobre la "quinua real" son los lepidópteros. Hay especies que atacan los tallos y hojas como *Agrotis* sp, *Copitarsia turbata, Spodoptera frugiperda, Feltia* sp y *Agrotis experta* (=*Feltia experta*) (Lepidoptera: Noctuidae); mientras que existe un microlepidóptero que ataca a la inflorescencia y los granos, *Eurysacca melanocampta* (5).

Valoy *et al.* (16) estudiaron los insectos asociados a la quinua en Amaicha del Valle, Tucumán, Argentina sobre 10 variedades. Los insectos presentes correspondieron a especies entomófagas y fitófagas que se distribuyeron de manera diferente de acuerdo al estado fenológico del cultivo a lo largo de su ciclo. Las especies halladas en las diferentes etapas fenológicas correspondieron a Coleoptera (5 especies herbívoras y 3 depredadoras), Neuroptera (2 especies depredadoras), Lepidoptera (2 especies herbívoras), Hemiptera (3 herbívoras y 1 depredadora), Hymenoptera (1 depredadora y 2 parasitoides) y Diptera (1 parasitoide).

Neder *et al.* (10) registraron la entomofauna asociada a este cultivo en sus distintos estados fenológicos, en las zonas semiáridas y áridas de Jujuy, Argentina. Los muestreos se realizaron en la Prepuna y la Puna encontrando 119 y 33 especies insectiles respectivamente

En el sur de la provincia de Buenos Aires, en el valle bonaerense del Río Colorado, distintos autores han determinado las especies de heterópteros (1) y lepidópteros (9) que atacan a la quinua; así como los microhimenópteros parasitoides que se alimentan de las larvas de lepidópteros que dañan a esta amarantácea (2).

En la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi, en el área de riego del Río Colorado, en el sur de la provincia de Buenos Aires, se han iniciado estudios de adaptabilidad de variedades y ecotipos de quinua, manejo del cultivo, enfermedades y plagas, cosecha, comercialización y mercadeo; debido a sus grandes cualidades nutritivas y de adaptación, como una alternativa de cultivo. El objetivo de este estudio fue conocer la artropodofauna perjudicial y benéfica que se encuentra asociada con la quinua en el sur de Provincia de Buenos Aires debido a que se carece de información local completa sobre la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó en el campo experimental del INTA EEA Hilario Ascasubi, (62º 37' 59'' LO, 39º 23' 36'' LS, 14 m.s.m.) en la zona de riego del sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, en la temporada 2012-2013.

El lote de quinua destinado al ensayo con-

taba con una variedad y tres ecotipos para evaluar su rendimiento por hectárea y su adaptabilidad a la zona. La variedad utilizada fue Regalona Baer (variedad chilena, originaria de Temuco, de ciclo intermedio) y los ecotipos Faro (ecotipo chileno, originario de Concepción, de ciclo largo), KVL 32 y NL6 (ecotipos de ciclo corto) dispuestos de izquierda a derecha respectivamente. Éstos fueron sembrados con una sembradora hortícola, "El Pato"®, con un distanciamiento entre hilera de 0,40 m. El ancho de las parcelas fue de 5,20 m (13 hileras de siembra) y de un largo de 30 m cada una, con una superficie de 156 m^2. Las parcelas fueron dispuestas en forma contigua totalizando una superficie de 624 m^2 con quinua. El cultivo recibió un riego de presiembra el 19/11/2012 y la siembra se realizó el 26/11/2012; efectuando una fertilización con fosfato diamónico a razón de 80 $kg.ha^{-1}$ junto con la siembra. El 04/01/2013, aproximadamente a los 40 días de la siembra, se hizo una fertilización nitrogenada con urea a razón de 60 $kg.ha^{-1}$. El cultivo fue mantenido libre de malezas gracias a una carpida, durante la temporada de cultivo cuando las plantas tenían en promedio entre 0,15 a 0,20 m de altura aproximadamente. La cosecha de la variedad y los diferentes ecotipos varió entre el 27/3 al 29/3/2013.

El monitoreo del cultivo se efectuó semanalmente desde la emergencia hasta la cosecha, sobre la totalidad de la parte aérea de la planta, tanto en las pequeñas plantas como en las plantas más desarrolladas. De cada variedad y ecotipo estudiados se observaron 10 plantas tomadas al azar dentro de cada parcela. Además se colectaron semanalmente los artrópodos presentes en 5 trampas Pitfall. En cada fecha de observación se consideró el estado fenológico del cultivo para asociar la presencia de las distintas especies animales con el estado de crecimiento y desarrollo de las plantas.

Las fases fenológicas de la quinua se diferenciaron utilizando la tabla elaborada por Mujica y Canahua (7) lo cual permitió registrar los cambios producidos durante el desarrollo de la planta (Figura 1)

A fines de febrero, cuando el cultivo estaba panojado, en grano lechoso-pastoso, se colectaron los ejemplares insectiles de dos panojas tomadas al azar por parcela. Se embolsaron las panojas y se golpearon para que caigan los artrópodos dentro de una bolsa de polietileno. Luego estas bolsas fueron llevadas al laboratorio para su evaluación. Se separó y se contaron las distintas especies; se contabilizaron sus estadios juveniles y adultos, para ver en qué momento del ciclo eran más numerosas las mismas.

Las formas juveniles provenientes de las muestras de plantas y panojas fueron criadas en jaulas de cría de plástico transparente de 0,22 x 0,11 x 0,10 m, cuya tapa estaba perforada y cubierta por voile para obtener el estado adulto del insecto capturado. Todo el material fue identificado posteriormente.

Los ejemplares adultos se mataron con un algodón embebido en acetato de etilo colocándolos dentro de un frasco de vidrio. Una vez muertos los mismos fueron acondicionados y posteriormente conservados en cajas entomológicas o en tubos de alcohol 70º, para su posterior identificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los artrópodos asociados al cultivo de quinua estuvieron representados por 33 especies. Dentro de los insectos se registraron 32 especies, distribuidas en los siguientes órdenes: Orthoptera (3), Hemiptera (12), Thysanoptera (1), Lepidoptera (6), Coleoptera (6), Diptera (1), Neuroptera (1) e Hymenoptera (2). En los crustáceos, se observó un solo Orden y una sola especie.

A continuación se mencionan las especies de insectos fitófagos asociadas al cultivo de quinua. Los Orthoptera estuvieron representados por: la "tucura del palque" Chromacris speciosa, la "tucura de alas manchadas" *Di-*

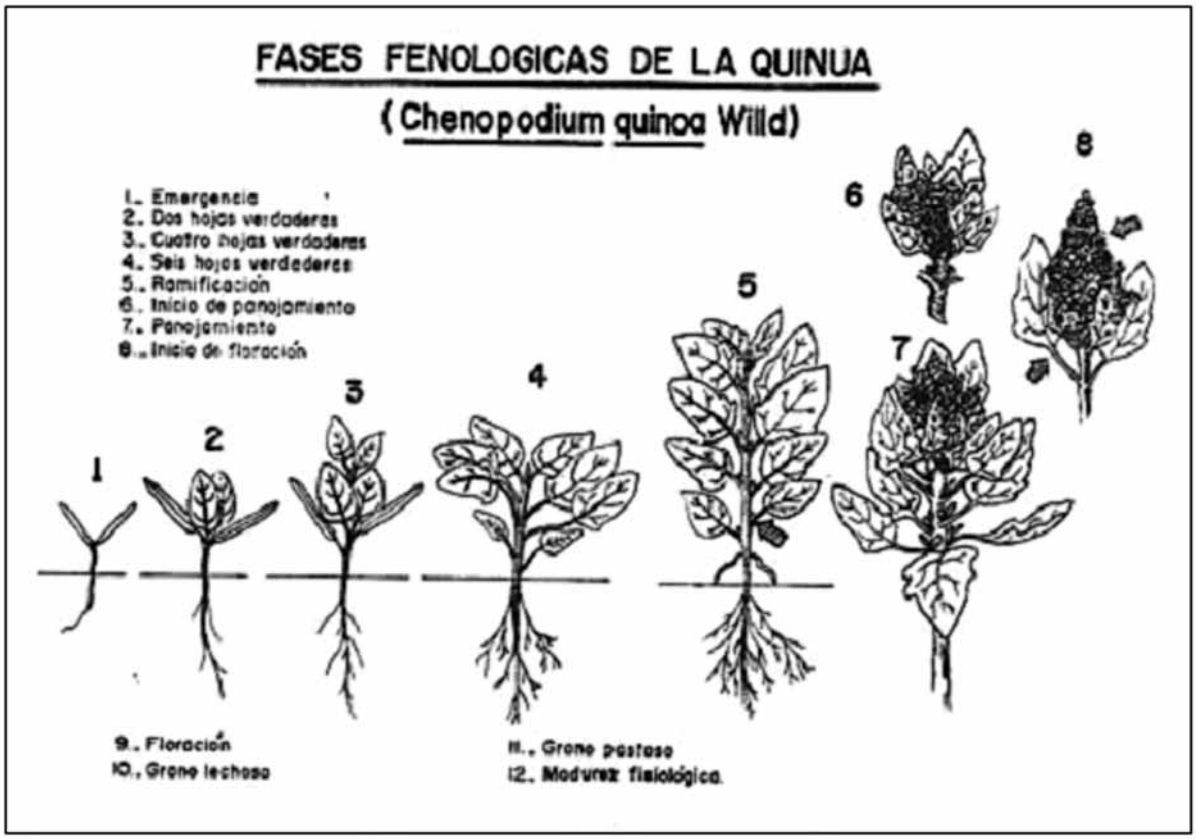


Figura 1. Fases fenológicas de la quinua. *C quinoa.*

chroplus maculipennis (Orthoptera: Acrididae) y la "tucura pintada" *Rhammatocerus pictus* (Orthoptera: Romaleidae). Estas especies fueron observadas alimentándose tanto de las hojas como de las panojas de las plantas distribuidas en todo el ciclo del cultivo de quinua, pero en número reducido.

El "pulgón de la leguminosas o pulgón negro de las leguminosas" *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) se observó sólo en las panojas de la planta, sobre el final del cultivo.

Los heterópteros observados fueron la "chinche verde" *Nezara viridula*, Thyanta (Argosoma) patruelis y la "chinche de las dos espinas" *Dichelops furcatus* (Pentatomidae); *Xenogenus picturatum* (Figura 2) y L*iorhyssus hyalinus* (Rhopalidae) (Figura 3); la "chinche foliada" *Leptoglossus chilensis* (Coreidae); y Orthotylus (Melanotrichus) flavosparsus (Miridae) (Figuras 4 y 5).

Dichas especies de chinches se registraron atacando las hojas de la plantas pero principalmente a las panojas, en el estado fenológico de panojamiento, inicio de la floración, floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica, según tabla de estados fenológicos de Mujica y Canahua (7).

Los míridos y los ropálidos (Figura 6) fueron los artrópodos más abundantes atacando al cultivo, formaron densas colonias en las panojas de las plantas ubicadas preferentemente en los bordes del lote.

Orthotylus (Melanotrichus) *flavosparsus* comenzó su ataque al estado de panojamiento, mientras que los ropálidos a partir del estado lechoso, ambos continuaron su efecto dañino en el grano hasta el final del cultivo.

La "gata peluda norteamericana" *Spilosoma virginica* (Lepidoptera: Erebidae), la "isoca medidora o isoca medidora del girasol" *Rachiplusia nu* (Lepidoptera: Noctuidae) se alimentaron de las hojas; y de las flores y granos tiernos de la panoja.

La "oruga capullera del algodonero o isoca

Figura 2. Adulto de *Xenogenus picturatum* (Ropálido).

Figura 3. Adulto de *Liorhyssus hyalinus* (Ropálido).

Figura 4. Adulto de *Orthotylus (Melanotrichus) flavosparsus.*

Figura 5. Ninfa de *Orthotylus (Melanotrichus) flavosparsus.*

bolillera del lino" *Helicoverpa gelotopoeon* y *Copitarsia* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) se alimentaron de las flores y granos de la panoja. La "gata peluda norteamericana" (*Spilosoma virginica*), la "isoca medidora o isoca medidora del girasol" (*Rachiplusia nu*) se alimentaron de las hojas; y de las flores y granos tiernos de la panoja.

Los microlepidópteros *Eurysacca media* (Figura 7) y *Symmetrischema* sp. (Gelechiidae) (Figura 8) realizaron perjuicios en la panoja, sus ataques comenzaron en el estado de floración, dañando las flores y posteriormente los granos, tejiendo una tela en el lugar del ataque, entrelazando las hojas, las flores y los granos de la panoja

El "falso bicho moro" *Epicauta atomaria* (Figura 9) y el "bicho moro" *Epicauta adspersa* (Coleoptera: Meloidae) se observaron alimentándose de las hojas y las panojas de quinua entre los estados fenológicos de panojamiento y grano pastoso.

El "gusano alambre" (larva) y "salta perico" (adulto) *Conoderus* sp. (Coleoptera: Elateridae) se registró en las trampas Pitfall, distribuidas en el ensayo, observándose tanto al

Figura 6. Ninfas de Ropálidos.

Figura 7. Adulto o polilla del microlepidóptero *Eurysacca* media.

Figura 8. Adulto o polilla del microlepidóptero *Symmetrischema* sp.

Figura 9. Adulto de *Epicauta atomaria*.

estado larval como el adulto, desde el estado fenológico de ramificación hasta la cosecha.
El "bicho bolita" *Armadillidium vulgare* (Isopoda: Armadillidiidae) al igual que la especie anterior se colectó en las trampas Pitfall desde inicio del cultivo hasta prácticamente la cosecha.
Las especies benéficas, depredadoras registradas fueron: las "vaquitas" *Eriopis connexa* e *Hippodamia convergens* (Coleoptera, Coccinellidae), las chinches depredadoras: *Podisus chilensis* (Hemiptera: Pentatomidae), la "chinche ojuda" *Geocoris* sp. (Hemiptera: Geocoridae), la "chinche damisela" *Nabis* sp. (Hemiptera: Nabidae) y la "chinche diminuta" *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae).
Tanto las formas juveniles como los adultos de las especies nombradas se alimentan de trips, pulgones, huevos de insectos, arañuelas, pequeñas larvas de lepidópteros, ninfas

de cotorritas y otros insectos diminutos.
Se observó también la "juanita o boticario" *Calosoma argentinensis* (Coleoptera: Carabidae) de la cual tanto la larva como el adulto se alimentan de larvas de lepidópteros. También se capturaron "moscas sírfidas" *Allograpta exotica* (Diptera; Syrphidae) y "crisopas" *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) donde las formas juveniles de estos insectos son depredadoras y los adultos son nectaríferos y polenófagas. Por último dentro de los depredadores se observaron varias especies de arañas no identificadas.
Otros organismos benéficos observados fueron las avispitas parasitoides *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) y *Copidosoma* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae), ambas parasitoidizando larvas de Lepidoptera.
Los representantes del género *Apanteles* se comportan como endoparasitoides koinobiontes, generalmente solitarios, que empupan fuera del huésped, en las hojas, construyendo un capullo sedoso blanco o amarillento. Ataca en los primeros estadios larvales de las orugas defoliadoras de Lepidoptera provocando la muerte en el tercer estadio (6). Es un género megadiverso, con más de mil especies descriptas y muchísimas no descriptas, especialmente en los trópicos.
Sobre otras larvas criadas en laboratorio como las de *Rachiplusia nu*, emergieron diminutas avispitas parasitoides pertenecientes al género *Copidosoma*. Los representantes de este género se comportan como parasitoides poliembriónicos, es decir, de un solo huevo ovipuesto por el adulto del parasitoide en el lepidóptero nacen cientos de avispitas por larva. La larva del lepidóptero continúa con su evolución y conserva su forma, conteniendo en su interior los parasitoides en desarrollo. La pupación de *Copidosoma* sp. ocurre dentro de la larva. Las larvas parasitoidizadas alcanzan su desarrollo total, en un comienzo se tornan blanquecinas, se ponen quebradizas y luego adquieren tonalidades más oscuras, tomando un color amarillento parduzco, próximo a la emergencia de los parasitoides adultos (13), (6).
También se observó la presencia de *Haplothrips* (*Trybomiella*) (Thysanoptera: Phlaeothripidae) en las inflorescencias.
El género *Haplothrips* (Suborden: Tubulifera), está representado en Argentina por tres especies todas del subgénero *Trybomiella*, H. (T.) *trellesi*, H. (T.) *fiebrigi* y H. (T.) *heliotropica*. *H. fiebrigi* es originaria de Sudamérica y fue descripta por primera vez para el Paraguay. Más tarde fue hallada en el sur de Brasil y el noreste de Argentina (Misiones). Aunque siempre asociado a flores de asteráceas, como la mayoría de las aproximadamente 240 especies pertenecientes al género, también fue encontrada sobre órganos florales de rubiáceas en Brasil. *H. fiebrigi* fue observado y capturado sobre inflorescencias de quinua, en la EEA Hilario Ascasubi. Este hallazgo representa una novedad tanto por su posible hospedador: amarantácea, como por su dispersión que se creía circunscripta hacia regiones subtropicales.
H. trellesi, por su parte, se encuentra distribuida en regiones más templadas como Mendoza, templado-frías como Río Negro y la parte central y sur de Chile; mientras que *H. heliotropica* está difundido en las provincias argentinas de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y San Luis,

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Carpintero D.L., Dughetti A.C. y Zárate A.O. 2013.Presencia de diferentes especies de Hemiptera: Heteroptera en la quinua, en el valle bonaerense del Río Colorado. XXXVI Congreso Argentino de Horticultura, San Miguel de Tucumán, 25 al 27/09/2013.
2- Dughetti A.C., Martínez J.J., Aquino D. y Zárate A.O. 2013. Presencia de microhimenópteros parasitoides en lepidópteros que atacan a la quinua (*Chenopodium quinoa* Will.), en la zona de riego del sur bonaerense, Argentina. V RAP, San Miguel de Tucumán, 18 al

20/09/2013.
3- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 2013. Quinua 2013. Año Internacional. Secretaría del Año Internacional de la Quinua 2013. Un futuro sembrado hace miles de años. http://www.fao.org/quinoa-2013/home/es.
4- García Guevara S. 2013. Quinoa, kinua o quinua de América al mundo. Rev. Muy Interesante, Año 28, nº 328, febrero 2013. p. 24 – 28.
5- Lozano D.Z. 2011. La Quinua Real en el Altiplano Sur de Bolivia. Documento Técnico para la Denominación de Origen. Estado Plurinacional de Bolivia. Environmental Support Program Certificate, 110 p. http://www.infoquinua.bo/filepublicacion/DO%20Quinua%20Real%20ASur%20Bolivia%20X1_min.pdf
6- Molinari A.M. 2005. Control biológico. Especies entomófagas en cultivos agrícolas. Ediciones INTA. Centro Regional Santa Fe. INTA EEA Oliveros, 80p
7- Mujica A. y Canahua A. 1989. Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*). En: Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. Salcedo, 7-10 agosto, INIAA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. Puno, Perú. pp: 23-27.
8- Mujica A., Jacobsen, S.E, Izquierdo J. y Marathee J P. 2001. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile. http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/home03.htm
9- Navarro F., Dughetti A.C. y Zárate A.O. 2013. Lepidópteros presentes en el cultivo de quinua, en el valle bonaerense del Río Colorado. XXXVI Congreso Argentino de Horticultura, San Miguel de Tucumán, 25 al 27/09/2013.
10- Neder L.E., Zamar M., Hamity V.C., Contreras E.F., Sanchez, C.H., Linares M.A. y Ortiz F. 2012. Entomofauna asociada a *Chenopodium quinoa* Willd. en la provincia de Jujuy. XVI Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Potrero de Funes, San Luis, 3 al 5/10/12. Libro de Resúmenes. Zoología Agrícola, p. 265.
11- Ortiz R; Danielsen S.; Ames T y Castro A. 2001. Capítulo V: Plagas y enfermedades. Quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. Cultivos andinos Versión 1. *In:* Mujica S., A; Jacobsen; S-E; Izquierdo, J, y Marathee, J. P. 2001. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile. http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap5.htm
12- Rasmunssen C., Jacobsen E.S. y Lagnaoui A. 2003. Las polillas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Perú: *Eurysacca* (Lepidoptera: Gelechiidae). Rev. Per. Ent. 42: 57-59.
13- Rizzo H.F. y Saini E.D. s/f. Insectos perjudiciales al cultivo de la soja en la Argentina y sus principales enemigos naturales. INTA, 44 p.
14- Rojas W. 2011. La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 58 p. http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf
15- Saravia R. y Quispe R. 2003. Biología y comportamiento de la polilla de la quinua (*Eurysacca melanocamta* Meyrick). Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos). Ficha Técnica Nº 5, 4 p.
16- Valoy M.E., Bruno M.A., Prado F.E. y González J.A. 2011. Insectos asociados a un cultivo de quinoa en Amaicha del Valle, Tucumán, Argentina. Acta Zoológica Lilloana 55 (1): 16–22, 2011.

Panificación de harinas mezcla de trigo y quinua

Valentina Astiz, Elena Molfese y María Seghezzo
Laboratorio de Calidad Industrial de Granos. Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio INTA-MAA)
Correo-e: astiz.valentina@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El trigo ha constituido desde el principio de los tiempos la base de la alimentación de la sociedad occidental. En los países donde el consumo de pan está muy extendido, los productos del trigo proveen aproximadamente una quinta parte del total de calorías de la dieta. Si se analiza cualquier pirámide nutricional se puede observar que la base está compuesta por productos ricos en hidratos de carbono complejos, como el almidón. Los cereales son una buena fuente de hidratos de carbono de lenta asimilación, una fuente importante, aunque incompleta, de proteínas y apenas contienen grasas. Además, los cereales aportan fibra, vitaminas y sales minerales. Sin embargo, el trigo solo, al igual que el resto de los cereales, no es capaz de proveer todos los aminoácidos esenciales necesarios para un apropiado desarrollo, ya que es deficiente en algunos, como por ejemplo la lisina. Ciertos componentes del trigo se concentran en el salvado y en el germen, por lo que las harinas blancas contienen una proporción menor que las harinas integrales. Esto se verifica principalmente con las vitaminas, las sales minerales, la fibra y ciertas sustancias antioxidantes (3).

El trigo es un cereal único ya que sus proteínas insolubles tienen la capacidad de formar gluten, una red tridimensional que puede retener los gases producidos en la fermentación. Esta condición depende de la variedad, el ambiente de cultivo y la molienda, cuyo proceso consiste en la eliminación del pericarpio del grano seguido de la reducción gradual del tamaño de la partícula de harina y la posterior separación de los productos por tamizado. La combinación de las harinas que se producen en el molino es la harina blanca estándar. El destino final de las harinas es muy variado, pero la gran mayoría se destina a la elaboración de pan en sus diferentes versiones. En Argentina el consumo de harina asciende a 94,8kg./hab./año y el 73% de la molienda total de trigo se destina a la elaboración de pan y otros productos levados (6).

Los ingredientes básicos de la panificación son, además de la harina y el agua, un agente leudante (en general, levadura) y pequeñas proporciones de sal, azúcar, etc. La panificación es un proceso que abarca varios pasos: a) *amasado* que sirve para mezclar los constituyentes, desarrollar el gluten y formar una masa lisa y homogénea. b) *fermentación* cuyo rol es formar gas carbónico y modificar las propiedades de la masa por acción de la levadura. c) *horneado*, en esta etapa se produce el aumento de volumen por efecto de la expansión del gas (aire y CO_2), del etanol y del agua evaporada. El almidón gelatiniza y el gluten coagula dando al pan su volumen y forma final. También suceden la caramelización y la reacción de Maillard que otorgan color a la corteza del pan. Constituyentes importantes como el sabor y el aroma dependen del proceso de panificación usado.

En la Argentina, las variedades de trigo se clasifican en tres Grupos de Calidad teniendo en cuenta sus aptitudes industriales: Grupo I (trigos correctores para panificación industrial), Grupo II (trigos para panificación tradicional) y Grupo III (trigos para panificación

directa) (1).

Tanto la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como la Organización Mundial de la Salud (OMS), califican a la quinua (*Quenopodium quinoa* Wild) como un alimento único por su altísimo valor nutricional ya que puede sustituir las proteínas de origen animal, debido a su balance de proteínas y nutrientes cercano al ideal para el ser humano (2).

La semilla se compone de tres partes: episperma, embrión y perisperma. En la capa externa del episperma se encuentra un factor anti-nutricional denominado saponina, responsable de trasmitir un sabor amargo. Esta capa se desprende al frotarla o lavarla y debe ser removida en caso de que su contenido sea alto. Existen diferencias entre variedades por contenido de saponinas, conocidas como "amargas" y "dulces" (13).

La variabilidad genética de estos granos es amplia, con cultivares que se adaptan desde la montaña hasta el nivel del mar y desde climas fríos a subtropicales. La composición química varía según las variedades y es modificada por el ambiente. Miranda *et al* (9) demostraron que condiciones de estrés para el cultivo tenían una influencia positiva sobre algunos componentes químicos. Las proteínas de la quinua son principalmente albúminas y globulinas que tienen un elevado contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina. Según la FAO, el contenido de proteínas, grasas y fibra de los granos andinos es mayor que el de los cereales. Considerando sólo los aminoácidos que con mayor frecuencia son limitantes en las dietas mixtas: lisina, azufrados (metionina+cistina), treonina y triptófano, la quinua posee un contenido superior al de las proteínas del trigo, a excepción del triptófano (2). Para algunos autores el valor biológico de la quinua supera al de la leche (11).

La quinua y otros cereales andinos cuyos componentes poseen un alto valor nutricional se incluyen en matrices mixtas como una manera de agregarles valor. Se han realizado numerosos experimentos con harinas compuestas trigo-quinua, sobre todo en Perú y Bolivia, con resultados satisfactorios y usando diferentes métodos de panificación, en algunos casos con el agregado de SSL (estaeroil lactilato de sodio) para mejorar el volumen de la pieza (10, 11).

Las actuales guías de nutrición enfatizan la incorporación de granos enteros a la dieta para mejorar la calidad de vida, mantener la salud y prevenir la mala alimentación, obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares y coronarias, algunos tipos de cáncer, etc. (7)

Los objetivos del presente trabajo fueron: 1) evaluar la capacidad de algunos materiales de trigo pan (variedades y líneas experimentales) para la elaboración de panes de buena calidad con el agregado de distintas proporciones de harina de quinua; 2) caracterizar químicamente granos de quinua provenientes de cultivos del sur de la provincia de Buenos Aires; 3) determinar cuál es la proporción de quinua que produce el pan de mayor volumen y con las mejores características y 4) estimar la mejora de la calidad nutricional producida por la incorporación de la harina de quinua a los panificados de harina de trigo pan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en los años 2012 y 2013. Se eligieron materiales de trigo pan (*Triticum aestivum*), cultivados bajo las mismas condiciones ambientales, que cubrieran un rango amplio de calidad panadera. Los granos de quinua fueron obtenidos en ensayos implantados en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi (sur de la Pcia. de Buenos Aires).

Las muestras de trigo se caracterizaron usando los métodos de rutina del Laboratorio de Calidad Industrial de Granos de Chacra Experimental Integrada Barrow. Parámetros del

grano: Peso hectolítrico, Peso de mil granos, Proteína, Cenizas en grano entero y harina. Los granos se molieron en Molino Bühler 202. Para la Harina se determinaron: % Gluten húmedo e Índice de gluten, Color de harina, corteza y miga de los panes, Número de caída, Alveograma, Farinograma (15). Los panes se elaboraron según la Norma IRAM 15.858- 1 y 2, que describe un ensayo de panificación experimental para ser usado en programas de mejoramiento de trigo. Este método propone una fórmula basada exclusivamente en harina, agua, levadura, sal y azúcar, sin el agregado de otros ingredientes ni mejoradores. Se evaluaron el volumen de los panes, el peso de las piezas y su volumen específico.

Los granos de quinua se molieron en molino de martillo (Molino Perten 120), con malla de 0.5mm para lograr una granulometría similar a la de la harina de trigo. Para estimar el contenido de saponinas de la quinua se usó el Método de la espuma, que consiste en disolver las saponinas en agua y agitar para tener una espuma estable cuya altura está correlacionada con el contenido de saponinas de los granos (5).

Se midió el color de la corteza y la miga de los panes mediante Minolta Chromameter CR-310 usando el Método triestímulo, notación CIE Lab, L (luminosidad), a (rojo) y b (amarillo), iluminante D 65.

En el año 2012 fueron seleccionados 5 cultivares de trigo pan, tres variedades (Buck Meteoro 2012, BioInta 1006 y Baguette 9) y dos líneas experimentales (Línea 1 y Línea 2). De las tres variedades comerciales elegidas una pertenece al Grupo I: Buck Meteoro y dos al Grupo II: BioInta 1006 y Baguette 9. En cuanto a las líneas utilizadas, la Línea 2 fue de alta calidad industrial y la otra, de calidad menor (Línea 1).

Se utilizó la muestra de quinua sin saponinas de la variedad KVL, de origen chileno, para las mezclas. Se prepararon harinas compuestas de harina de trigo como base sustituyéndola en 10, 20 y 30 % con harina de quinua.

Durante el año 2013 se seleccionaron tres variedades de diferentes Grupos de Calidad: Buck Meteoro (2013, Grupo I), Baguette 31 (Grupo II) y ACA 303 (Grupo III) y una línea experimental, elegida por su buena calidad industrial.

La quinua fue de la variedad Faro, también de origen chileno; se desaponificó mediante el método húmedo descripto por Repo-Carrasco (11). Se confeccionaron mezclas de harina de trigo con 10 y 20 % de harina de quinua. De acuerdo a los resultados obtenidos en 2012, se vio que la mezcla de 30 % provocaba gran deterioro del volumen y aspecto de los panes, por lo que fue descartada.

Luego se realizaron los análisis químicos de las muestras, en las cuales se determinaron: humedad y cenizas (Método gravimétrico), proteínas totales (Método Kjeldahl), lípidos totales (Método Soxhlet. AOAC), composición de ácidos grasos (Método de Folch y cromatografía gaseosa), fibra (ANKOM Technology Method 21-04-05, 12-06-06 AOCS Approved Procedure Ba 6a-05, Appendix D.) y valor energético.

RESULTADOS Y DISCUSION

Panificación:

En los cuadros 1 y 2 se muestran los resultados de las panificaciones de las harinas de trigo puras. Los volúmenes de pan variaron desde 730 ml para la harina de buena calidad panadera hasta 555 ml en la harina más débil (año 2012); al año siguiente el rango de variación fue menor probablemente debido a los menores contenidos de gluten del ensayo 2013 y al cambio de algunos de los cultivares ensayados.

Se discuten a continuación los resultados de las pruebas realizadas en el año 2012. En la figura 1 se comparan los resultados de las panificaciones del año 2012. Los valores corresponden al volumen de pan (ml) de las variedades o líneas de trigo testigo y con dis-

Cuadro 1. Resultados de panificación de las harinas de trigo puras. Ensayo año 2012.

	Panificación				
	%AA	T Ferm	Volumen	Ve	VP
B. Meteoro	63,0	130	680	4,8	98
BI 1006	60,0	135	650	4,4	96
Baguette 9	62,0	125	555	3,7	91
Línea 1	64,5	120	625	4,4	94
Línea 2	63,5	130	730	5,3	101

Ref.: %AA (Absorción de Agua), T Ferm: (Tiempo de Fermentación, minutos), Volumen (Volumen de pan, ml), Ve (Volumen del pan/peso del pan), VP (Valor Panadero: calificación relativa del pan).

Cuadro 2. Resultados de panificación de las harinas de trigo puras. Ensayo año 2013.

	Panificación				
	%AA	T Ferm	Volumen	Ve	VP
B. Meteoro	60,0	120	615	4,5	91
Baguette 31	60,0	120	610	4,4	93
ACA 303	60,0	120	615	4,5	91
Línea 3	60,0	130	675	4,9	96

Ref.: %AA (Absorción de Agua), T. Ferm: (Tiempo de Fermentación, minutos), Volumen (Volumen de pan, ml), Ve (Volumen del pan/peso del pan), VP (Valor Panadero: calificación relativa del pan).

tintas proporciones (10, 20 y 30 %) de harina de quinua.

En la mayoría de los casos hubo una disminución del volumen de pan respecto al control 100 % harina de trigo. En tres de los cinco panes elaborados con 30 % de harina de quinua, el volumen fue menor o igual a 400 ml (valor mínimo que puede ser medido en las condiciones experimentales del Laboratorio), lo cual evidencia un fuerte deterioro de la calidad panadera para esa sustitución, que se explica por la falta de gluten de la harina de quinua.

Para 20 % de sustitución, los panes obtenidos con harina de Buck Meteoro resultaron los de mayor volumen (560 ml), en el otro extremo la variedad Baguette 9 apenas alcanzó 400 ml. Las líneas experimentales y BI 1006 fueron intermedias (Figuras 1 y 2).

En la figura 3 se representan los resultados obtenidos en el año 2013. Se observa el volumen de los panes de los cuatro cultivares de trigo con proporciones de sustitución de harina de quinua del 10 y 20%. En ninguno de los casos el volumen cayó por debajo de 410 ml.

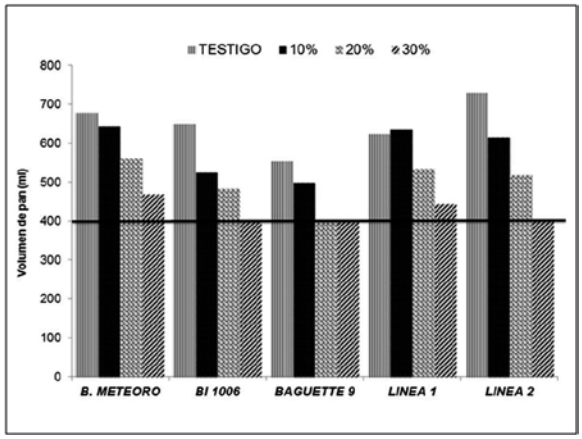


Figura 1. Volumen de pan (ml) de cada una de las variedades o líneas puras (testigos) de trigo y de sus mezclas con harina de quinua. Ensayo 2012

Buck Meteoro es la variedad que se vio menos afectada por el agregado de harina de quinua (615 ml, para 20 % sustitución) y ACA 303 (480 ml, para 20 % sustitución) mostró la peor respuesta (Figura 4).

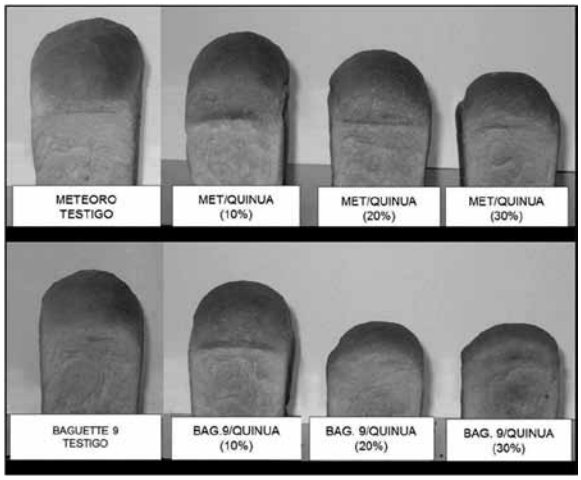


Figura 2. Fotos de panes para dos de los cultivares de quinua ensayados. Ensayo 2012.

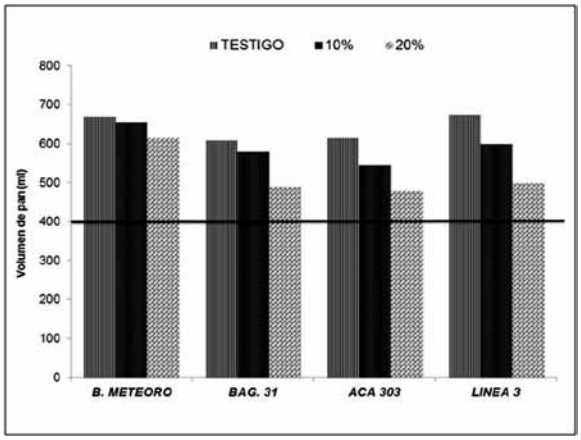


Figura 3. Volumen de pan (ml) de cada una de las variedades o líneas puras (testigos) y de sus mezclas con harina de quinua. Ensayo 2013.

Las reducciones en los volúmenes de las piezas de pan no fueron tan acentuadas como en 2012.

En la figura 5 se representan los colores de corteza y miga para la variedad Buck Meteoro, en la cual el punto 1 corresponde al color de la corteza del pan 100 % harina de trigo y el punto 2 al de la mezcla con 20 % de harina de quinua. Por otro lado el punto 3 ubica en el espacio de color a la miga del pan 100% harina de trigo y el punto 4 a la de la mezcla con 20 % de sustitución con harina de quinua. La disminución de los valores de L y aumento de a y b, señalan un oscurecimiento acentuado de la miga de la mezcla. Una situación similar se dio para los demás

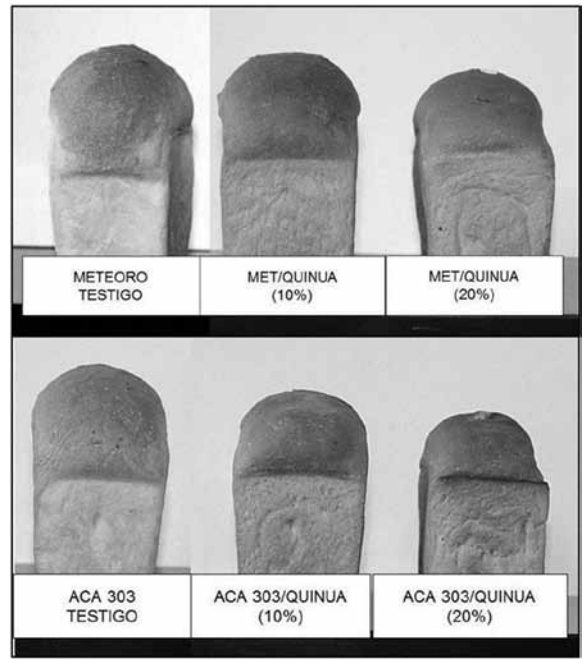


Figura 4. Fotos de panes para dos de los cultivares de quinua ensayados. Ensayo 2012

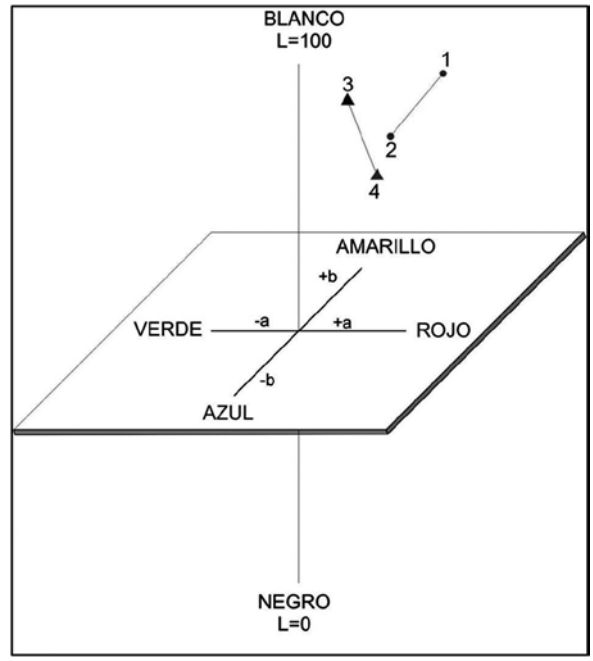


Figura 5- Espacio de color Lab. Panes Buck Meteoro.
Ref.: 1. Miga 100% harina de trigo; 2. Miga mezcla 20% quinua; 3. Corteza 100% harina de trigo; 4. Corteza mezcla 20% quinua

cultivares. Estos resultados coinciden con lo informado por González (4) aunque podrían ser diferentes dependiendo de la variedad de quinua utilizada (15).

Se prefirió realizar las mezclas con harina integral de quinua para maximizar el beneficio

nutricional. Debido al uso de este tipo de harina hubo un oscurecimiento de la corteza y miga de los panes a medida que aumentó el porcentaje de sustitución para las dos variedades de quinua ensayadas

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos del análisis químico de las harinas utilizadas para la elaboración de los panes. Todos los valores obtenidos (excepto fibra) coinciden con datos informados por Rojas *et al* (14) para quinuas bolivianas, en cambio, resultan inferiores en proteína y fibra a los publicados por Miranda *et al* (9) para las variedades Villarica y Regalona en Chile. No se observan diferencias importantes en los componentes humedad, proteínas totales ni grasas totales entre variedades de quinua, ni entre muestras con y sin saponinas. El contenido de cenizas disminuye en la muestra de harina de quinua sin saponinas por la eliminación del episperma, por consecuencia, aumenta el contenido de carbohidratos y su valor energético.

La harina de quinua posee mayor contenido de proteína que la harina de trigo por lo que la mezcla con 20 % de sustitución muestra un valor ligeramente aumentado respecto de la harina base. Para el % de grasas totales esta diferencia es aún mayor. Esto se vio reflejado en la mezcla que mostró un aumento en el contenido de grasa total (1,85 g/100 g) respecto a la harina de trigo pura (1,11 g/100 g). Debido a que la quinua es una semilla pequeña y a que en el grano de trigo se retiró completamente el pericarpio a través del proceso de molienda para tener una harina blanca, las harinas integrales de quinua sin desaponificar mostraron una concentración de cenizas casi 6 veces mayor que la harina base. La mezcla (20 % sustitución) reflejó un aumento de este parámetro. Los datos de % cenizas y fibra dietaria obtenidos para la variedad Faro confirman resultados publicados por Miranda *et al* (8) en Chile para el mismo cultivar. El contenido de carbohidratos de las harinas de quinua fue menor al de la harina de trigo, coincidiendo con los valores mencionados por Repo-Carrasco *et al* (11). La mezcla tuvo un valor intermedio. El valor energético, si bien fue levemente superior en las harinas de quinua con respecto al trigo, no alcanzó para generar aumentos importantes en la sustitución 20 %.

En el cuadro 4 se analiza la composición de ácidos grasos de las harinas puras y de la mezcla. Los AGS (Ácidos Grasos Saturados) resultaron menores en las harinas de quinua que en la harina blanca de trigo (19,34 g / 100 g); por lo que la mezcla con 20 % de sustitución dio un valor menor de AGS (14,33 g /

Cuadro 3. Resultados de los parámetros químicos de las harinas estudiadas.

	H. Quinua KVL (C/Sap)	H. Quinua KVL (S/Sap)	H. Quinua Faro (C/Sap)	H. Trigo	H. Trigo + 20% H. Quinua
Humedad	8,66	8,51	8,55	10,88	10,75
Proteínas Totales	15,42	15,6	15,45	11,42	11,92
Grasa Total	5,12	5,09	5,15	1,11	1,85
Cenizas	3,04	2,24	3,44	0,45	0,92
Fibra	1.1	1.3	1.4	trazas	0.1
Carbohidratos	67,76	71,94	67,41	76,36	74,56
Valor Energético	413,32	431,19	412,34	387,99	390,53

Ref.: Humedad (g/100g); Proteínas totales (g/100g); Grasa total (g/100g); Cenizas (g/100g); Carbohidratos (g/100g); Valor Energético (Energía Neta calculada, Kcal/100g). En las muestras: Harina de Quinua KVL con saponinas; Harina de Quinua KVL sin saponinas; Harina de Quinua Faro con saponinas; Harina de Trigo pura y Harina de Trigo + 20% de Harina de Quinua.

100 g). Los AGM (Ácidos Grasos Monoinsaturados) y los AGP (Ácidos Grasos Poliinsaturados) de la mezcla aumentaron respecto de la harina de trigo pura, pero este aumento no fue muy marcado debido a que las cantidades de estos grupos de ácidos grasos en las harinas puras de quinua y trigo son similares. Esto mismo ocurrió para los ácidos grasos ω-6 y ω-3, en los cuales se ve un aumento en la mezcla pero no muy importante. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la relación ω-6/ω-3 recomendada en la dieta para humanos debería estar entre 5:1 y 10:1; la harina de trigo pura presenta una relación alta, de 18,3, mientras que la mezcla con harina de quinua da un valor de 13,5, que si bien no llega a lo recomendado, muestra que la sustitución con 20 % de harina de quinua mejora dicha relación.

CONCLUSIONES

Todas las mezclas evaluadas mostraron una disminución del volumen de pan respecto del testigo (100 % harina de trigo), para cualquier nivel de sustitución (10, 20 y 30 %). Las mezclas con 30 % de harina de quinua, evaluadas el primer año de ensayo, produjeron fuerte deterioro de la calidad panadera por lo que fueron descartadas.

La calidad industrial de la harina base determina la mayor o menor tolerancia al nivel de sustitución en las mezclas. Para los dos años de ensayo la variedad Buck Meteoro (Grupo 1 de calidad) mostró el mejor comportamiento frente a ambas proporciones de sustitución, aunque, comparativamente, los resultados del 2º año presentaron volúmenes finales más altos.

En cuanto al análisis químico, se observó que las sustituciones con 20 % de harina de quinua producen un aumento en el contenido de proteínas totales, grasa total, cenizas y en el valor energético; y una disminución en el contenido de carbohidratos. Se obtuvieron resultados similares para proteína y grasa en las harinas de quinua con y sin saponinas. La fibra se mantuvo sin cambios. Dentro de la composición de ácidos grasos, se observó un aumento en los AGM y AGP, siendo estos últimos los que más crecieron; dentro de este grupo se encuentran los ácidos grasos ω-6 y ω-3, altamente beneficiosos para la salud, que también se vieron aumentados en las mezclas respecto a la harina de trigo pura.

Cuando se usó un trigo de buena calidad in-

Cuadro 4. Resultados del análisis de ácidos grasos de las harinas estudiadas.

	H. QuinuaKVL (C/Sap)	H. QuinuaKVL (S/Sap)	H. QuinuaFaro (C/Sap)	H. Trigo	H. Trigo + 20% H. Quinua
AGS	10,77	12,06	11,33	19,34	14,33
AGM	13,85	12,14	13,85	10,11	12,59
AGP	65,89	51,20	66,87	64,63	65,35
ω-3	6,79	6,00	6,80	3,35	4,55
ω-6	59,10	45,20	60,07	61,29	60,80
ω-6/ ω-3	8,70	7,54	8,83	18,32	13,49
AGM/AGS	1,29	1,01	1,22	0,52	0,88
AGP/AGS	6,12	4,25	5,90	3,34	4,56

Ref.: AGS (Ácidos Grasos Saturados, g/100g de lípidos totales); AGM (Ácidos Grasos Monoinsaturados, g/100g de lípidos totales); AGP (Ácidos Grasos Poliinsaturados, g/100g de lípidos totales); ω-3 (sumatoria de ácidos grasos ω-3, g/100g de lípidos totales); ω-6 (sumatoria de ácidos grasos ω-6, g/100g de lípidos totales). En las muestras: Harina de Quinua KVL con saponinas; Harina de Quinua KVL sin saponinas; Harina de Quinua Faro con saponinas; Harina de Trigo pura y Harina de Trigo + 20% de Harina de Quinua.

dustrial como harina base se pudo sustituir con harina de quinua hasta un 20% sin una gran afectación de la calidad panadera: los panes obtenidos tenían volumen, aspecto y degustación aceptable. Para aumentar la satisfacción del consumidor se dispone de una amplia gama de aditivos e ingredientes que pueden mejorar el volumen y características organolépticas de los panes.

Como la calidad nutricional de los panes elaborados con mezclas depende de la composición química de la quinua, para que la mejora sea significativa es necesaria una adecuada elección de la variedad.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1- Comité de Cereales de Invierno de la Comisión Nacional de Semillas, Junio 2013. Calidad industrial de variedades de trigo pan. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Comunicación personal.

2- FAO. 2013. Producción de Quinua.

3- Gómez Pallarés M., León A. y Rosell M.C. 2007. Trigo. En: De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Editado por León A y Rosell C. Argentina. p.36.

4- González M. 2011. Determination of nutritional quality and rheological characteristics of breads made with wheat flour replaced by 10, 15 and 20 % Andean grain meals containing 30 % Quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), 30 % Amaranth (*Amaranthus caudatus*) and 40 % Kañihua (*Chenopodium pallidicaule*). Key for Cereal Chain Innovation. 2LAC ICC. Chile. p. 85.

5- Koziol M.J. 1990b. Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J. Agr. Food Sci. 54:211-219.

6- Lezcano, E. 2011. Farináceos. Informe sectorial Nº 10. Dirección de promoción de la calidad. Area cadenas agroalimentarias. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. www.alimentosargentinos.gov.ar

7- Miller Jones, J and Engleson, J. 2010. Whole grains: Benefits and challenges. Annu. Rev. Food Sci. Technol. 1:19-40.

8- Miranda M., Vega-Gálvez A., Quispe-Fuentes I., Rodríguez M., Maureira H. and Martínez E. 2012. Nutritional aspects of six quinoa ecotypes from three geographical areas of Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, Vol 72 (2): 175-181.

9- Miranda M., Vega- Gálvez A., Martínez E., López J., Marín R., Aranda M. y Fuentes F. 2013. Influence of contrasting environments on seed composition of two quinoa genotypes: nutritional and functional properties. Chilean Journal of Agricultural Research, Vol 73 (2): 108-116.

10- Rea J., Tapia M. y Mujica, A. 1979. Prácticas agronómicas en quinua. En: Cultivos andinos. Quinua y Kañiwa. CIID-IICA. Bogotá, Colombia. Serie de Libros y Materiales Educativos Nº 40. p. 85-120.

11- Repo-Carrasco R., Cortez G., Montes R., Quispe-Villalpando L. y Ramos I. 2007. Cultivos Andinos. En: De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica (editado por León A y Rosell C.). Argentina. p. 245-294.

12- Repo-Carrasco R., Serna L. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. Cienc. Tecnol. Aliment., Campinas, 31(1). P.1-6.

13- Rivas J.C. 2013. Avances en el Cultivo de Quínoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) en el Sur de Argentina. Ediciones INTA. Centro Regional Buenos Aires Sur. Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi. p. 4-21.

14- Rojas W., Soto J.L., Pinto M, Jager M., Padulosi S. 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity Internacional. Roma, Italia. ISBN 978-92-9043-858-8. p. 125-172.

15- Rosell C., Cortez G. and Repo- Carrasco R. 2009. Breadmaking use of andean crops. Cereal Chem. 86(4): 386-392.

16- Seghezzo M.L., Molfese E.R. 2006. Calidad en trigo pan. Boletín Técnico Nº 41. Ediciones INTA. Centro Regional Buenos Aires Sur. Chacra Experimental Integrada Barrow. p. 35.

Composición nutricional y estabilidad oxidativa de harinas y sopas de quinua

Natalia Cervilla, Jésica Mufari, Edgardo Calandri y Carlos Guzmán
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA), Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
Correo-e: nataliasc_cba19@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinua* Willd) es un pseudocereal de gran valor histórico-cultural y nutricional que formó parte de la alimentación básica de los antiguos pueblos de Sudamérica. Junto con la cañihua (*Chenopodium pallidicaude*) y el amaranto o kiwicha se los considera fuentes de proteína, minerales, y de energía, aportada por los carbohidratos. El contenido proteico de la quinua puede ir desde 11 a 16%, destacándose la presencia de lisina e histidina (1,2). Existen controversias en relación a los aminoácidos azufrados, ya que hay autores que los consideran limitantes (1) y otros en cambio, destacan su aporte (2). Al ser la lisina el principal limitante en la proteína de los cereales, la quinua complementaría muy bien con estos (1).

El almidón es el principal carbohidrato presente en este grano, y su contenido puede oscilar entre el 60-70%. Posee un gránulo de pequeño tamaño (1-2µm) (3). Esta característica le confiere propiedades funcionales importantes, ya sea como espesante (sopas), formador de gel (gomas), estabilizador coloidal (salsas) y otras (4).

La quinua posee una interesante cantidad de lípidos, de alrededor del 7%, superior al de otros cereales que son fuente de aceites, como es el caso del maíz (4,9%). Incluso el perfil de ácido grasos de la quinua es similar al del maíz. Los triglicéridos representan la mayor fracción dentro de los lípidos neutros (50%) (5), con un contenido en Ácidos Grasos Saturados (AGS) de entre 12-19%, siendo el ácido palmítico (C14:0) el más importante. Los Ácidos Grasos Monoinsaturados (AGMI) se encuentran entre el 25-29%, con el ácido oleico (C18:1) como principal representante. Los Ácidos Grasos Poliinsaturados (AGPI) representan el 58,3% del total de los triglicéridos presentes en la quinua, que en un 90% se trata de ácido linoleico (C18:2) (5). La harina de quinua, al poseer importantes cantidades de AGPI está expuesta a la oxidación lipídica por aumento de la relación superficie/volumen y por la actividad de enzimas como lipasas y lipooxigenasas. A pesar de esto, la quinua posee cantidades importantes de vitamina E que es un potente antioxidante natural (6).

La quinua puede ser procesada para obtener múltiples productos industriales que aumentan su valor comercial. Entre la multiplicidad de alimentos que pueden elaborarse a partir de este grano se encuentran las sopas. Estos productos constituyen un recurso útil en cuanto a practicidad de preparación y ahorro de tiempo. En un estudio previo, fueron formuladas dos sopas de quinua que tuvieron amplia aceptación por parte de un panel de jueces no entrenados (7). Además, por su elevado valor de saciedad, bajo aporte calórico y de grasas (8) constituyen una alternativa apropiada para complementar tratamientos de sobrepeso y obesidad, considerados como factores de riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles. Por otra parte, la ausencia de gluten en estas sopas brindan la

posibilidad de ser consumidas por personas celíacas, ampliando de esta forma la oferta de estos productos, que en Argentina se limita a una sola marca comercial, según información extraída del Listado Integrado de Alimentos Libres de Gluten (9).

Además de los caldos, el mercado de sopas envasadas en Argentina, está conformado principalmente por tres segmentos: Sopas crema (regulares y *light*); sopas "claras" o tipo caseras y sopas instantáneas que son aquellas que no requieren cocción, sino el agregado de agua caliente (regulares y *light*) (8).

El escenario internacional muestra un comercio creciente de estos productos, el aumento de la producción y el crecimiento del consumo, indican que los caldos y las sopas no solo han ganado aceptación en todos los continentes, sino que sus perspectivas de crecimiento continúan siendo firmes (8).

Dado que las sopas de quinua son un recurso saludable y útil, y reconocida la susceptibilidad de los lípidos de la harina integral al deterioro durante el almacenamiento, nos propusimos como objetivos evaluar la estabilidad oxidativa de estos productos y de las harinas a partir de las cuales se elaboran, además de caracterizarlas nutricionalmente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las muestras: Se emplearon frutos de quinua provenientes del departamento La Poma, provincia de Salta, Argentina, cuya cosecha se realizó el año 2010.

Para la formulación de las sopas, se emplearon los ingredientes descritos por Bonamino *et al*. (7) con modificaciones. Además se modificó el proceso de obtención de la harina cocida, con el objetivo de conservar las características nutritivas de las semillas. El mismo se realizó con vapor y presión durante 10 minutos.

Para la obtención de harina y harina cocida 10 minutos, se siguió la metodología descrita por Cervilla *et al*. (10).

Ingredientes empleados para las sopas:

Ingredientes:	Sopa Crema	Sopa instantánea
Harina cruda	×	-
Fécula de maíz	×	×
Glutamato monosódico	×	×
Sabor champignon	×	-
Sabor carne	×	-
Sabor queso	-	×
Harina cocida	-	×
Leche descremada	-	×
Margarina	-	×
Goma	-	×
NaCl	×	×

Notas: (x) indica ingrediente incorporado. (-) ingrediente excluido

Composición química proximal

Lípidos: Las grasas libres totales fueron determinadas por el método de Soxhlet, empleando n-hexano como solvente. Método Oficial de Análisis de AOAC Internacional, 920.39 (11).

Proteínas: Las proteínas se determinaron según el método de Kjeldhal, utilizando un digestor Buchi K-424 y un destilador automático Büchi K-350. Método Oficial de Análisis de AOAC Internacional, 984.13 (11).Se aplicó el factor N x 6,25 para convertir el nitrógeno total en proteína cruda.

Cenizas: El contenido de cenizas se determinó por calcinación en mufla (Indet 273) a 600 °C. Método Oficial de Análisis de AOAC Internacional, 923.03 (11).

Hidratos de carbono: se calcularon por diferencia con los resultados de lípidos, proteínas, humedad y cenizas.

Fibra Dietética Total (FDT: Fibra dietética insoluble + soluble): Fue determinada aplicando el método enzimático-gravimétrico Método Oficial de Análisis de AOAC Internacional 985.29 (11).

Carbohidratos disponibles: se obtuvieron restando de los carbohidratos totales, el valor de FDT (12).

Cálculo del valor energético de las harinas y

polvos para sopas: El valor energético se calculó utilizando como factores de conversión los descritos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), siendo para proteínas: 4 kcal/g, lípidos: 9 kcal/g, hidratos de carbono disponibles: 4 kcal/g y 2 kcal/g para la FDT (13).

Estabilidad oxidativa

Preparación de las muestras: Las muestras fueron almacenadas en bolsas de aluminio a 25°C en una cámara de almacenamiento. Cada sobre contenía 2 g de polvo (±0,0001 g). El ensayo tuvo una duración total de 4 meses y medio, con mediciones realizadas cada 14 días.

Para las determinaciones fueron pesados 1 g de muestra (±0,0001 g) a los que se les añadieron 25 ml de n-hexano calidad analítica (*Cicarelli),* se agitó vigorosamente durante 1 minuto y se dejó en reposo en un sitio oscuro durante 1 h. El sobrenadante fue centrifugado a 1006 G. por 15 minutos y de allí se tomaron 4 ml para la determinación de la acidez libre y 1 ml para la medición de los Dienos Conjugados.

Dienos conjugados (DC): los DC se determinaron por medición de la absorción del extracto quinua/hexano a 234 nm. Se utilizó un espectrofotómetro UV-VISIBLE marca Perkin Elmer modelo λ 25. El blanco se realizó con n-hexano. La concentración de DC se calculó en µmol/g de quinua, utilizando una absortividad molar de 24.500 l / M cm (14).

Ácidos Grasos Libres (AGL): Para determinar el contenido de AGL se emplearon 4 ml del extracto quinua / hexano a los que se le añadieron 10 ml de etanol al 95% y se valoró con una solución de NaOH normalizada, usando fenoftaleína (1% w/v en etanol) como indicador. Para el blanco se emplearon 4 ml de hexano en 10 ml de etanol al 95% (14). Los ácidos grasos libres se calcularon como % de ácido oleico.

$$AGL = (V \times PM \times M) / m$$

V: Volumen de NaOH empleado en la titulación (ml).
M: Molaridad del NaOH
PM: Peso molecular del Ácido Oleico
m: Masa de muestra (g).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron evaluados estadísticamente utilizando la media aritmética y la desviación estándar. Para la comparación de la composición nutricional de las sopas se empleó la pruebe *t de student* con un nivel de significación del 95%, usando las funciones estadísticas de Microsoft Excel 2000. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados fueron expresados sobre base seca.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Composición química proximal de los polvos para sopa.

Los datos de composición química de la harina integral de quinua obtenida a partir de granos sin cocer, fue publicada por este grupo con anterioridad (15). Dichos resultados son próximos a los hallados en el presente estudio, para la harina proveniente de la molienda de granos cocidos.

Los valores de FDT se encuentran dentro los rangos establecidos por Aboguch (5).

La composición química proximal de los polvos para sopa (Cuadros 1 y 2) muestran diferencias significativas ($p<0,05$) en el contenido de proteínas, grasas e hidratos de carbono; pero no así con las cenizas ($p>0,05$). Estas diferencias se deben a la composición de las mezclas finales. El contenido de grasas y proteínas es menor para la sopa crema, debido a que no se ha incorporado grasa ni leche en polvo en su formulación. Presentó sí, mayor contenido en carbohidratos totales y disponibles, como consecuencia del agregado de fécula de maíz.

Los carbohidratos disponibles en la sopa instantánea pueden estar ligeramente sobreestimados pues no se consideró el aporte de fibra indigerible por parte de la goma garrofín (*ceratonia siliqua*), un galactomanano

Cuadro 1. Información nutricional de las harinas crudas, cocidas de quinua y de las sopas elaboradas a partir de ellas.

g/100 g polvo	*Harina sin cocción*	*Harina cocida*	*Sopa crema*	*Sopa instantánea*
Proteínas	13,48 ± 0,65[a]	13,38 ± 0,80	7,09 ± 0,17	10,56 ± 0,34
Grasas	7,65 ± 0,06[a]	6,82 ± 0,20	3,22 ± 0,08	8,87 ± 0,56
Cenizas	2,44 ± 0,03[a]	2,31 ± 0,05	10,88 ± 0,97	11,76 ± 0,14
Hidratos de carbono	76,43± 0,74[a]	77,49 ± 1,05	79,01 ± 1,22	68,8 ± 1,04
Fibra Dietética Total	9,93 ± 0,09	7,6 ± 0,06	4,35 ± 0,05	4,16 ± 0,05
Hidratos de carbono disponibles	66,5 ± 0,83	69,89 ± 1,11	74,66 ± 1,27	64,64 ± 1,09
V.E.T (kcal/100 g)	**400,63**	**409,66**	**371,8**	**388,95**

[a] Cervilla NS. Mufari JR. Calandri EL. Guzmán CA. Composición química de harinas de quinua de origen argentino. Pérdidas minerales durante el lavado. Actualización en Nutrición 2012; 13 (4) 293-299.

Cuadro 2. Información nutricional por porción de la sopa crema e instantánea de quinua.

Sopa instantánea de Quinua: Porción: 16,2 g		**Sopa Crema de Quinua: Porción: 11,5 g**
Proteínas	1,71	0,81
Grasas	1,44	0,37
Cenizas	1,91	1,25
Fibra Dietética Total	0,67	0,50
Hidratos de carbono disponibles	10,47	8,55
V.E.T (kcal/porción)	**63,01**	**41,76**

empleado en la formulación como estabilizante y espesante y que podría tener efectos fisiológicos interesantes.

El contenido de cenizas fue elevado y a la vez próximo en ambas formulaciones. La similitud en los resultados seguramente es consecuencia del cloruro de sodio presente en ambas sopas.

En caso de la sopa instantánea de quinua, se observaron aportes mayores de los macronutrientes y por ende del valor energético total de producto respecto de las versiones comerciales (16). La sopa crema aporta 40 kcal por porción, valor intermedio a las comerciales, light y regular (30 y 50 kcal respectivamente) (16). También es intermedio el contenido de lípidos, pero respecto a las proteínas su contenido iguala a la sopa comercial light (16).

La temperatura, el tiempo, la composición de ácidos grasos, y las condiciones de almacenamiento son variables de gran influencia sobre la estabilidad oxidativa de los aceites. En el presente trabajo se emplearon condiciones de almacenamiento tales que evitaran o retardaran el daño oxidativo e hidrolítico sobre los lípidos de las harinas y sopas.

A pesar del elevado contenido lipídico de las harinas y del predominio de AGPI, los niveles de AGL se mantuvieron bajos durante todo el período de tiempo y condiciones de almacenamiento estudiadas. El deterioro hidrolítico por acción enzimática fue bajo, tal como se presenta en los Cuadros 3 y 4. Esta baja actividad enzimática podría deberse a la posible inactivación ocasionada durante el proceso de secado, en el cual las semillas se someten a temperaturas superiores a los 60°C, condición que se sabe, inactiva a la mayoría de las enzimas (17). Además, la temperatura de almacenamiento (25°C) no es la óptima para la actividad lipásica. La mayoría de las enzimas presentan un intervalo óptimo de temperatura entre 30 y 45ºC (17) en el cual logran la mayor actividad; Rose y Pike (18) han determinado que la temperatura óptima para la actividad lipásica va de los 40 a los 55°C.

Su-Chuen *et al*. (14) han demostrado que a mayores temperaturas el deterioro hidrolítico de los ácidos grasos del aceite de quinua se hace más notable. A los 20 - 25°C, el aumento de los ácidos grasos libres en función del tiempo fue escaso (14), lo que sugiere

que la actividad lipásica en quinua es mayor a mayores temperaturas de almacenamiento. Si bien la conclusiones son coincidentes, las diferencias entre los valores de AGL son notables; a tiempo cero el % de ácido oleico declarado por el autor citado, es similar a los valores determinados en el presente trabajo a los 4 meses y medio de iniciado el ensayo y sólo en la harina proveniente de semillas cocidas; incluso los resultados de AGL de la sopa instantánea, en los primeros estadios del estudio son inferiores a ese valor, a pesar de poseer margarina agregada.

La harina proveniente de semillas que han sido cocinadas presentó valores más altos de AGL que las sin cocer. Esta diferencia podría deberse a la acción combinada de la temperatura (circa 120°C) y presión (1 At) de cocción, sobre los TAG. Estos factores favorecen la hidrólisis de los lípidos neutros con posterior liberación de los ácidos grasos constituyentes. La velocidad de oxidación es mayor para los AGI en estado libre que cuando se encuentran esterificados, constituyéndose así en los principales sustratos de la oxidación (17).

El hallazgo de mayores valores de AGL en la harina cocida coincide con los resultados obtenidos para DC, ya que estos también fueron más elevados en este material, posiblemente por la mayor disponibilidad de AGL como sustratos oxidables.

La quinua se caracteriza por su elevada cantidad de vitamina E (α-tocoferol) 0,59-2,6 mg/100 g de semillas, que actúa como un antioxidante natural contra la oxidación lipídica (5,19, 20). Sumado a esto, las pérdidas ocasionadas durante el proceso de remoción de saponinas parece afectar levemente el contenido vitamínico, siendo insignificante la pérdida de α-tocoferol (2,6 a 2,4 mg/100 g de harina, quinua sin desamargar y quinua desamargada respectivamente) (19). La acción combinada de una mayor exposición al oxígeno y las altas temperaturas, durante la cocción de las semillas, tendría como consecuencia la pérdida de su acción antioxidante. Este motivo, sumado a la mayor disponibilidad de sustrato oxidable podrían ser los responsables de la mayor formación de DC en la harina cocida que en la cruda, donde se conservaría gran parte de efecto protector de la vitamina E. Estudios realizados en panes con quinua y libres de gluten mostraron pérdidas significativamente menores en vitamina E, cuando se elaboraron con 100% quinua, mientas que para panes de trigo casi el doble (20). Esto parece sugerir que la matriz de quinua ejerce una acción beneficiosa sobre la preservación de esta vitamina.

En las harinas y las sopas los DC aumentaron durante el período estudiado. Los valores más altos se detectaron en las sopas instantáneas y la harina de quinua a partir de la cual se formuló, pero además y como ya se mencionó, este producto estuvo constituido por otras fuentes de lípidos capaces de ser oxidados.

CONCLUSIONES

Las harinas de quinua y las sopas elaboradas a partir de ellas, presentan una buena estabilidad oxidativa en las condiciones de ensayo estudiadas durante 4 meses y medio. Si bien el aporte nutricional de este tipo de producto es, en general bajo, cubriendo entre el 1 al 4% de la Ingesta Diaria Recomendada, son de rápida preparación, pueden consumirse en diferentes lugares físicos y momentos del día, poseen alto valor de saciedad y satisface las necesidades sociales y culturales de la comunidad ya que, el empleo de la quinua, contribuye a la diversificación de la dieta y a la vez, revaloriza a un cultivo de origen americano. Por último, la ausencia de gluten permite su consumo por parte de personas con enfermedad celíaca, ampliando también la oferta para este sector de consumidores.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Cervilla N.S., Mufari J.R., Calandri E.L., Guzmán C.A. 2012. Determinación del conteni-

do de aminoácidos en harinas de quinoa de origen Argentino. Evaluación de su calidad proteica. Actualización en Nutrición 13 (2): 107-113. ISSN 1667-8052.

2- Galway N.W., Leakey C.L.A., Price K.R., Fenwick G.R. 1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa. Food Sci. and Nutrition 4: 245-261.

3- Hanjun T., Katsumi W., Toshuio M. 2002. Characterization of storage from quinoa, barley and adzuki seeds. Carbohydrate Polymers 49: 13-22.

4- Ahamed N.T., Singhal R.S., Kulkami P.R., Pal M. 1996. Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. Carbohydrate Polymers 31: 99-103.

5- Abogoch J.L.E. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties (1). En: Advances in Food and Nutrition Research. Volume 58. ISSN 1043-4526.

6- Ryan E., Galvin K., O'Connor T.P., Maguire A.R., O'Brien N.M. 2007. Phytosterol, Squalene, Tocopherol Content and Fatty Acid Profile of Selected Seeds, Grains, and Legumes. Plant Foods Hum Nutr 62:85–91.

7- Bonamino M.J., Carreño V.I., Cervilla N.S. 2009. Elaboración de sopas a partir de la molienda de semillas de quinoa. Invenio 12 (23): 119-129. ISSN 0329-3475.

8- Franco, D. Informe de Producto: Sopas y Caldos (Internet) Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/conservas/productos/SopasCaldos_2011_06Jun.pdf. (actualizado 06 de Junio de 2011; citado el 29 de Noviembre de 2009).

9- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Biomédica (Internet). Listado Integrado de Alimentos sin Gluten. (Actualización: Noviembre de 2013; citado 30 de Noviembre de 2013) Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/listados/Listado_de_Alimentos_Libres_de_Gluten_18_11_2013.pdf

10- Cervilla N.S., Mufari J.R., Calandri E.L., Guzmán C.A. 2010. "Estandarización del proceso de obtención de harina de quinoa cruda y cocida. Evaluación de pérdidas en el contenido mineral derivadas del tratamiento". *In*: II Reunión Interdisciplinaria de Tecnología y Procesos Químicos, Huerta Grande – Córdoba – Argentina. ISBN 978-950-33-0811-0.

11- Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemist. 1999. 16th Ed. 5th Revision, Gaithersburg, USA.

12- Greenfield H., Southgate D.A.T. 2003. Datos de composición de alimentos. Obtención, Gestión y Utilización. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. p.185. ISBN 978-92-5-304949-3

13- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Integration of Analytical Methods and Food Energy conversion Factors. 2002. *In*: Food and Nutrition. Food energy – methods of analysis and conversion factors (77), Roma. pp. 57-59. ISSN 0254-4725.

14- Su-Chuen Ng., Anderson A., Coker J.A., Ondrusa M. 2007. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). Food Chemistry 101: 185–192.

15- Cervilla N.S., Mufari J.R., Calandri E.L., Guzmán C.A. 2011. Composición química de harinas de quínoa de origen argentino, pérdidas minerales durante el lavado. Actualización en Nutrición 13(4): 293-299.

16- Nutrinfo Comunidad Virtual de Profesionales en Nutrición (Internet). Disponible en: http://www.nutrinfo.com/tabla_composicion_quimica_alimentos.php?marca=Todas&numberOfResults=40&measure=porcion&FoodCategory=Caldos+y+Sopas

17- Badui Dergal S. 2006. Química de los Alimentos. 4° Ed. Pearson Addison Wesley, México. p.312, 341.

18- Devin J., Pike R., Pike O.A. 2006. A Simple Method to Measure Lipase Activity in Wheat and Wheat Bran as an Estimation of Storage Quality. JAOCS 83 (5): 415-419.

19- Ruales J., Nair B.M. 1993. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa(*Chenopodium quinoa* Willd) sedes. Food Chemistry 48, 131-136.

20- Alvarez-Jubete L., Holse L., Hansen A., Arendt E.K; Gallagher, E. 2009. Impact of Baking on Vitamin E Content of Pseudocereals Amaranth, Quinoa, and Buckwheat. Cereal Chem 86 (5):511–515.

Comportamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* cv. CICA) en diferentes fechas de siembra en Tafí del Valle, Tucumán, Argentina

Estela Z. Brandán de Antoni[1], Alejandro Arrieta[2], Ana M. Tapia[1], Ernestina Seco[1], Pedro Alemán[3], Arnaldo Romero[1], Francisco Murúa[1] y Justiniano Ribera[1]
1- FCA, UNCa. Catamarca. 2- FAZ UNT. Tucumán. 3- Subest. Exper. Tafí del Valle. EEAOC. Tucumán.
Correo-e: ezbrantoni47@yahoo.com.ar

INTRODUCCIÓN

La quinua, es un pseudocereal de la familia *Chenopodiaceae*. Se le denomina pseudocereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas en las que se ubican los cereales tradicionales, pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal (1).
Entre los factores que afectan la productividad y calidad del grano se menciona la época de siembra. Etchevers y Ávila (3) indican que en Chile, en la zona centro sur, en la zona de Chillán (VIII región) existen diferentes fechas de siembra en quinua, entre julio a octubre, en tanto en el secano costero se siembra en octubre, cosechando en enero-febrero. En Linares (Sur de Santiago de Chile), la siembra se realiza en octubre y se cosecha entre marzo a abril. Otros autores como Delatorre (2) concluyen que en Chillán el rendimiento no se afecta significativamente si se siembra entre la primera quincena de septiembre y primera quincena de octubre, afectándose con siembras posteriores a la segunda quincena de noviembre. En el altiplano Fuentes (4) menciona que la época de siembra es en septiembre y octubre, para evitar el efecto de las heladas. Se trabajó en la Pampa del tamarugal, con diferentes épocas de siembras -desde septiembre a enero-, y coincide con los resultados obtenidos por los autores anteriormente señalados, siendo el mejor período las fechas comprendidas entre el 1 al 15 de octubre (1).
Vasconcelos *et al*. (11) determinaron que la fecha de siembra en quinua tuvo influencia, entre otros componentes, en la altura de las plantas en el momento de madurez y en la productividad; la mayor altura de plantas junto con la mayor productividad se obtuvo en siembra temprana de marzo en Campo Mourão, estado de Paraná, Brasil.
En experiencias con dos cultivares de quinua, Baer y Blanca de Junín, se determinó que el mayor rendimiento de grano, 6,96 t/ha, se obtuvo con el cv. Baer sembrado en marzo, en Cambridge, Inglaterra. Asimismo se estableció que la competencia de las malezas fue más intensa en la siembra más tardía, haciendo que las parcelas sembradas en mayo sean abandonadas (9).
La determinación de la práctica de la siembra es bastante antigua, pero siempre requiere de más estudios, debido a la continua evolución de las condiciones ambientales, genotípicas y tecnológicas. En general, la determinación de la siembra consiste en establecer un ajuste entre el período crítico de cultivo de acuerdo a sus necesidades bioclimáticos con el período del clima favorable de la región en la que se instala un cultivo (8).
De acuerdo a Marca Vilca *et al*, (7), el comportamiento de los rendimientos en la quinua fundamentalmente está relacionado en-

tre otros factores, al manejo tecnológico del cultivo, a la presencia o ausencia de precipitaciones pluviales, de helada y del granizo en el ciclo de producción.

En determinadas etapas fenológicas, como floración y llenado de grano, la quinua es muy susceptible a las bajas temperaturas (por debajo de -4 ºC) (6).

El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de quinua en tres fechas de siembra en Tafí del Valle, Tucumán en 2012/2013.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Subestación Experimental Tafí del Valle perteneciente a la Estación Agroindustrial Obispo Colombres, a Lat. 26°22' S, Long. 65°18' 0 64°39' O y 2000 m.s.n.m..

El clima es de tipo semiárido con 18 ºC de temperatura media anual; precipitaciones concentradas durante el período estival (10).

Los suelos están desarrollados sobre materiales aluviales, coluviales y en menor extensión eólicos, muestran diferencias en el perfil. Morfológicamente solo se ha desarrollado un horizonte A que puede constituir un epipedon mólico u ócrico, según la posición fisiográfica, la edad del material o los efectos de la erosión.

Predominan los suelos de texturas livianas y medias, frecuentemente con cargas de gravas y guijarros.

El contenido de materia orgánica es moderado a bajo y sus propiedades hídricas están regidas en gran medida por las características texturales.

Los suelos más desarrollados corresponden a los Haplustoles énticos y Haplustoles fluvénticos. Los más jóvenes se ubican entre los Ustorthents típicos y Ustifluvents típicos según Zuccardi y Fadda (12).

Los suelos donde se efectuó el experimento son de clase textural franco; textura ligera y media; 1,9 % de materia orgánica; Nitrógeno total (%): 0,092; contenido de fósforo: 77,3 ppm.; potasio 0,79 me. /100g; pH 6,0 y 0,6-1 mmhos C.E. (12).

La siembra de quinua cv. CICA se realizó en suelo con siembra previa de cultivo de papa, en forma directa a chorrillo en 2 bordos útiles/parcela, con longitud de 5,50 m y separación de 0,50 m entre hileras simples.

A los 40 días de la siembra se efectuó un raleo dejando 13-15 plantas/m^2; se efectuaron dos carpidas manuales y riego complementario.

Las fechas de siembra, consideradas como tratamientos, fueron:

- T1: 16/11
- T2: 05/12
- T3: 21/12

Todos los tratamientos se realizaron con cuatro repeticiones, con un diseño de bloques al azar. La cosecha de los T1 y T2 se realizó en abril y del T3 en mayo. Para cada tratamiento el momento de cosecha se determinó cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, presentando hojas amarillas que se desprendían y con los granos firmes a la presión manual. Posterior a la cosecha, las panojas se colocaron en invernáculo para su secado y posterior trilla manual.

Para cada tratamiento se evaluaron los siguientes parámetros:

- Altura de planta (m)
- Rendimientos de grano (kg.ha^{-1})
- Poder germinativo de la semilla obtenida (PG).

Los resultados obtenidos se analizaron mediante ANOVA y Test de Tukey (p<0,05) de comparación de medias, mediante STATISTIX para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de altura media de planta (m) y de rendimientos en grano (kg. ha^{-1}) para tres fechas de siembra se muestran en los cuadros 1 y 2.

Se observa que la altura media de planta en

Cuadro 1. Análisis estadístico para altura de planta (m) de ensayos de quinua en diferentes fechas de siembra (T).

Test de Tukey (*p*<0,05) Fechas de Siembra (Tratamiento)	Media	N	Signif.
T1	1,40	12	A
T2	1,22	12	B
T3	1,05	12	C

Las diferencias significativas son marcadas con una letra distinta

Cuadro 2. Análisis estadístico de rendimientos de grano (kg.ha^{-1}) en ensayos de quinua para diferentes fechas de siembra (T).

Test de Tukey (*p*<0,05) Fechas de Siembra (Tratamiento)	Media	N	Signif.
T1	1880	12	A
T2	821	12	B
T3	608	12	C

Las diferencias significativas son marcadas con una letra distinta

las tres fechas de siembra es significativamente diferente entre ellas. En cuanto a los rendimientos de grano se establece que en las tres fechas de siembra se presentan diferencia significativa entre sí. Estos resultados muestran que tanto la mayor altura de plantas como la mayor productividad del cultivo se obtienen en época de siembra temprana de noviembre, en valle de altura de Tafí del Valle, Tucumán; estos resultados son coincidentes con los obtenidos por otros autores como Risi y Galwey (9), Vasconcelos *et al*. (11), Etchevers y Ávila (3), Delatorre (2), Fuentes (4), y COFECYT (1),

En las figuras 1, 2 y 3 se observan aspectos del material vegetal cv. CICA del ensayo en campo y secado en invernadero.

En el tratamiento 3, correspondiente a la fecha más tardía de siembra, el menor crecimiento de la planta coincidió con una competencia más intensa de malezas en concordancia con lo expresado por otros autores como Risi y Galwey (9).

Los resultados obtenidos de PG de las semillas obtenidas en tres fechas de siembra se muestran en cuadro 3.

A fin de confirmar estos resultados se realizó previo al análisis del PG un tratamiento de absorción bajo vapor de agua durante una hora, y luego se pusieron a germinar las

Figura 1. Cultivo de quinua, 1ª fecha de siembra. Tafí del Valle, Tucumán

Figura 2. Cultivo de quinua, 2ª fecha de siembra. Tafí del Valle, Tucumán

Figura 3. Secado de las panojas de quinua en invernadero, previo a la trilla.

muestras de granos obtenidos en la 3ª fecha de siembra, sin que se obtenga germinación; Estos resultados se deberían a la ocurrencia de heladas tempranas ocurridas en abril, coincidente con el momento en que el grano estaba al estado lechoso. A pesar que se obtuvo producción, los granos obtenidos del T3 fueron vanos; estos resultados son concordantes con León Hancco (6) que expresa que en determinadas etapas fenológicas del cultivo, como es floración y llenado de grano, la quinua es muy susceptible a las bajas temperaturas (por debajo de -4 ºC), lo que habría producido este efecto sobre los granos que también son considerados por otros autores como Marca Vilca *et al*. (7) cuando mencionan que el comportamiento de los rendimientos en la quinua fundamentalmente están relacionados a la presencia o ausencia de precipitaciones pluviales y de helada en el ciclo de producción.

Cuadro 3. Análisis estadístico del poder germinativo de semillas de quinua para diferentes fechas de siembra (T).

Test de Tukey (*p*<0,05) Fechas de Siembra (Tratamiento)	**Media**	**N**	**Signif.**
T1	89500	12	B
T2	93000	12	A
T3	0.0000	12	C

Las diferencias significativas son marcadas con una letra distinta

CONCLUSIONES

- El cultivo, al disponer de mayor período de crecimiento y de madurez del grano, previo a las primeras heladas tempranas al final del ciclo de crecimiento, la fecha temprana de siembra incrementa rindes y calidad de granos en quinua, cv. CICA.
- La altura de plantas y los rendimientos están directamente influenciados por la fecha de siembra.
- En siembras tardías existe riesgo de obtención de granos vanos debido al efecto de las heladas tempranas, lo cual impediría su utilización como semilla, consumo directo y en agro-transformación.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- COFECYT Cultivos andinos (.pdf) –.Cultivos andinos (.pdf) – COFECYT
2- Delatorre J. 1994. Determinación de la época de siembra en quinua cultivada en la Pampa del Tamarugal. Informe de Avance. Proyecto FONDEF AI-14.
3- Etchevers L. y Ávila P. 1981. Efecto de la fecha de siembra, distancia entre surcos y dosis de siembra sobre el comportamiento de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) en Chillán. Ciencia e Investigación Agraria 8 (1): 19-26.
4- Fuentes E. 1972. Importancia de la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) en la solución del problema de las proteínas en la alimentación chilena. Simiente 42 (1-3):15-20.
5- Lanino R.I.M. 1977. Antecedentes de las explotaciones agrícolas en Isluga. Altiplanos de la Provincia de Iquique. Universidad del Norte. Iquique, Chile. Numero de paginas
6- León Hancco J.M. 2003. Cultivo de la Quinua en Puno-Perú. Descripción, Manejo y Producción. Puno – Perú. UNA. Ciencias Agrarias. Setiembre. 63pp.
7- Marca Vilca S., Chaucha Jove W., Quispe Quispe J.C., y Mamani Centón V. 2011. Comportamiento actual de los agentes de la ca-

dena productiva de la quinua en la Región Puno. Gobierno Regional Puno. Dirección Regional Agraria Puno. Proyecto Quinua Regional. Perú. 82pp.
8- Queiroz E.F., Gaudêncio C.A., García A., Torres E., Oliveira C.N. 1998. Efeito de época de plantío sobre o rendimento da soja, na região norte do Paraná. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 33, (09):512-519.
9- Risi J., and Galwey N.W. 1991. Effects of sowing date and sowing rate on plant development and grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment. The Journal of Agricultural Science. Cambridge. 117(03):325-332.
10- Torres Bruchmann E. (1977). El clima de Tafi del Valle y sus posibilidades agropecuarias. Pub. Esp. 9: 5-6. FAZ, Univ. Nac, de Tucumán, Argentina.
11- Vasconcelos F.S. De, Vasconcelos E.S. de, Balan M.G., and Silvério L. 2012. Development and productivity of quinoa sown on different dates the during off-season. Revista Ciência Agronômica, 43(3), 510-515.
12- Zuccardi R.B. y Fadda G.S. 1985. Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. Pub. Misc. FAZ-UNT. 86: 1-63.

Propiedades físico-químicas, estructurales y de calidad en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad CICA, con evaluación de la eficiencia de un proceso artesanal de escarificación en seco

Patricia L. Jiménez de Erramouspe, Margarita Armada y Silvia E. Gómez Molina
Universidad Nacional de Salta, Instituto de Investigaciones para la Industria Química, Facultad de Ingeniería, Laboratorio de alimentos, Salta
Correo-e: amaru06@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es una quenopodiácea característica de las regiones andinas más frías, cultivada en el Altiplano sudamericano desde épocas prehispánicas, considerada un pseudocereal por tener características similares a los granos de cereal tradicionales y por pertenecer a la familia de los Chenopodium

Considerado uno de los mejores y más completos alimentos de la Región Andina posee un valor biológico "similar al de la caseína", por la presencia de aminoácidos esenciales (1, 2, 3), fue reemplazada por cultivos como el trigo y la cebada a la llegada de los españoles.

Su cultivo se localiza en Bolivia, Perú, Colombia, Ecuador, Chile y Argentina, muestra el mayor número de formas, diversidad de genotipos y progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca, principalmente en Potosí (Bolivia) y Cuzco (Perú). Se ha difundido a los demás países Sudamericanos a través de los programas de investigación y transferencia de tecnología cooperativa, posteriormente se extendió a Estados Unidos y Canadá, bajo forma de cultivares de Bolivia y Chile.

Actualmente se cultiva en Inglaterra, Alema-

nia, Dinamarca, Finlandia, Holanda, España, Italia, Francia, Rusia, Portugal, Los Himalayas, Sur Este de Asia: Japón (4).

En nuestro país existen dos polos de producción de quinua bien diferenciadas: la Región Pampeana y la Región del NOA, existen referencias de quinoa en Jujuy (Quebrada de Humahuaca), San Juan, Mendoza (Gruta del Indio), Catamarca y Salta (Pampa Grande, Valles Calchaquíes); luego por razones de mayor competitividad de los cereales, su cultivo se ha limitado a San Pedro de Jujuy, Salta, Tucumán, Córdoba, Zona Pampeana, Patagonia; y en forma aislada en pequeños campos o asociada al maíz (5).

En la Provincia de Salta su producción se encuentra dividida en dos áreas: Área Sur (Coronel Moldes, Quebrada de Escoipe, Cafayate y San Carlos) y Área Norte (Cachi y La Poma). En los Valles Calchaquíes, son productores de grano, solo para autoconsumo de los pobladores locales.

En la alimentación humana se usan el grano, las hojas y con menor frecuencia las panojas tiernas (5) Los nombres con que usualmente se conoce a este grano en América Latina son: Quinoa o Kinua (quechua), Jiura (aymara), Quinua (mapuche) y Suba (chibcha) (6).

El grano de quinoa tiene la limitación, que previo a su uso para consumo humano, es preciso extraer compuestos glucosídicos llamados saponinas, ubicados en el pericarpio (cáscara) de la mayoría de las especies conocidas, que le confieren un sabor amargo, y causan la ruptura de los hematíes (7). Las formas amargas son la que se corresponden con las formas silvestres y la mayoría de las variedades dulces han sido obtenidas por trabajos de fitomejoramiento.

El proceso tradicional de desaponificación es por vía húmeda (8), lo que demanda grandes cantidades de agua y energía (principalmente durante el proceso de secado), generando volúmenes considerables de efluentes contaminados con saponinas que se descargan al medio ambiente sin tratamiento alguno. Actualmente se desarrollan tecnologías de escarificación por vía seca a nivel industrial, utilizando reactores de lecho fluidizado de tipo surtidor, con excelentes resultados (9).

La creciente demanda mundial de alimentos inocuos, orgánicos y de calidad como la quinua, representa una oportunidad, que refuerza sinérgicamente la fortaleza regional como productora de este cultivo, y alienta la expansión de la producción agroindustrial y alimenticia, como alternativa válida para la generación de recursos económicos importantes

Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar de manera integral, una de las variedades que se cultivan actualmente en Salta con mayor intensidad, así como también un proceso de escarificación de la semilla por vía seca, adecuado a los recursos hídricos disponibles en las regiones de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron los granos de quinua de la variedad CICA cultivada en la provincia de Salta, sobre los mismos se determinó: porcentaje de residuos (a fin de evaluar su limpieza, ya que la cosecha se realiza en forma manual).Sobre 100 granos y por triplicado, se determinaron las características físicas de: tamaño (mm); forma; peso (g); densidad en g/ml (10); color: con colorímetro de reflectancia (Color Tec PCM- Cole Parmer), con una fuente de luz del 65% (lo que equivale a luz de día), utilizando los parámetros CIELAB: L*, a*, b*, el valor L* está referido a la variación en la luminosidad desde el negro (cero) al blanco (100), a* desde el verde (-a*) al rojo (+*a) y b* desde el azul (-b*) al amarillo (+b*); las características texturales de los granos se midieron en un texturómetro QTS 25-Brookfield (Brookfield, USA), se aplicó un Test de Compresión cuyas características fueron: total de ciclos: 1, unidad de meta: distancia, unidad de medida: g, valor de meta: 5 mm (unidad de distancia), veloci-

dad de prueba: 30 mm/min, velocidad de regreso: 1000 mm/min, valor de gatillo (punto de fuerza): 5 g, celda de carga: 25 kg, espacio de soporte: 36 mm, y el parámetro rigidez se determinó a una deformación constante.

La composición proximal: proteínas, lípidos, cenizas, humedad y fibras, fue evaluada de acuerdo a técnicas oficiales de A.O.A.C. (11) y A.A.C.C (12); los minerales calcio, hierro y fósforo, según método oficial de la AOAC en un espectrofotómetro de absorción atómica, contenido de saponinas por el método de la espuma (13) en + 1 g de muestra por triplicado.

La microestructura fue analizada en un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL JSM 6480 LV) y la evaluación microbiológica y los ensayos de germinación y sanidad, se realizaron siguiendo el Protocolo para el Análisis Microbiológico de Cereales (14). La flora de los granos de cereales está compuesta de gérmenes saprófitos, generalmente es abundante y se sitúa en la superficie, procede de la que existe en el aire, suelo, sobre animales y sobre plantas. El tipo y número de microorganismos integrante de la flora depende: del clima donde se haya producido, del suelo en el que han crecido, ambiente con el que han estado en contacto, métodos de recolección utilizados, condiciones climáticas durante la recolección, tiempo y forma de almacenamiento.

Los ensayos de escarificación en seco, sobre granos de variedad CICA se realizaron utilizando un prototipo escarificador construido en el Laboratorio de Alimentos.

Consistió en un plato recolector (de una cascada de tamices) de 20 cm de diámetro, cuyo interior estaba recubierto con papel abrasivo N° 210 (lija fina para madera). Se colocaron dentro del plato forrado, 50 gr de muestra, sobre ésta y para ejercer presión aumentando el efecto abrasivo, un disco de madera de 15,5 cm de diámetro y 159,42 gr de peso, también forrado con papel lija. Se puso en funcionamiento el equipo de movimientos vibratorios durante períodos de 10 min cada uno; luego se separaron las saponinas con un tamiz y se tomaron en cada caso, muestras de granos de quinua, sobre las que se determino su contenido de saponinas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra estudiada presentó un 28,3% de residuos, que consistían en restos de panoja y tierra, debido a que el tamaño del grano de quinua es muy pequeño y su recolección o cosecha, es manual. Este valor sería elevado y es indicativo de que sería necesario mejorar la técnica de recolección del grano.

Parámetros físicos y de textura

Los granos se caracterizaron por presentar una forma alentejada, de dimensiones y densidad intermedia con respecto a otras variedades estudiadas. Con respecto a la valoración de color, presentaron buena luminosidad con una coloración crema intensa (Cuadro 1).

Los parámetros de textura se determinaron sobre granos crudos, aplicando un Test de Compresión. Si consideramos a la fuerza como el esfuerzo máximo que un objeto soportará antes de que se rompa, y a la dureza como la resistencia a la rotura, un material fuerte no necesariamente necesita ser duro. Se utilizó en este estudio como patrón de comparación granos de quinua variedad REAL (Figura 1). Los resultados indicaron que la variedad CICA presentó mayor dureza y rigidez que la variedad REAL, el trabajo realizado para fracturar el grano fue casi 2,5 veces mayor con respecto a la variedad REAL. La variedad CICA presentó una mayor deformación del grano y un menor número de fracturas, indicando que la mejor masticabilidad, seria para la variedad REAL.

Composición química y contenido de saponinas

Esta variedad presentó un elevado contenido de proteínas, lípidos, fibra cruda y ceniza con

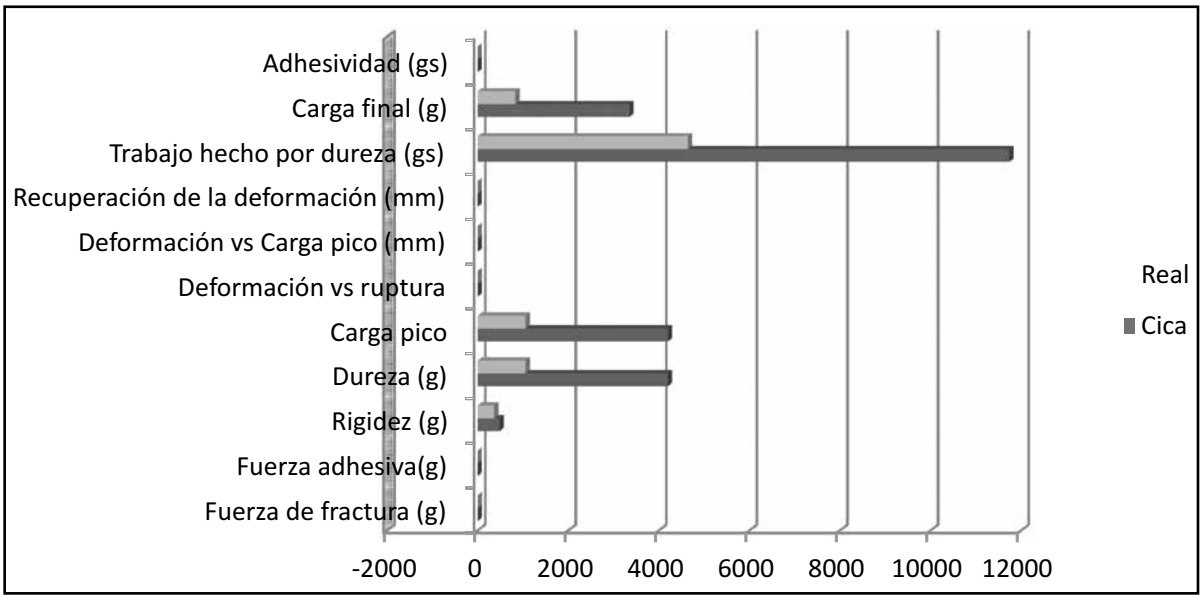


Figura 1: Parámetros Texturales determinados sobre granos crudos en dos variedades de quinua (CICA y Real)

Cuadro 1. Parámetros físicos de los granos de quinua variedad CICA

Variedad	Tamaño (mm)	Peso de 100 granos (g)	Densidad (g/ml)	Color		
				L*	a*	b*
CICA	0,21	0,27	0,61	67,17	- 0,18	23,84

Cuadro 2. Composición proximal del grano de quinua variedad CICA

Componentes	g/100g materia seca
Proteinas	16,58
Carbohidratos	67,99
Grasas	6,91
Cenizas	4,56
Fibra	3,96
Humedad	9,55
Kcal/100g materia seca	400,38
Densidad calórica (Kcal/g de materia seca)	4,00

respecto a otros cereales de consumo habitual como el trigo o el maíz (Cuadro 2). Su densidad energética fue elevada (4,00 kcal/g de producto), lo cual asegura en mayor medida la utilización de la proteína presente en el grano. El contenido de humedad en los granos de la variedad estudiada, se encontró en valores aceptables, indicando que su conservación fue buena y que mantiene su viabilidad (15)

La composición de macronutrientes determinados en los granos de quinua de la variedad estudiada fueron similares a valores establecidos por Repo-Carrasco (16) y al descripto por el Comité de Exportación de Quinua de la Paz, Bolivia, para otras variedades estudiadas.

Como es conocido, el calcio y el fósforo, por el contenido en que se encuentran en nuestro organismo en el orden del gramo, y/o sus requerimientos diarios son superiores a los 100 mg, son considerados macronutrientes, no así el hierro quien podría perfectamente clasificarse como macroelemento por la cantidad presente en el cuerpo humano, pero debido a que su requerimiento es inferior a los 100 mg, se lo clasifica como microelemento; sin obviar esta clasificación, pero a modo práctico comentaremos los resultados obtenidos para estos tres elementos sin diri-

mir aspectos de clasificación, sino favorecer la comparación de los resultados encontrados.

El contenido mineral de calcio (Ca), fósforo (P) y de hierro (Fe) en los granos estudiados, fueron similares a valores citados para otras variedades por otro autores (17), pero mayores al contenido de iguales minerales presentes en el grano y harinas de trigo (Cuadro 3), de allí la importancia de la inclusión de productos de quinua en la alimentación de grupos especiales (pre-escolares, lactantes, embarazadas y ancianos).

El contenido de saponinas en granos, fue determinado utilizando el método semicuantitativo normal de la espuma de Koziol (13), con una duración total de 73 min. Al finalizar éste procedimiento, se midieron las alturas de la espuma de las distintas muestras, con regla a 0,1cm más cercano, y se aplicaron las fórmulas correspondientes para determinar el contenido de saponina presente en los granos analizados.

Según su concentración de saponinas, la quinua se clasificará en dulce; con un contenido menor de 0,11 % de saponinas en base húmeda y amarga cuando presenta más de 0,11 % de saponinas. La variedad estudiada fue dulce (0,089 %) indicando en esta variedad un proceso de fitomejoramiento y no sería una variedad silvestre.

Análisis microbiológicos: Se realizaron siguiendo el Protocolo para el análisis microbiológico de cereales (Cuadro 4), en el cual se incluye:

- Recuento de colonias aerobias mesófilas (31ºC+ 1ºC)
- Investigación y recuento de coliformes totales (Número más probable NMP)
- Investigación y recuento de *Escherichia coli*
- Investigación de *Salmonella*
- Investigación y recuento de mohos y levaduras

Los límites de microorganismos presentes en cereales son:

Recuento de colonias aerobias mesófilas	Máximo $1x10^5$/g
Escherichia coli	1×10^2 /g
Salmonella y Arizona	Ausencia/25 g
Mohos y levaduras	Máximo $1x10^4$ /g

La determinación de recuento de bacterias aerobias mesófilas refleja la calidad sanitaria de los productos analizados, indicando además de las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma como fueron manipulados durante su cosecha y posterior almacenamiento; valores cercanos a 105

Cuadro 3. Contenido de Calcio, Hierro y Fósforo en Granos de Quinua, Variedad CICA con respecto a Granos y Harina de Trigo (mg /100g de alimento)

Alimento	Calcio	Fósforo	Hierro
Granos de quinua variedad CICA	92,7± 12,4	296,6 ± 9,4	10,1 ± 1,6
Grano de trigo*	36	224	4,6
Harina de Trigo*	32	108	0,3

* Fuente: Moreyras, P. y Vargas, R. Moreyras, P. y Vargas, R. 1977. Instituto de Investigaciones Agroindustriales. Proyecto estudio de la utilización de quinua. Universidad La Molina, Perú.

Variedad	Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas	Recuento de Hongos y Levaduras	Número mas Probable de Coliformes	Investigación de *Salmonella*
CICA	UFC/g: $4x10^2$	UFC/g: < 15x10	NMP: < 3 /g	ausencia de *Salmonella* / 25 g

Cuadro 4: Control microbiológico de granos de quinua, variedad CICA

indica materia prima excesivamente contaminada. Los valores investigados resultaron menores a los establecidos para cereales, concluyendo que la calidad de la materia prima fue óptima

Viabilidad de las semillas: Se consideró adecuado realizar ensayos de germinación y sanidad para valorar la calidad de la semilla. La variedad CICA reveló un alto poder germinativo (81%), y una buena sanidad (3% afectada por bacterias y 3% por hongos), lo que aseguraría que la materia prima estaría en buenas condiciones higiénico-sanitarias. Estos valores junto a los controles microbiológicos, confirmaron que la variedad CICA cosecha 2006, es una materia prima en buenas condiciones higiénico-sanitarias.

Microestructura: La microestructura fue determinada a través de microfotografías electrónicas de barrido, sobre cortes longitudinales, realizados en granos de quinua (Figura 2), la parte más alargada de la semilla corresponde al polo radicular, mientras el extremo redondeado es el polo cotiledonal (18). El embrión, está formado por dos cotiledones

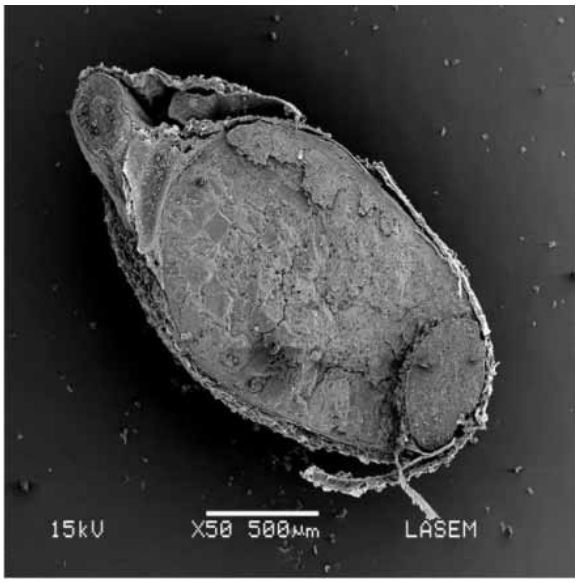


Figura 2. Estructura del grano de quinua variedad CICA: EP Episperma. E embrión. P perisperma, según corte longitudinal, X50

y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla el cual envuelve al perisperma como un anillo; la radícula, muestra una pigmentación de color castaño oscuro. El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por gránulos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla.

La morfología descripta de este grano indica que la episperma está constituida por 4 capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos. La segunda capa es muy delgada y lisa, la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida, está constituida por un solo estrato de células, esta última unida a un perisperma compacto con ausencia de espacios de aire.

Las microfotografías, permitieron apreciar las diferencias estructurales encontradas, especialmente en las capas más externas de la episperma (donde se encuentra acumulada la mayor concentración de saponinas), y también en la densidad del perisperma.

En CICA observamos un pericarpio, con capas perfectamente delimitadas, solo se aprecian claramente 3 zonas (Figura 3), una externa poco compacta y rugosa, una capa media laminar de mayor densidad y una interna compacta, unida a un endospermo de consistencia firme con pocas fracturas; lo que explicaría su dureza.

Los gránulos de almidón son poligonales (Figura 4), de un tamaño superior a 1µm, la mayoría de ellos (fondo de la imagen) muy cementados y en la zona de corte de la semilla poco adherida entre sí, con espacios de aire y presencia de gran cantidad de cuerpos proteicos. Su disposición es compacta en la variedad CICA, coincidente con los resultados obtenidos en textura.

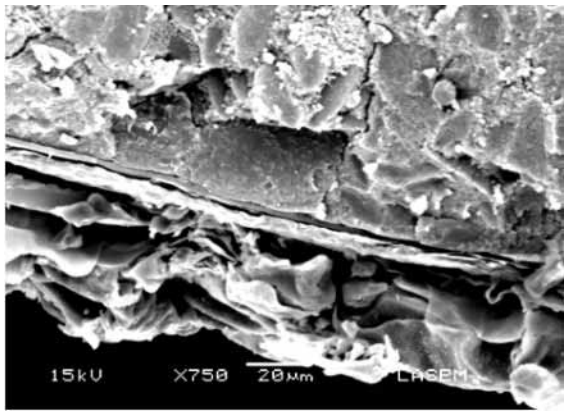


Figura 3. Estructura de la episperma y del perispermo,de granos de quinua variedad CICA, corte longitudinal, X 750.

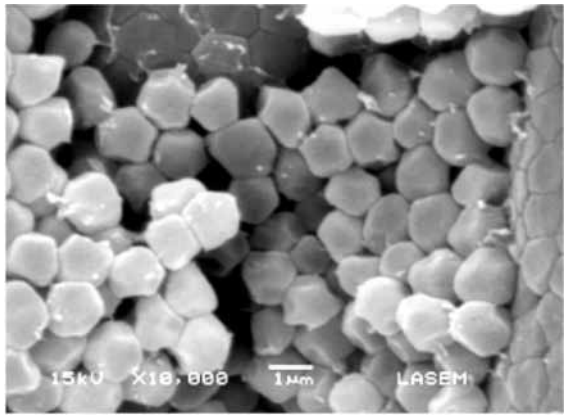


Figura 4. Gránulos de almidón de la variedad CICA X 10.000

Escarificación

La remoción del episperma de los granos de quinua, ocasionaría la extracción de la saponina presente, y el grado de extracción en este proceso tendría relación con el prototipo de escarificador, la morfología y dimensiones de las semillas, según la variedad de la cual se trate (19)

Para el prototipo de laboratorio desarrollado, la extracción de saponinas por escarificado en variedad CICA fue de 58,66%, aplicando un proceso vibratorio continuo por un periodo de 40 minutos.

La extracción de saponinas por vía seca, seria de preferencia ya que agregaría un valor extra al producto para su comercialización, reduciendo el costo del mismo, por la conservación de agua al no utilizar el lavado continuo de los granos, ya que este es un recurso escaso dentro de las áreas donde generalmente se cultiva la quinua.

La eficiencia de este proceso sobre un total de 100% de granos tratados fue: 47,3% presento una escarificación escasa, 15,5% una escarificación mediana y un 37,2% una escarificación total.

CONCLUSIONES

Los granos de ambas variedades analizados poseen un elevado contenido proteico y calórico, constituyéndose en una excelente alternativa alimentaria, sobre todo para grupos vulnerables de la población; presentaron un bajo contenido de saponinas, lo que corroboró que estas variedades sufrieron un proceso de fitomejoramiento y no son especies silvestres.

El color del grano y de sus harinas, varía de un amarillo claro a un cremoso, aceptable en el uso de preparaciones de panadería, pastelería y pastificación.

Si bien sobre el grano crudo, se determinó que la variedad CICA es más dura y de menor masticabilidad que la variedad REAL, este dato sería útil como base para el procesamiento de harinas; ya que una vez cocidos los granos y por el pequeño tamaño de los mismos el esfuerzo masticatorio compensaría estas diferencias.

El análisis de las características físicas de los granos, y los estudios de textura, servirían como herramientas de predicción de determinadas características estructurales presentes en los mismos; ya que los resultados obtenidos previamente, se relacionaron bien con los hallazgos realizados por microscopia electrónica

Este grano tuvo un alto poder germinativo y buena sanidad, siendo los valores de recuento de bacterias aerobias mesófilas, de hongos y levaduras y coliformes; menores a los establecidos para cereales, de acuerdo a esto son cultivos casi orgánicos, lo que aseguraría aún más su inocuidad de ingesta.

Si bien se observa un nivel de efectividad ra-

zonable a nivel laboratorio con 40 minutos de escarificado; no se alcanzaron todavía niveles adecuados en términos comerciales (valores de saponinas menores a 0,05%), probablemente el tiempo utilizado y el tipo de movimiento del tamizador (vibratorio vertical y en una sola dirección) limita la capacidad de escarificación.

Además existen otro tipo de variables relacionadas a la efectividad de este proceso, principalmente referidas a la variedad a la que se quiere escarificar y a su tamaño.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Jacobsen, S. y Mujica, A. 2001. La Quinoa en la alimentación global. *In:* Resúmenes X Congreso Internacional de Cultivos Andinos.04 – 07 de julio, Jujuy. Argentina. p27.

2- Berti P., Peralta, E., Mazon, N. y Villa, E. 2006. Valor nutritivo de los granos andinos, desde la perspectiva del Requerimiento humano, valor económico y potencial de producción. *In:* Actas del XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos, 24 – 27 julio, Quito- Ecuador.

3- Bonifacio, A. y Guarino, L. 2001. Programa para elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subtituladas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos: Quinoa, Caniahua y Amaranto. *In:* Resúmenes X Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 04 – 07 de julio, Jujuy. Argentina. p38.

4- Mújica, A. Izquierdo, J. Capitulo I .En: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch11-02.htm#TopOfPage

5- Duró Esteve, L. J. 2006. Perfil de consumo y aceptabilidad de quinoa "*Chenopodium Quinoa* Willdenow". Tesis previa a la obtención del título de licenciada en Nutrición. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Salta.110 pp

6- Tapia, M. E. 2000. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación.2º edición organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Santiago (Chile)

7- Ballón E., Cuesta A. y Paredes E. 1983. Detección y estimación de Saponinas en variedades de Quinua en grano - Harina y salvado. Mesa Redonda Internacional. Procesamiento de la Quinoa. 1 -5 de agosto, La Paz – Bolivia. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. FAO. p27.

8- Schopke T. y Hiller K. 1990. Triterpenoid Saponins. Die Pharmazie, 45(5):313-42.

9- Quiroga Ledezma, C. y Escalera Vazquez, R. 2010.Evaluacion de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor. Universidad Privada Boliviana. Investigación & Desarrollo, 10:23-36

10- Bedolla S. y Rooney, L.W. 1984. Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. Cereal Foods World,29: 732-735,

11- AOAC. 1984. Association of Official Analytical Chemists - Official Methods of Analysis Centennial Edition 14th, Washington, DC.

12- AACC. 1993. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 8th ed. St. Paul MN. Vol. I y II. 296pp

13- 13 Koziol, M.J. 1990. Afrosimetric stimation of theshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Journal of Agricultural Food Science, 54: 211-219

14- Pascual Anderson, M del R y Calderón y Pascual, V. 2000. Microbiología Alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas. 2º edición. Editorial Díaz de Santos S.A., p 319-320.

15- Jacobsen, S.E. y Mujica, A. 1999. Almacenamiento de la semilla de quinua. *In:* Memorias. Primer Taller Internacional en Quinua: recursos genéticos y sistemas de producción, 10 – 14 de mayo. La Molina, Lima, Perú

16- Repo-Carrasco, R. 1992. Cultivos andinos y la alimentación infantil. Comisión de Coordinación de tecnología Andina, CCTA, Serie Investigaciones Nº 1. Lima, Perú.

17- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. y Jacobsen, S.

E. 2003. Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. Volume 19 (1): 179-189
18- Gallardo, M.; González, A. y Ponessa, G. 1997. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Wild. (Quinoa). Chenopodiacea. Lilloa 39: 1-5
19- Lozano, M., Ticona, E., Carrasco, C., Flores, y., Almanzaa, G. R.2012. Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real *Chenopodium quinoa* Willd. Revista Boliviana de Química 29(2):

Caracterización del fruto y harina de *Chenopodium quinoa* variedad CICA

Mónica Medina Basso y Rogelio Abburra
Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA) - FCEFyN. UNC
Correo-e: mmedina@efn.uncor.edu; mmedinabasso@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La quinua es un pseudocereal consumido como un excelente alimento desde la época precolombina hasta la actualidad. Nativo de Sudamérica, ha sido cultivado por centurias. Recientemente el interés en la quinua fue renovado como fuente alimenticia debido a la versatilidad en los requerimientos para su desarrollo y al valor nutritivo de sus proteínas, de acuerdo a Comai *et al* (1), aunque el principal componente de la semilla de quinua es el almidón, que puede superar el 55 % del contenido de la misma según Hanjung *et al* (4). El fruto es un aquenio indehiscente, como los de la familia Chenopodiáceas, de acuerdo a Gallardo *et al* (3), quien ha reportado las características del fruto en la variedad Sajama. Según Hunziker (5) y Planchuelo *et al* (9), informan sobre las Chenopodiáceas de Argentina, con un pericarpio ornamentado, uniseminal y la semilla con tegumento liso y embrión curvo, pero no en detalle especialmente en relación a la cicatriz y al almidón de harina precocida. Los ensayos realizados con las harinas, muestran que posee propiedades que la tornan interesante para el mercado de alimentos y aditivos alimentarios (11).

Este trabajo tiene por objetivos caracterizar el fruto de quinua variedad CICA y la harina de quinua cruda y precocida, en sus variables físicas y morfológicas, analizar la estructura de la harina y aspectos morfológicos de granos de almidón con tecnología actualizada, microscopia óptica y electrónica de barrido y relacionar las características estudiadas: 1) diámetro del fruto, 2) cicatriz, 3) células del pericarpio, 4) morfología de gránulos de almidón, 5) ubicación de los lípidos en la semilla y 6) análisis proximal de harina, con la utilización del fruto y harina como alimento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material Vegetal

Origen de los frutos: el material estudiado proviene del Dpto. Molinos, provincia de Salta, Argentina, cosecha 2007-2008.

- Número de frutos: La unidad experimental definida es el fruto. Las mediciones se realizaron en 10 frutos que fueron llevados al microscopio óptico y al microscopio electrónico de barrido, se estudiaron individualmente y luego se realizó análisis estadístico de los datos, el número de muestras se definió en relación a cada ensayo experimental.

- Preparación de la harina. Los frutos fueron lavados para la extracción de saponinas, posteriormente fueron secados, tamizados y molidos en molino a martillos (criba 35 micras) y se obtuvo la harina cruda. En la harina precocida se siguió el mismo procedimiento. Se observaron variables morfométricas en los gránulos de almidón, sobre imágenes digitales obtenidas por miscroscopia óptica y microscopia electrónica de barrido.

- Microscopia electrónica de barrido: Se pegaron las muestras, (frutos) en un portaobjetos mediante una pintura o pegamento de plata, las muestras de harina cruda y harina precocida fueron pegadas con cinta de doble faz, luego todas las muestras fueron colocadas en un microscopio electrónico de barrido para metalizarlas con oro-paladio. Cuando el equipo llegó a un vacío determinado se le aplicó una tensión de 12 KV y una corriente de 10mA, durante un tiempo de 3 minutos, para así lograr un espesor de recubrimiento de 100 ºA (Armstrong). Una vez logrado esto, se introdujeron las muestras en la cámara de vacío del microscopio electrónico de barrido. Se observaron las muestras y se tomaron fotografías digitales en distintos aumentos Para los frutos se utilizó una magnificación de 40X; 80X; 160X y 320X y se amplió la magnificación a 640 aumentos en sectores de la ornamentación, para ver más detalles. Para las muestras de las harinas cruda y precocida se procedió de la misma manera, la magnificación fue de 2500X para permitir la visualización de los gránulos de almidón. Las imágenes pueden verse en resultados.

- Análisis de las imágenes.

Se hizo evaluación de las microfotografías con un programa analizador de imágenes denominado IMAGE J es un programa de procesamiento de imagen digital, de dominio público programado en Java desarrollado en el departamento de salud y servicios humanos de Estados Unidos.

Se obtuvieron las medidas de las de las cinco categorías, 1) dimensiones del fruto, 2) cicatriz del fruto 3) ornamentación 4) células del pericarpio, 5) gránulos de almidón, según se indicó anteriormente en material y métodos.

- Análisis estadístico, se realizó estadística descriptiva de los datos extraídos de las imágenes Diámetro del fruto, cicatriz, ornamentación, células del pericarpio y gránulos de almidón, obteniéndose la media y la desviación estándar de cada categoría de imagen, utilizando el programa Infostat (2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

1) Parámetros físicos y microscopía óptica

En las microfotografías ópticas del fruto (Figura 1) se observa la semilla perispermada de *Chenopodium quinua*, con su embrión curvo y en la de la harina (Figura 2), se encontró la presencia de fibra y gránulos de almidón. La semilla fue cortada y teñida con la coloración Sudán IV, produciendo una coloración rojiza, revelando la presencia de lípidos en el embrión y en células del tegumento.

Figura 1. Semilla perispermada de *Chenopodium quinoa*, con su embrión curvo.

2) Análisis proximal y microscópico de la harina

Los porcentajes de humedad en harina, cenizas, proteína total, contenido de aceites y de carbohidratos definen a esta semilla como

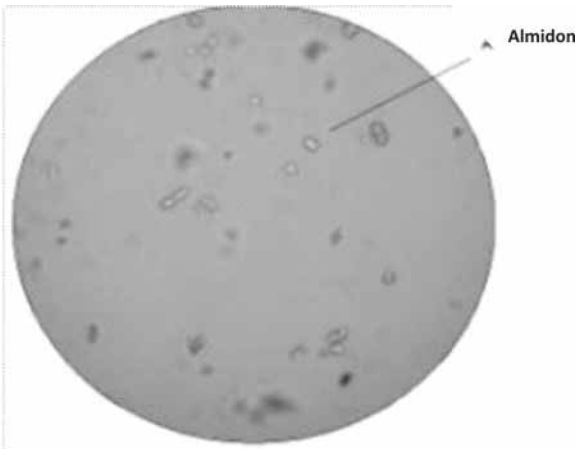


Figura 2. Gránulos de almidón en la harina de quinua.

amilácea (Cuadro 1).

3) Microscopía electrónica de barrido del fruto

Se evaluaron cinco categorías, por medio de microscopía electrónica de barrido, 1) dimensiones del fruto de quinua, 2) ornamentación, 3) células del pericarpio, 4) cicatriz del fruto y, 5) gránulos de almidón.

a) Se distinguió el tamaño del fruto con un diámetro de 1,92 mm DS 0,15 mm.

b) Se observó ornamentación reticulada – foveada según describen Pérez Cortes *et al* (8) y Stearn (10) en los sectores alejados de la cicatriz del fruto. El término foveada es utilizado para describir el tipo de ornamentación.

c) En las microfotografías electrónicas se encontró en vista superior, las células del pericarpio, cuyo perímetro correspondió a 45,4 µm, son alargadas y se disponen de manera radial desde el centro hacia la periferia, como radios concéntricos, esto puede observarse en los aumentos de 160 X, 320 X y 640 X, alrededor de la cicatriz.

d) Se pudo visualizar la cicatriz del fruto, en posición central de la semilla con un diámetro de 45,4 µm, DS 6,99 µm.

Harina de quinua observada con microscopio óptico y electrónico

Se observaron los preparados histológicos de harina en el microscopio óptico, con aumentos de 40 X donde se distinguieron elementos como: trozos de fibra y gránulos de almidón con su forma característica como puede verse en la figura 2.

Es de destacar que en estas semillas el almidón de reserva se ubica en el perisperma y no en el endsoperma. El tamaño promedio de las gránulos encontrados en las imágenes de microscopía electrónica de barrido fue de 1,5 µm DS 0,15 µm, coincidiendo con los datos presentados por Hanjun *et al* (4), quien estudió semillas de quinua en Perú, sin precisar la variedad.

En el microscopio electrónico de barrido se observó en la harina cruda, claramente los gránulos de almidón de un tamaño promedio entre 1 y 1,5 µm en 2.500 aumentos, con sus bordes enteros (Figura 6).

4) Análisis estadístico de las imágenes, de microfotografías electrónicas de barrido, tomadas con procesador de imágenes.

a) Diámetro total fruto de quinua, los valores obtenidos, resultaron en un diámetro promedio de 1,92 mm con desviación estándar de 0,15 mm. (Cuadro 2).

b) Una vez ubicada la cicatriz, del fruto, se midió el diámetro de las mismas, obteniéndose un valor de 91,5 µm con una desviación estándar de 25,8 µm (Cuadro 3).

c) Las células del pericarpio, que constituyen la ornamentación del fruto, presentaron un perímetro promedio de 45,4 µm y una desviación estándar de 6,99 µm como se observa en el cuadro 4.

d) Las imágenes de los gránulos de almidón, revelaron un diámetro de 1,5 µm con

Cuadro 1. Análisis proximal de dos lotes de harina de quinua.

	Humedad	Cenizas	Proteína total	Materia grasa	Carbohidratos
Lote 1	11,47%	1,86%	14,64%	8,26%	63,77%
Lote 2	8,05% 1,85%	1,85%	14,76%	7,80%	67,54%

Cuadro 2. Diámetro total fruto de quinua.

Muestras Fotos	Mm Ancho	mm Alto
X 40-1.JPP	2.284.615	1.861.538
X 40-2.JPG	2.154.167	1.941.667
X 40-3.JPG	2.053.061	1.710.204
X 40-5.JPG	2.080.392	1.776.471
X 40-6.JPG	1.992.982	1.312.281
X40-7.JPG	2.028.571	1.761.224
X (media)1,92 mm ± 0,15 DS mm		

Cuadro 3. Valores de diámetro de la cicatriz de frutos de quinua.

Muestras Fotos	µm Ancho	µm Alto
X 40-2.JPG	122.917	127.083
X 40-5.JPG	119.608	117.647
X40-7.JPG	81.633	81.633
X160-2.JPG	90.476	92.381
X160.JPG	93.264	92.228
X640-2.JPG	86.154	82.564
X320-2.JPG	92	93.714
X (media) 91,5 µm ± DS 25,8 µm		

Cuadro 4. Perímetros medidos de las células del pericarpio de quinua.

Muestras Fotos	µm Ancho	µm Alto
X640-1.JPG	39.241	60.000
X640-1.JPG	34.937	45.190
X320-1.JPG	42.308	56.410
X320-1.JPG	54.359	50.000
X320-1.JPG	29.744	42.308
X (media) 45,4 µm ± DS 6,99 µm		

desviación estándar de 0,15 µm como se observa en el cuadro 5.

5) Microfotografías electrónicas de barrido del fruto

En la figura 3, se observa la región de cicatriz del fruto, en vista superior con una magnificación de 40 X.

En la figura 4, en vista lateral, se distingue la ornamentación del fruto y el embrión curvo, el diámetro resultó en 1,92 mm con desviación estándar 0,15 mm.

Cuadro 5. Diámetro de los gránulos de almidón, n=11.

Muestras Fotos	µm Ancho	µm Alto
X2500.JPG	1.520	1.588
X2500.JPG	1.351	1.318
X2500.JPG	1.419	1.351
X2500.JPG	1.520	1.453
X2500.JPG	1.318	1.250
X2500.JPG	1.520	1.453
X2500.JPG	1.419	1.385
2x1250-2.JPG	1.786	1.726
2x1250-2.JPG	1.667	1.548
2x1250-2.JPG	1.488	1.548
2x1250-2.JPG	1.667	1.548
Media 1,5 µm ± DS 0,15 µm		

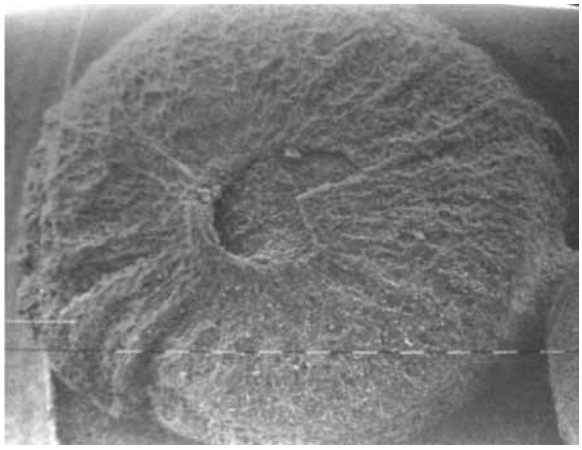


Figura 3. Vista superior del fruto de *Chenopodium quinoa* donde se observa la región de la cicatriz (magnificación 40X, cada barra equivale a 100 µm).

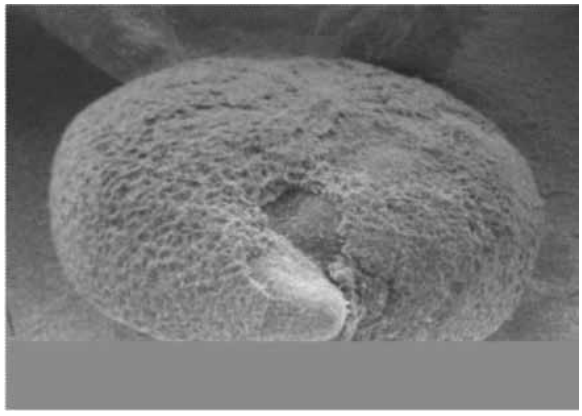


Figura 4. Vista lateral del embrión de *Chenopodium quinoa*, donde se observa la forma curva (magnificación 40X, cada barra de micromarcas equivale a 100 µm). Diámetro 1,92 mm +-DS 0,15 mm.

5.a) Microfotografía electrónica de barrido de cicatriz del fruto

En la figura 5 se distingue la cicatriz del fruto y la ornamentación.

5.b) Microfotografía electrónica de barrido de gránulos de almidón en la harina cruda

En la figura 6, pueden visualizarse los gránulos de almidón, obtenidos según se indica en material y métodos resultando en un diámetro de 1,5 µm con desviación estándar de 0,15 µm.

5.c) Microfotografía electrónica de barrido de las células del pericarpio

En las figuras 7 y 8 se visualizaron las células de pericarpio observadas con 320 X aumentos y con 640 X aumentos respectivamente.

Las características encontradas en relación al tamaño y la ornamentación de los frutos, permitieron distinguir en la variedad CICA, la ornamentación reticulada foveada en las células del pericarpio y la cicatriz del fruto en posición central. Los gránulos de almidón se observaron de forma poliédrica similares a los encontrados en la variedad Sajama, estudiada por Gallardo (3) y Planchuelo (9) y son comparables a las microfotografías presentadas por Tang *et al* (4), mostrando el mínimo tamaño de granos de almidón encontrado (7).

CONCLUSIONES

El estudio con microscopio electrónico de barrido del fruto, permitió caracterizar 1) el diámetro del fruto, 2) la cicatriz, 3) las células del pericarpio, 4) morfología de gránulos de almidón, 5) ubicación de los lípidos en la semilla y definir la ornamentación reticulada foveada aportando a la identificación de la variedad CICA. Por otro lado, las variables físicas y químicas estudiadas en el análisis proximal de la harina, como humedad, ceni-

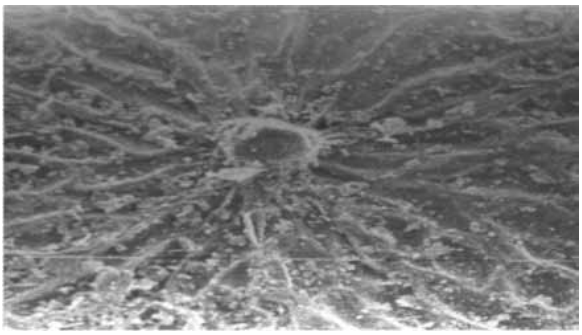


Figura 5. Cicatriz del fruto de quinua (magnificación 160X, cada barra de micromarcas equivale a 100 µm).

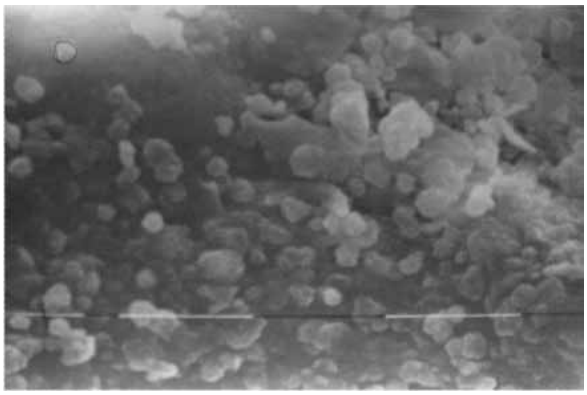


Figura 6. Gránulos de almidón poliédricos de quinua (diámetro 1,5 µm +- DS 0,15 µm).

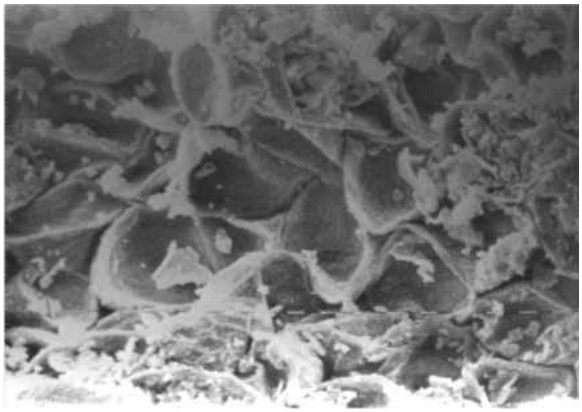


Figura 7. Se observan células del pericarpio, con un perímetro de X 45,4 µm +-6,99 µm en una magnificación de 320X (cada barra de micromarcas corresponde a 10 µm).

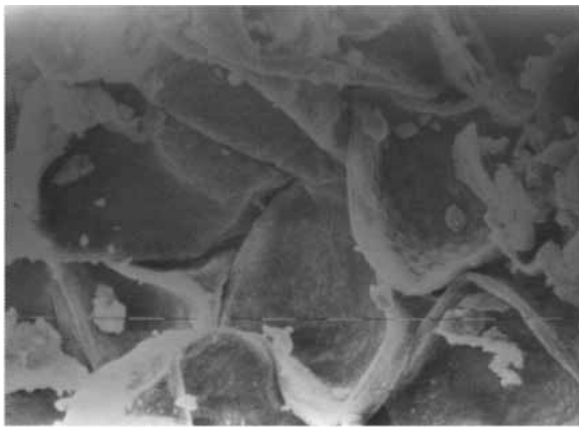


Figura 8. Células del pericarpio de quinua, con un perímetro de X 45,4 µm DS+-6,99 µm

zas, proteína total, materia grasa, y carbohidratos mostraron una contribución para el conocimiento de este fruto como alimento. Dadas sus propiedades como alimento, sería importante apoyar el cultivo de quinua en otras regiones del país y del mundo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores deseamos agradecer al técnico en microscopía electrónica de barrido Alejandro Minghetti, a los Dres. Carlos Arce y Cecilia Paso del dpto. de química biológica. Facultad de Ciencias Químicas y a la Dra. Nilda Dottori de la Cátedra de Morfología Vegetal, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Comai S., Bertazzo A., Bailoni L., Zancato M., Costa C.V.L. 2007. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours - Food chemistry, - Elsevier.
2- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. InfoStat, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
3- Gallardo M., González J.A. y Ponessa G. 1997. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinua* Willd. ("quinoa") Chenopodiaceae. Lilloa 39 (1): 71 - 80.
4- Tang H., Watanabe K., Mitsunaga T. 2002. Characterization of storage srarches from quinoa, barley and adzuki seeds. Carbohydrate Polymers 49:13-22.
5- Hunziker A.T. 1952. Los pseudocereales de la agricultura indígena de America. Dirección General de Publicidad de la República Argentina. Universidad Nacional de Córdoba.
6- Medina M. y Guzmán C.A. 1987. Estudio de lípidos y pigmentos en semillas de *Nierembergia hippomanica* Miers. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica Vol. 4: 225-230.
7- Medina Basso M., Abburra R. y Guzmán C. 2010. Estudio del fruto y harina de *Chenopodium quinua* willd variedad "CICA" In: Actas III Congreso mundial de quinua.Oruro. Bolivia.
8- Peréz-Cortéz S., Escala M., Tillett S. 2009. Morfoanatomía de la cubierta seminal en siete especies de *Passiflora* L., subgénero *Passiflora* (Passifloraceae). Hoehnea vol. 36 n° 1. Sao Pablo.
9- Planchuelo A .1975 Estudio de los frutos y semillas del género *Chenopodium* en la Argentina. Darwiniana, tomo 19: 528-565.
10- Stearn W.T. 1995. Botanical Latin. Fourth edition. Edit David and Charles. Inglaterra.450 pp.
11- Tapia M. 2000. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.FAO. .<http: www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido>

Organización de la Agricultura Familiar en el Noroeste de Argentina para la producción de quinua

Celeste Golsberg
Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar. Región NOA. INTA.
Correo-e: golsberg.celeste@inta.gob.ar

Los Agricultores Familiares de Quinua en el NOA

Las familias campesinas que producen quinua en la actualidad se ubican mayoritariamente en el Noroeste de la Argentina (NOA) y pertenecen a lo que se denomina genéricamente Agricultura Familiar (AF). De acuerdo a Obchatko *et al.* (7), la AF se caracteriza por el trabajo directo del productor o socio en la explotación agropecuaria (EAP) y el no empleo de trabajadores extra familiares remunerados permanentes. En el NOA hay 47.975 explotaciones agropecuarias de Pequeños Productores ocupando 2.269.984 ha según el CNA 2002, con una superficie promedio de 47 ha/EAPs. Un porcentaje importante de éstas son sin límite definido, dando cuenta de la precariedad de tenencia de la tierra (2).

Antecedentes de la producción de quinua

La Argentina no podría considerarse un país productor de quinua, sino más bien como un potencial productor, dado que este cultivo fue perdiendo importancia a lo largo de los años. En las provincias andinas del Noroeste Argentino, su integración en los sistemas productivos decreció en forma paulatina desde la llegada de los españoles, tal como sucedió en otros países de la región y también con otros cultivos andinos. No obstante, algunas familias han conservado este grano en muy pequeña escala, destinado principalmente al autoconsumo.

En las últimas dos décadas, diferentes programas y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que promueven el desarrollo rural con comunidades campesinas e indígenas del Noroeste Argentino –NOA–, comenzaron a impulsar alternativas productivas que permitan mejorar los ingresos de las unidades domésticas. De este modo, se comenzó un trabajo de rescate y puesta en valor de algunos cultivos andinos como la papa y el maíz y, en menor medida, de otros como la quinua, el amaranto y el yacón de los que quedaban muy poco rastro en la región. Los resultados de estas experiencias han sido exiguos (3).

El contexto de finales del siglo XX profundizó más aún las posibilidades de desarrollo de estos cultivos: por una parte, la promoción y revalorización de la cultura indígena a partir del reconocimiento constitucional de su preexistencia (1994), las oportunidades de financiamiento nacional e internacional para las organizaciones que promocionan emprendimientos productivos de este tipo, creciente demanda internacional que valoriza alimentos “sanos exóticos”, el cambio de la convertibilidad que favoreció el turismo nacional e internacional en la región y con ello, el consumo de estos productos, el desarrollo productivo y comercial en torno a la quinua en los países de Bolivia, Perú, Ecuador, entre otros factores.

Características de la producción de quinua

La declaración de la FAO como el Año Internacional de la Quinua al 2013 catalizó

oportunidades, además de enormes expectativas en los productores. Esto se visualizó en la demanda incremental y permanente de semillas, información, asistencia técnica, capacitación que han recibido los diferentes técnicos e investigadores referentes en la temática y en el aumento significativo de la superficie sembrada.

Alarcón García (1) estimó para la Región del NOA[1] que, en la campaña agrícola 2011-2012, unos 127 productores sembraron aproximadamente 145 ha de quinua. El volumen producido fue de 182.557 kg. Para la campaña 2012/2013, la información presenta un incremento de 39 % en los productores, y superior al 400 % en lo que respecta a superficie sembrada. Esto se explica porque también la quinua comenzó a ser un campo exploratorio para la agricultura empresarial en las regiones subtropicales de la provincia de Salta[2] y Jujuy. Del mismo modo, el incremento significativo en la superficie promedio por productor de 1,15 ha a 3,69 ha se produce al incorporarse productores capitalizados a la producción (Cuadro 1). El rendimiento promedio oscila entre los 1.200 y los 1.300 kg/ha, pero es muy variable de acuerdo a las condiciones de producción.

Los sistemas productivos de la agricultura familiar donde se incorpora la quinua se caracterizan por los bajos niveles de utilización de insumos químicos. En estos casos, los técnicos de los organismos públicos promueven la producción bajo un esquema agroecológico que permita en el mediano plazo obtener un producto diferencial. La inclusión de la quinua en estos sistemas es muy reciente como para hacer generalizaciones, pero sin duda compiten por los escasos recursos (suelo y agua) destinados a cultivos de renta o forraje para el ganado menor. En la puna, cuando se habilitan nuevas parcelas, se cultivan de manera alternada con maíz, haba, papa, para luego dejar descansar. En algunos valles más húmedos se incorporó a la rotación con pimiento, comino y/o anís. En aquellas familias donde el cultivo se conservó para autoconsumo o bien para conservar la semilla de "los abuelos", la quinua está intercalada en muy pequeñas cantidades, entre medio de hortalizas.

El proceso productivo es aún muy poco tecnificado. La mayor parte de los productores no cuenta con sistemas propios de tracción. Por tanto, las tareas de labranza son generalmente con animales. En algunos municipios

Cuadro 1. Cantidad de productores, superficie sembrada y producción del cultivo de quinua en algunas provincias del NOA, Argentina.

Provincias del NOA	Campaña 2011/2012			Campaña 2012/2013		
	Cantidad de productores	Superficie sembrada (ha)	Producción (kg)	Cantidad de productores	Superficie sembrada (ha)	Producción (kg)
Jujuy	39	24,9	41.702	49	38,2	84.000
Salta	21	47	80.000	27	348,5	527.100
Catamarca	67	73,8	60.855	100	262,2	230.158
Total	**127**	**145,6**	**182.557**	**176**	**648,9**	**841.258**
Rendimiento prom.(kg/ha)			1.254			1.297
Sup. Prom. (ha/prod.)		1,15			3,69	

Fuente: Alarcón García. 2012.

[1] Si bien las experiencias productivas asociativas más importantes de la Agricultura familiar se desarrollas en las provincias del NOA, existen otras experiencias en la región de Cuyo (San Juan, La Rioja, Mendoza) y en el norte de la Patagonia (Neuquén)

[2] Uno de los casos relevados por Alarcón (2012), en la Provincia de Salta (Chicoana: Valle de Lerma) indica que para la campaña 2012/2013 sembró 200 ha.

y/o en algunas organizaciones de productores se dispone de un tractor que presta servicio, al cual algunos acceden.

En cuanto a la siembra mayormente es a mano, a chorrillo o por pulso en camellones; en los últimos 2 años algunos accedieron a sembradoras manuales del tipo hortícola de tracción humana, reduciendo el tiempo de la tarea y logrando mejores niveles de homogeneidad en la emergencia del cultivo. El resto de las labores culturales se realiza de manera manual.

Respecto de la cosecha, se realiza totalmente a mano, con tijeras de podar o con hoz, para luego emparvar las panojas. A partir de un modelo de segadora presentado en el III Congreso Mundial de Quinua, se modificó y probó en Yavi, Jujuy, una moto-guadaña para la siega, pero los resultados no fueron satisfactorios.

En cuanto a poscosecha del cultivo, la mayor parte de las comunidades lo realiza a mano por golpes de palo, o mediante pisoteo de animales o tractores. Algunos han accedido a adaptaciones de trilladoras de comino y en el departamento de Yavi una de las asociaciones tiene a préstamo una trilladora y una venteadora de CIFEMA-Bolivia. Actualmente se están desarrollando en instituciones públicas estos trenes de poscosecha[3].

En los valles Calchaquíes, una de las cooperativas utiliza un prototipo de escarificadora de 25 kg/ha, desarrollado por el Instituto de Investigaciones para la Industria Química de la Universidad Nacional de Salta

La semilla que utilizan generalmente los productores no cuenta con un origen certificado. La Argentina no dispone de variedades comerciales certificadas[4]. Son más bien ecotipos que las familias conservaron o que las comunidades intercambian en los cambalaches, o bien los familiares de éstos traen de Bolivia y/o también poblaciones de materiales que se encuentran en el banco de Germoplasma del INTA en el NOA, entre otros.

Organización en quinua

Las formas asociativas de la agricultura familiar son muy diversas. Podemos encontrar cooperativas, asociaciones de productores, comunidades aborígenes, centros vecinales, comunidades y grupos de productores de hecho. Estas diferentes formas de organización jurídica, tienen que ver con las necesidades/objetivos que le dieron origen en un momento determinado. "…En su evolución, los emprendimientos pasan por estados precarios de organización y de acuerdo con el tipo de actividad, se van generando nuevas necesidades en cuanto al instrumento jurídico a adoptar…" (5).

Fundamentalmente en la región del noroeste, donde tiene anclaje la agricultura familiar que comenzó a recuperar el cultivo de la quinua, prevalecen las comunidades aborígenes. A partir de la incorporación a la Constitución Nacional de su preexistencia[5] fue y es una estrategia de las comunidades indígenas campesinas para la defensa de su territorio. Sin embargo, en muchos casos estas comunidades o, al menos varios de sus integrantes, también se organizan en otras estructuras asociativas que les permiten resolver distintas problemáticas, como, por ejemplo, la comercialización de productos.

La influencia de estas organizaciones no gubernamentales en la generación de organizaciones de productores ha sido clave. Muchas

[3] En el INTA IPAF NOA se está desarrollando un sistema modular para la pos cosecha de quinua (http://www.youtube.com/watch?v=ABJGj6_LJLY)

[4] Esta problemática ha sido asumida por el Estado (a través del INTA IPAF NOA, la EEA Abra PAMPA, la Dirección de Desarrollo Agrícola y Forestal de la Provincia de Jujuy y la Fundación Nueva Gestión), mediante la formulación de un "Proyecto Iniciativa de transferencias de innovación" para la Formación de capacidades en manejo del cultivo de quinua orientado a la producción de semilla por parte de pequeños productores de la región NOA, que será puesto en marcha en la campaña 2013-2014.

[5] La Constitución Nacional de 1994 reconoce por primera vez en la historia argentina la preexistencia de los pueblos indígenas con respecto al estado nacional, y sus derechos humanos particulares, en ese marco.

de ellas persisten en la actualidad. A partir del 2002 se recupera la intervención estatal a través de las estructuras descentralizadas de asistencia técnica y productiva, como el INTA y la Subsecretaría de Agricultura Familiar. Los instrumentos de estas estructuras son programas y proyectos que han permitido generar o reforzar organizaciones a través de la asistencia técnica y financiera en algunos casos (6).

Este tipo de intervención se vio reforzada en la última década, con el accionar más activo de los municipios o gobiernos locales, fundamentalmente en las localidades rurales, canalizando proyectos productivos, donde la quinua apareció como una alternativa (caso de Cusi cusi).

Los programas y proyectos de apoyo a la actividad productiva han sido abundantes en los últimos años. La condición *sine qua non* **para el acceso a éstos es ser grupos organizados, preferentemente formalizados**[6]. Los proyectos han permitido en muchos casos el acceso al agua mediante el financiamiento de obras comunitarias y sistemas de riego por goteo para el cultivo de quinua; subsidios para la compra de insumos (semillas y abono) y servicios de laboreo mecanizado e infraestructura (galpones).

El programa más importante y ambicioso de promoción del cultivo que se está desarrollando en la actualidad es el Programa de Fortalecimiento y Desarrollo de la Producción de Quinua en el Noroeste Argentino bajo la coordinación de Fundación Nueva Gestión y el apoyo de la Subsecretaría de Agricultura Familiar (SAF), el INTA, municipios de la región y gobiernos provinciales involucrados. Abarca las 4 provincias andinas del noroeste e involucra a casi 500 pequeños productores con unas 400 ha totales. La propuesta incluye capacitación en manejo agroecológico, riego por goteo, agregado de valor y comercialización.

Aquellos que han decidido emprender de manera organizada este desafío han podido acceder de otro modo al conocimiento. Las capacitaciones teórico prácticas, los intercambios en exposiciones, ferias y seminarios donde participan otras experiencias que los enriquecen en la práctica diaria. Las experiencias son relativamente jóvenes para afirmar que han generado impactos permanentes en las familias. Sin embargo, hay grandes expectativas en los productores, depositando en la quinua una alternativa que contribuya a mejorar sus condiciones de vida. A continuación se presentan algunos casos asociativos relevantes de la Argentina[7]:

Grupo Sol de Altura. Santa María. Provincia de Catamarca[8]

Este grupo de aproximadamente 10 familias surge a fines de 2008, a instancia del programa Cambio Rural perteneciente al INTA.

Estas familias descienden mayormente de la etnia Diaguita, llamados Calchaquíes, dedicados a la agricultura, ganadería y artesanías. Se dedicaron a la hilandería, alfarería, trabajos en metal y talladores en piedra y madera. Entre los principales cultivos que realizan se encuentran comino, anís, pimiento, vides, maíz y nogales. También crían llamas, ovinos y caprinos.

Con el propósito de revalorizar la cultura de la región, se plantearon la búsqueda de alternativas para el Valle de Santa María, que permitieran mejorar sus ingresos.

Una de las propuestas está centrada en el turismo rural con todos los servicios que requiere esta actividad: producción, gastrono-

[6] Deben contar con personería Jurídica y toda la documentación que acredite su funcionamiento y su condición impositiva al día.

[7] Algunas otras organizaciones son Cooperativa Quinua de Yokavil de Santa María - Catamarca; la Asociación de Productores de Belén, de Catamarca; Cooperativa Andina, y la Comunidad Aborigen de Amaicha, de Tucumán.

[8] Se agradece la información brindada por la Sra. Griselda Frías, integrante del grupo Sol de altura. Emprendimiento "Cervecería Ruta 40".

mía, alojamiento, artesanías, etc. De allí que han comenzado en el año 2010 a introducirse en el cultivo de quinua, incorporándola como parte de la oferta gastronómica y productiva de la región.

En este grupo se producen alrededor de 10 ha, algunas de las cuales están bajo riego por goteo y un esquema productivo orgánico y otros con riego por surco en camellones. Este grupo dispone de superficies de producción reducidas, donde el cultivo de la quinua entra en competencia por el recurso agua y suelo, con otros cultivos tradicionales de renta, como el pimiento para pimentón. Los rendimientos promedio oscilan entre los 1.000 y los 1.200 kg/ha.

El destino de la producción es para el autoconsumo, insumo de otros preparados o bien como venta de grano en freso a los turistas que reciben en el lugar o en los diferentes mercados y ferias de la zona.

En lo que se refiere al consumo de la familia, la quinua se incorporó a la alimentación desde hace 3 años y se ha ido incrementando de manera gradual y en diferentes modos de preparación. Esto, sin duda, mejora la calidad de alimentación de estos pobladores.

Otro de los destinos es la elaboración de galletas y panificados a partir de la harina de quinua, cuyos preparados también forman parte de la gastronomía que se ofrece a los visitantes. También se utiliza como insumo en la elaboración artesanal de Cerveza de quinua, otorgándole un lugar destacado en las actividades del grupo de emprendedores.

La organización en este grupo les ha permitido acceder a la asistencia técnica del INTA, incorporarse a circuitos cortos de comercialización en ferias, por ejemplo; además de sumarse al Programa de Fortalecimiento y Desarrollo de la Producción de Quinua en el Noroeste Argentino, que promueve la Fundación Nueva Gestión[9].

Cooperativa Apícola, Agrícola y Ganadera del Valle Calchaquí Norte Ltda[10]. Cachi. Provincia de Salta.

Esta cooperativa cuenta con aproximadamente 40 socios activos. Como su nombre lo indica, las familias integrantes desarrollan múltiples actividades productivas en escala reducida. Combinan en su predio la cría de animales menores, con la producción de pimiento para pimentón, hortalizas y algunas colmenas para la producción de miel.

Hace poco menos de una década entre 15 y 20 familias decidieron experimentar con el cultivo de la quinua, para poder diversificar la producción. Las dificultades de acceso a mecanización, fundamentalmente en la poscosecha, han sido desde entonces una limitante, por lo cual los productores siembran superficies menores a una hectárea. La trilla la realizan mediante el pisoteo de tractores o animales.

Sin embargo, la organización les posibilitó la firma de convenios con el Instituto de Investigaciones para la Industria Química de la Universidad Nacional de Salta para el desarrollo de tecnología referido a la la obtención de saponinas a partir de escarificado de la quínoa. Hoy es una de las únicas organizaciones que dispone de un sistema mecanizado para la extracción en seco de saponina de la quinua.

Actualmente continúan con la universidad en una segunda etapa orientada al desarrollo del proceso y la tecnología adecuada para recuperar saponinas de la cáscara de la quínoa. A pesar que las saponinas tienen un importante valor comercial, de gran aplicación en la industria cosmética y farmacéutica, actualmente es eliminada. Esto claramente dará la posibilidad de aprovechar un subproducto, agregando valor a toda la producción. Las pequeñas superficies individuales sem-

[9] http://www.nuevagestion.org.ar

[10] Se agradece la información suministrada por el presidente de la cooperativa, Ing. Héctor Jacinto Cardozo.

bradas con quinua rondan entre ¼ y ¾ ha y en este caso, al igual que el anterior la quinua disputa con las producciones comerciales típicas de la región, dos de los recursos escasos: tierra y agua. Se realiza en camellones bajo riego por surco. Los rendimientos oscilan entre 1.000 y 2.000 kg/ha por socio y el grano es comercializado individualmente sin agregado de valor, a comercios locales, ferias y turistas en general.
Las familias productoras han incorporado paulatinamente el consumo del grano, en preparaciones cotidianas como guisos y sopas, sustituyendo de manera parcial al arroz y fideos.

Cooperativa Agrícola de Cusi Cusi - CADECAL. Santa Catalina. Provincia de Jujuy[11]

La Comisión Municipal de Cusi Cusi emprendió a partir de julio de 2004 la recuperación de aquellas prácticas agrícolas ancestrales a partir de un proyecto colectivo, con el apoyo y participación de sus habitantes. Para el desarrollo del cultivo de la quinua contrató un experto de Bolivia para dirigir el proyecto. Para llevar adelante el mismo, contaron con el apoyo de diversas instituciones técnicas y/o financieras[12].
Los ejes fundamentales de la propuesta consistieron en la formación de capacidades para la producción, la siembra del cultivo y el agregado de valor en origen.
Como producto de ese proceso se conformó una organización cooperativa que actualmente cuenta con 21 socios activos, de los cuales unos 15 cultivan en promedio 1 ha. Los rendimientos son variables, dado que no todos disponen de sistema de riego. Una buena parte de los mismos lo hace a secano. Los rendimientos promedio están alrededor de 1500 kg/ha.
Tal como sucede en el reto de las experiencias, el consumo de quinua en la comunidad se ha ido incrementando con el paso del tiempo.
Lo que caracteriza a esta organización es que acopia el grano de los socios y en su totalidad es transformado. No comercializa grano sin agregado de valor. Para ello se instaló una planta de procesamiento de la quinua natural, mediante el escarificado, lavado, clasificación y elaboración de derivados, como harina, hojuelas, turrones, pipocas, son sopa de crema de quinua con verdeo y flan de quinua, entre otros productos.
Los volúmenes procesados no soy muy elevados. No obstante, las harinas y las quinuas expandidas son comercializadas localmente, tanto a panaderías, como a dietéticas. También como insumos para la elaboración de otros productos por parte de otra cooperativa que está en la Quebrada de Humahuaca. Ambas cooperativas a través de la Red del Sol comercializan sus productos a nivel nacional, principalmente en el mercado de Buenos Aires, con un sentido de comercio justo.
Sin duda esta es la planta de procesamiento de quinua en manos de pequeños productores más importante de la Argentina y ha sido una experiencia pionera. La organización les ha permitido gestionar a lo largo del tiempo y con total acompañamiento de la Comisión municipal apoyos de todo tipo y visibilidad de su comunidad entre otros. De allí que son invitados sistemáticamente a diferentes charlas, ferias, congresos para que expongan su experiencia en toda la cadena de calor de quinua.

Cooperativa Tika Quinua. Yavi y Santa Catalina. Provincia de Jujuy[13]**.**

Esta organización es de reciente conforma-

[11] Se agradece la información brindada por la Ing. Nancy Rabaj de la Dirección de Desarrollo Agrícola y Forestal de la Provincia de Jujuy.
[12] Entre los apoyos se desatacan Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, AECID, e implementadas por ADESO y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial –INTI.

ción[14] y es fruto del proceso que comenzó en agosto de 2009, con la iniciativa de la Fundación Nueva Gestión (Argentina) y la participación de pequeños productores de las comunidades del Dpto.de Yavi (6). Para el desarrollo de la propuesta se contó con la participación de diversos técnicos de organismos descentralizados del Estado Nacional[15].

La experiencia piloto de siembra de quinua durante la campaña agrícola 2009/2010 sumados a la participación conjunta en el III Congreso Mundial de Quinua de Oruro, Bolivia (Mayo 2010) y el Seminario Quinua Argentina (Septiembre, 2010) fueron claves para la toma de decisiones sobre el camino a transitar. La puesta en común y el diálogo entre todos los involucrados en el proceso contribuyeron a definir la producción de quinua con base agroecológica. Por ello, las subsiguientes campañas se probaron la siembra en hoyos, abonados con guano e intercaladas con la tola, pero ciertamente con resultados erráticos.

Una de las dificultades planteadas por los productores a lo largo de la experiencia tenía que ver con el acceso y la distribución del agua. En general, estos productores destinan las parcelas con riego a otros cultivos de autoconsumo, cuyos excedentes se comercializan en el mercado local de La Quiaca: tales como papas y maíces andinos, habas, trigo, etc. El sistema de riego en estas pequeñas superficies es en surco por gravedad, lo que ocasiona con frecuencia excesos de humedad en las cabeceras y falta de agua en los extremos, generando cultivos desparejos y condiciones para la aparición de plagas y enfermedades.

En la campaña 2011-2012, se decidió experimentar en una pequeña superficie, la siembra de quinua con riego por goteo y manejo orgánico con preparados naturales para el control de plagas. Los resultados fueron más que satisfactorios, con rendimientos experimentales cercanos a los 3.000 kg/ha, lo que generó enormes expectativas en otros productores y la firme decisión de seguir por ese camino.

Es así que se han formulado diversos proyectos para asistir técnica y financieramente a otros productores, dotándolos de este sistema de riego y de las capacidades necesarias. Este conjunto de 23 productores es el que en la actualidad ha confluido en la Cooperativa Agroganadera de los Pueblos Originarios Ltda., agrupando localidades de los Departamentos de Yavi y Santa Catalina.

La producción de quinua a secano que deponen la mayoría de los asociados ronda entre ¼ y 2 ha por familia, con rendimientos entre 500-600 kg/ha. A pesar de sus importantes propiedades alimenticias, el autoconsumo es muy escaso, solo se consume en eventos y rituales especiales.

La producción de quinua por sus bajos volúmenes se comercializa en mercados y ferias locales y a compradores de la Quebrada de Humahuaca (Cooperativa PROSOL). Anualmente, se presentan en la zona o hacen contacto, compradores de Buenos Aires ofreciendo contratos de compra por grandes volúmenes. Si bien esta experiencia está creciendo, aún no podría cumplimentar los requisitos en cantidad y calidad exigidos por los compradores.

Reflexiones finales

La producción comercial de quinua por parte de los agricultores familiares en la Argentina es relativamente reciente y aún de muy baja escala. Sin duda alguna irá incrementándose el volumen de producción en el mediano plazo, dada la oportunidad que este cultivo

[13] Se agradece la colaboración del Ing. Jorge Chauque.

[14] Se encuentra realizando todos los trámites de registro ante los diferentes organismos oficiales.

[15] Participaron técnicos e investigadores del INTA de la AER La Quiaca, de la Estación Experimental Agropecuaria Abra Pampa –EEA-, Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar de la Región del NOA -IPAF NOA- y del Programa de auto producción de alimentos –PROHUERTA- (INTA/ Ministerio de Desarrollo Social de la Nación)

representa en la actualidad en estas zonas marginales. Las experiencias que han podido avanzar en su desarrollo productivo, en infraestructura, en la estrategia comercial, en el agregado de valor han sido posibles por la asociatividad que las moviliza. Será de suma importancia el afianzamiento de las organizaciones de productores y el acompañamiento de los organismos gubernamentales con políticas activas y sostenidas de fomento y protección de este sector tan particular. Será un gran desafío que este grano pueda producirse de manera sustentable, en manos de las comunidades andinas, generando valor en origen para mejorar sus condiciones de vida.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Alarcón García A., 2012. Mercado de la Quínoa. PROSAP - UCAR, Buenos Aires, pp. 60.
2- Alcoba L. y Chavez F. 2012. Caracterización de la AF en el NOA. Proyecto Transformaciones estructurales y estrategias de reproducción social de la AF. INTA AEES-302451- Mimeo.
3- Buitrago L.G. y Torres C.G. 1999. Situación de la Quinua en la Argentina. Memorias. Primer Taller Internacional en Quinua: recursos genéticos y sistemas de producción. Tema 4: Potencial de la quinua en diferentes países Disponible en: http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro14/home14.htm.
4- Caracciolo M., Cowan Ros C. 1998. Modalidades de asistencia técnica a los productores agropecuarios en la Argentina. Buenos Aires.
5- Elgue M. y Chiaradía C. 2007. Formas Asociativas para la Agricultura Familiar. Elementos para el análisis funcional y normativo de las distintas formas jurídicas. 1a ed. - Buenos Aires: Prodernea/Prodernoa.
6- Golsberg C., Orcasitas E., Chauque J. G., Daza R. 2010. La quinua en la Región del Noroeste Argentino. Reconstrucción del conocimiento del cultivo y revalorización cultural y alimenticia. III Congreso Mundial de la Quinua. Oruro. Bolivia.
7- Obschatko E.S. de, Foti M.P., Román M.E. 2007. Los pequeños productores en la República Argentina: importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al censo nacional agropecuario 2002. 2da.Edición revisada y ampliada. Secretaría Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Dirección de Desarrollo Agropecuario: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura- Argentina. 127 pp.

Quinua: participación ciudadana, trabajo colaborativo y redes interinstitucionales.

Gabriela Vega[1] y Teresita Moreno[2]
1-INTA, AER Chamical-La Rioja. 2-Ministerio de Educación Chamical La Rioja
Correo-e: gafe_ve@yahoo.com.ar

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación fue desarrollado por los estudiantes del 4to D turno mañana de la Escuela NO 258 "Rosario Vera Peñaloza" de la Ciudad de Chamical, provincia de La Rioja. Comenzó en abril de corriente año cuando su maestra les propone trabajar un texto titulado "Regalo de los Andes para el mundo".

A partir de la lectura y análisis del mismo, los alumnos se mostraron muy interesados en continuar profundizando sobre todas las propiedades de la quinua y en probar su sabor, ya que la totalidad del grado nunca había consumido este grano. Es así que buscaron en internet sobre los múltiples beneficios de la quinua, leyeron diversos documentos, intercambiaron y compartieron con sus compañeros sus investigaciones. Les llamó la atención que la NASA la incorporó como alimento para los astronautas y por sobre todo que se constituye en un alimento que puede llegar a combatir la desnutrición y el hambre en el mundo.

En este proceso, inician un trabajo de investigación donde se plantean las siguientes problemáticas: ¿qué es la quinua?; ¿cuáles son los beneficios que posee?; ¿por qué es considerado el "grano de oro"?; la comunidad escolar y extraescolar ¿conoce sus beneficios, propiedades y usos?; ¿qué grado de conocimiento tiene sobre estos aspectos?; ¿cómo prefiere informarse sobre sus propiedades?; y finalmente ¿cómo podemos hacer para que se incorpore en la dieta cotidiana de los comedores comunitarios y de todos los ciudadanos de Chamical?

La hipótesis de partida que surge -como anticipación de sentido- es que hay un grado importante de desconocimiento en la comunidad escolar y extraescolar sobre los beneficios y propiedades de la quinua, y que este desconocimiento acerca de sus propiedades incide en que no se incluya en la dieta cotidiana.

Los objetivos planteados son varios: en primer lugar conocer y comprender la importancia de este cultivo, de sus múltiples propiedades, concientizar a los actores de la comunidad sobre la importancia de consumir el mismo, al tiempo de brindar herramientas a los estudiantes para que se desempeñen como actores de prácticas ciudadanas participativas como parte de la construcción social, promoviendo el trabajo colaborativo entre instituciones, las redes sociales intersectoriales y las estrategias de desarrollo local de base territorial. También se buscó aproximarse a la metodología del trabajo científico propio de las ciencias sociales, recuperar y valorizar las prácticas culturales de los pueblos originarios, lograr una actitud de participación ciudadana y compromiso con las problemáticas sociales, ejercitando entre compañeros, docentes y padres conductas de cooperación y ayuda mutua.

Si bien la problemática trabajada permite la apropiación significativa de distintos saberes, el trabajo se enmarca en la metodología de las Ciencias Sociales, promoviendo situaciones de enseñanza y aprendizaje que contribuyan a la construcción de una identidad nacional respetuosa de la diversidad

cultural, la apropiación de ideas, prácticas y valores democráticos que permitan vivir juntos y reconocerse como parte de la sociedad argentina, el interés por comprender la realidad social pasada y presente, expresando y comunicando ideas, experiencias y valoraciones, el desarrollo de una actitud responsable en la conservación del ambiente y del patrimonio cultural, la experiencia de elaborar y participar en proyectos que estimulen y consoliden la convivencia democrática, la solidaridad, la sensibilidad ante las necesidades, los problemas de la sociedad y el interés por aportar al mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad.

MATERIALES Y METODOS

La metodología empleada se enmarca en un trabajo de tipo exploratorio, abarcando cuatro etapas diferenciadas: una primera de investigación bibliográfica, búsqueda de información sobre la temática, lecturas, interpretación y selección de la información pertinente; una segunda instancia de experimentación donde los alumnos sembraron, trasplantaron y cocinaron diferentes recetas con quinua con la colaboración de Técnicos del Pro-Huerta del INTA y de los padres.

La tercera etapa fue la del diseño, aplicación y análisis de una encuesta realizadas por los alumnos a sus padres/familia y vecinos de la ciudad de Chamical; y una cuarta fase donde se analizaron y procesaron las respuestas y se arribaron a conclusiones sobre los datos recogidos en las primeras etapas y de diseño de acciones especificas para el logro de los objetivos propuestos. La encuesta abarcó preguntas cerradas, semicerradas y abiertas orientadas a obtener información sobre el conocimiento que existe en la comunidad sobre el cultivo, características y propiedades de la quinua; su consumo, hábitos alimentarios y predisposición para incorporarla a la dieta cotidiana. Esta estrategia tiene como propósito principal recuperar la visión de los actores sociales, indagar aspectos referidos a la lógica de funcionamiento de la comunidad y su proyección al medio social, cultural y económico donde está inserta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Del total de las 74 encuestas realizadas por los alumnos, 38 personas respondieron que sí conocen la quinua, lo que representa el 51%; mientras que 36 encuestados respondieron que no la conocen. Cabe destacar que si bien la mayoría de los encuestados conocía la quinua, se analiza que este dato está sesgado por la muestra de la población donde fue aplicada la encuesta, es decir a los padres y familiares de los propios alumnos.

En el trabajo de socialización de las respuestas y tabulación de datos, los encuestadores manifestaron que los encuestados les informaron que conocían la quinua a partir del trabajo escolar que sus hijos están realizando y que con anterioridad a este trabajo desconocían la misma. Este dato permite visualizar ya un efecto importante en la población, como es la difusión de este producto en la comunidad.

De los 38 encuestados que respondieron que la conocian, solo 5 personas ya lo hacían antes de iniciar el trabajo de investigación de los alumnos, lo que cambia significativamente el resultado de esta pregunta.

El dato además se refuerza en que de las 74 encuentas, 38 personas respondieron que no conocen sus propiedades, y 57 que no la consumieron nunca. O sea, si bien un 51 % dicen conocerla o haber escuchado hablar de ella, desconocían sus múltiples propiedades y un 77 % no la consumió nunca. Por lo tanto se corrobora la hipótesis ya que hay un grado importante de desconocimento de los beneficios y las propiedades de la quinua, y que este desconocimiento influye negativamente en los hábitos de consumo y en la cultura alimenticia.

En cuanto a las propiedades reconocidas por

los encuestados, aparecen en primer lugar con un 14,86 % hierro, vitaminas y nutritiva; un 13,51 % calcio y proteínas, le siguen bajo en azúcar y colesterol, y con un 4 % fosforo, aminoácidos, minerales y fibras.

Del 23 % de la población estudiada que consumió alguna vez quinua en alguna preparación, lo hicieron en primer lugar en sopas y ensaladas con un 25 %, le siguen *muffins* con un 19 %, en un 13,40 % en guisos; y en menos proporción en leche, pizzas, licuados y hamburguesas. Teniendo presente que la quinua es un alimento que se puede preparar tanto en comidas saladas como dulces, que es de muy fácil cocción y que se puede incorporar en una gran cantidad de platos, resultan muy reducidas las preparaciones en las que fue consumida. Por lo que este dato habilita la necesidad de difundir más las múltiples recetas con quinua que se pueden incorporar en el menú familiar.

El 100 % de los encuestados manifiesta que le gustaría saber más sobre la quinua, prefiriendo entre los medios para informarse, en primer lugar, los folletos en un 38 %, charlas en un 30 %, cursos en un 17 % y programas radiales en un 11 %, mientras que por internet y facebook solo un 4 %. Teniendo en cuenta los destinatarios de la encuesta, en general adultos que conformarían el grupo de "inmigrantes digitales", se inclinan más por instancias presenciales y folletos y no por las redes sociales o internet. Estos datos nos demandan más difusión, capacitaciones sobre la quinua, elaborando como parte del proyecto folletos informativos y organizando -por ejemplo- charlas con Técnicos del INTA acerca de su cultivo.

El 81 % de los encuestados aceptaría incluirla en su dieta cotidiana, representando un alto nivel de aceptación (Figura 1).

CONCLUSIONES

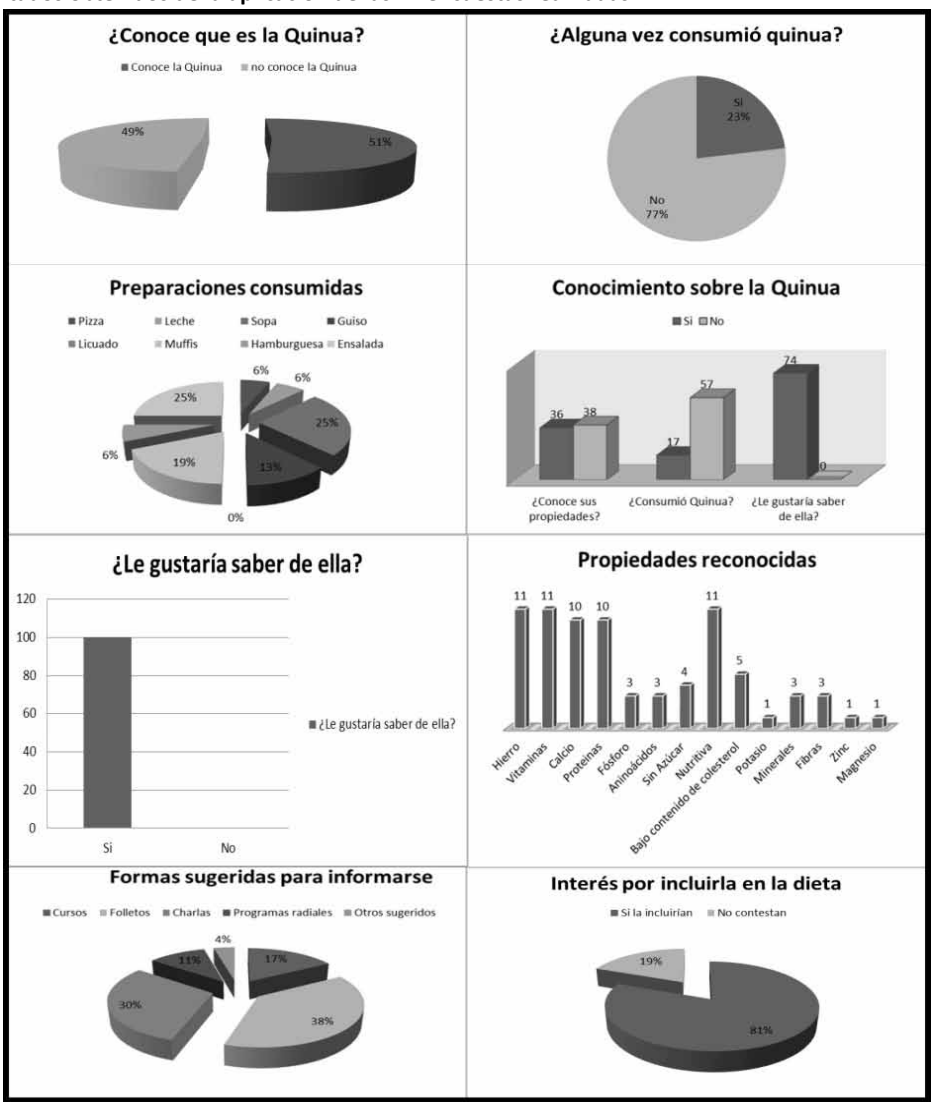
Las conclusiones arribadas, luego de este trabajo, permiten corroborar las hipótesis iniciales, a la vez que focalizar algunas acciones de promoción y difusión de la quinua y sus propiedades en la comunidad. Entre las principales se pueden citar:

- De la población estudiada el 51 % sabía qué es la quinua o escuchó hablar de ella, pero ese porcentaje disminuye al preguntar sobre el conocimiento de sus múltiples propiedades. De estas propiedades solo son conocidas algunas: hierro, vitaminas, nutritiva, calcio y proteínas.
- El 77 % no consumió nunca quinua.
- Al 100 % le gustaria informarse más sobre la quinua. Los medios de información que predominan son folletos y charlas.
- El 81 % aceptaría incluirla en su dieta cotidiana.

Estos datos nos permiten concluir que:

- Es necesario difundir más su cultivo y consumo entre la población.
- Es necesario difundir, formar e informar sobre todas las propiedades y formas de preparación de la quinua, sobre todo entre las amas de casa, y también en bares y restaurantes.
- Reflexionar sobre nuestra cultura alimentaria, ¿Qué comemos?
- Recuperar la cultura de los pueblos originarios.
- Potenciar el trabajo solidario, intersectorial, en redes en nuestra comunidad para que no haya más hambre ni desnutrición, y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos devolviendo la dignidad a los sectores mas desfavorecidos.
- Además de aprender los contenidos curriculares, los estudiantes están aprendiendo habilidades para el servicio, una cuestión social que marca una efectiva diferencia en la comunidad. Este aprendizaje del servicio es un modo a través del cual los alumnos pueden ser alentados a contribuir con sus talentos y habilidades a hacer una diferencia positiva en sus comunidades, todo dentro del contexto de sus estudios académicos. (2)

Figura 1. Resultados obtenidos de la aplicación de las 74 encuestas realizadas.



BIBLIOGRAFÍA CITADA

1- Forni, F., Neiman, G., Roldán J y P. Sabatino, 1998. Haciendo escuela. Alternancia, trabajo y desarrollo en el medio rural. Ediciones Ciccus. Buenos Aires.

2- Furco, Andrew, 2007. El rol del docente en el desarrollo de proyectos de aprendizaje-servicio. Ministerio de Educación, Programa Nacional Educación Solidaria. Antología 1997-2007. Seminarios Internacionales Aprendizaje y Servicio Solidario.

3- Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología de La Nación, 2007. Ejemplos para pensar la enseñanza en plurigrado en las escuelas rurales.1ª Edición. Buenos Aires, Argentina.

4- Ministerio de Educación de Jujuy (2013) "Los haceres y saberes de la quinua".

5- Mujica, A.; Ortiz, R.; Bonifacio, A.; Saravia, R.; Corredor, G.; Romero, A. Y Jacobsen, S.E. 2006. Agroindustria de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los Países Andinos. Editorial Altiplano E.I.R.L. Puno. Perú.

6- Oficina Regional para América Latina y el Caribe – FAO. 2011. La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/aiq2013/res/es/cultivo_quinua_es.pdf

7- Organización de las Naciones Unidas. Asamblea General. Resolución Aprobada por la Asamblea General 66/221. Año Internacional de la Quinua 2013.

8- Revista Maestra de Segundo Ciclo No 168 Abril 2013 Pág. 16. Ediciones Ediba. Argentina.

SEGUNDAS JORNADAS PROVINCIALES DE QUÍNOA EN CATAMARCA

Las Segundas Jornadas Provinciales de Quínoa se desarrollaron en la EEA INTA Catamarca, el 5 de setiembre de 2013.

La quínoa, de origen andino, es reconocida en el mundo como un recurso alimentario de alto valor nutritivo constituyéndose en un alimento de calidad para la actual y las futuras generaciones. En este marco, desde el año 2004, el programa Pro Huerta viene trabajando para recuperar el cultivo de quínoa en Catamarca. Con posterioridad, esta iniciativa es apoyada por el Proyecto Regional Valorización de los Productos Típicos de Catamarca y La Rioja; a partir de allí y conjuntamente con la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca se desarrollan trabajos que se difunden en las Primeras Jornadas Provinciales de Quínoa realizadas en al año de 2011.

El año 2013 fue declarado "Año Internacional de la Quínoa" (AIQ) en reconocimiento a los pueblos originarios que han mantenido, protegido y preservado la quínoa como legado de las culturas andinas. Por este motivo, el INTA, desde el Pro Huerta, el Proyecto "Apoyo al Desarrollo Territorial de la Puna y Valles Áridos de Antofagasta de la Sierra, Belén y Santa María" y el Programa Nacional Cultivos Industriales, en forma conjunta con la Provincia de Catamarca vio propicio organizar las Segundas Jornadas de Quínoa. Sus objetivos fueron: dar a conocer los avances en investigación y extensión de la quínoa en Catamarca sobre sus diversas aplicaciones y usos culinarios, incentivar la producción de quínoa para la agricultura familiar y a nivel comercial y fomentar su consumo en la población para aportar variedad a la dieta.

Las Jornadas se desarrollaron exitosamente y se alcanzaron los objetivos propuestos superándose las expectativas en cuanto al nivel de concurrencia.

Imágenes de las Segundas Jornadas Quinua realizadas en la EEA Catamarca

RESUMENES

Apoyo Institucional para la producción de quínoa en Belén

Cassin, D.[1]; Oviedo, J.[2]; Morales, O.[3]; Aybar, C.[3] y Brizuela, L.[4]
1. Municipalidad de Belén; 2. Agronomía de Zona de Belén; 3. Subsecretaría de Agricultura Familiar; 4. INTA

En el Año Internacional de la Quínoa (AIQ), un conjunto de instituciones locales, que tiene su asiento en el departamento Belén, acuerdan trabajar en forma articulada para aumentar la superficie productiva de quínoa y conseguir financiamiento para llevar adelante el cultivo. Se decide iniciar este proyecto porque el territorio del departamento mencionado es agroecológicamente apto para la producción de quínoa y porque hay una creciente demanda de este grano por sus características nutricionales. El objetivo de este proyecto es incentivar la producción de quínoa en el departamento Belén. El método de trabajo se basó en diversas estrategias: articulación entre las instituciones locales: Municipios de Belén, Villa Vil, La Puerta de San José, la Agronomía de Zona, el INTA, la Subsecretaría de Agricultura Familiar y ONG Nueva Gestión; convocatoria conjunta a los productores para lograr consenso; organización de un plan de trabajo y búsqueda de financiamiento. Ya se realizaron actividades entre las que se pueden mencionar: relevamiento de productores interesados en llevar adelante el cultivo; capacitaciones en manejo de cultivo, uso y aprovechamiento de la quínoa -tuvieron una amplia participación y fueron llevadas adelante con modalidad de taller, con un componente teórico y con la realización de prácticas en lotes de productores-; se están llevando adelante experiencias a campo de manejo del cultivo de quínoa en el predio de la Agronomía de Zonas y, por último, se planificaron las actividades de producción. Como resultados parciales se puede mencionar que todas las instituciones participantes están aportando, desde su lugar, para la concreción del proyecto; técnicos e integrantes de las instituciones se encuentran motivados para realizar el acompañamiento del proceso y que los productores están incentivados para iniciarse en la producción de quínoa; ya comenzaron a preparar sus terrenos para dar inicio a la siembra. También hay que destacar que la falta de infraestructura en riego es una de las mayores limitantes a la hora de incrementar la superficie productiva.

Rescate y revalorización del cultivo de la quínoa en poblaciones de la puna catamarqueña

Martínez, S.[1]; Lobo Gómez, J.[1]; Hilal, M.2; Brizuela, L.[3]
1. Facultad Cs. Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca 2. Facultad de Ciencias Naturales e IML. Universidad Nacional de Tucumán; 3. INTA Catamarca.

La quínoa es un cultivo originario de la región andina y tiene un grano parecido a los cereales, pero no pertenece a esta familia. La planta está adaptada a condiciones desfavorables propias de la región como lo son las bajas temperaturas, suelos poco fértiles y salinos. Actualmente, la quínoa ha despertado mucho interés, por el reconocimiento de su gran valor nutritivo, ya que supera a los cereales en el contenido y calidad de sus proteínas. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha catalogado a la quínoa como un alimento único por su altísimo valor nutricional, que puede sustituir notablemente a las proteínas de origen animal, pues contiene un balance de proteínas y nutrientes más cercano al ideal para el ser humano que cualquier otro alimento y sería una de las soluciones a los problemas de la nutrición humana. Las comunidades de la puna del Departamento Belén en la provincia de Catamarca se enfren-

tan cotidianamente a diversos problemas como: falta de servicios, aislamiento, escasez de recursos y condiciones climáticas adversas, entre otros. Sin embargo, la pobreza y la falta de una alimentación nutritiva son las problemáticas más inquietantes de la región. En el presente trabajo se realizó el rescate y revalorización del cultivo de la quínoa en poblaciones de la puna catamarqueña, realizando una contribución a la seguridad alimentaria de grupos socio-económicos vulnerables y de esta manera favorecer el desarrollo sustentable de la misma. Para el desarrollo del proyecto han trabajado en forma conjunta la Universidad Nacional de Catamarca con el Programa de Pro – Huerta INTA Agencia Belén. La metodología empleada para el trabajo fue la investigación – acción participativa (IAP), la cual combina la investigación y la acción, implicando a la población, la cual se involucra y lleva a cabo una transformación de una problemática de su realidad, de esta manera se trabajó de manera dinámica y directa con la comunidad. Para lo cual se han desarrollado capacitaciones en la siembra y manejo del cultivo de quínoa y empleo de la misma en la preparación de alimentos mediante la realización de talleres comunitarios. El cultivo de la quínoa fue muy bien aceptado por los pobladores de la región, con lo que su reintroducción fue exitosa, y el impacto en el área fue positivo.

Evaluación de la reintroducción de quínoa en Laguna Blanca

Brizuela, L.[1]; Castro, O[1]; Cano, L.[1]; Martinez, S.[2]; Lobo, J.[2] y Rodriguez, M.[1]
1. INTA; 2. FACEN.

En Laguna Blanca, se comenzó con la reintroducción de la quínoa en el año 2.005 a partir de un proyecto local "Cultivos Andinos" llevado adelante por el Pro Huerta. En los años siguientes, se suma a este proceso el Municipio de Villa Vil y posteriormente la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Catamarca con el proyecto "Reintroducción del cultivo de la quínoa en el departamento Belén, provincia de Catamarca. Evaluación nutricional y productiva" en el que también participan "Fundación Oncológica Dr. Emilio García Giralt" y el Programa Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial. El objetivo fue evaluar el impacto de la reintroducción de la quínoa en la localidad de Laguna Blanca. El proceso de evaluación se basó en lograr una amplia participación de los integrantes de la comunidad; se inició con entrevistas amplias donde cada uno pudiera dar su opinión. Finalmente, se hizo una encuesta en donde se pudieran visualizar distintos aspectos del proceso. La misma se realizó a miembros de 22 familias sobre las 35 que componen Laguna Blanca; participaron personas desde los 12 años de edad, el 32 % fueron varones y el 68 % mujeres. Las ocupaciones fueron: ama de casa, artesanos, productores, empleados, y otros. Como resultado se pudo visualizar que la reintroducción, que se motorizó desde las instituciones, tuvo amplia aceptación entre la comunidad, la quínoa pasó a ocupar una amplio sector de los lotes de cultivo, que todos en la familia colaboran en el manejo, que se modificaron los modos de alimentación incorporando la quínoa en la dieta, que es un componente más dentro de la economía familiar ya sea vendiéndola como grano o elaborando comidas con el mismo fin y por último que aportó a la identidad cultural y a la organización local.

Experiencias con quínoa en Andalgalá

Brizuela, N.[1 y 2]; Olás, J.[1]; Banchig, S.[2] y Brizuela, L.[3]
1. Municipalidad de Andalgalá, 2. Escuela Agrotécnica Huaco y 3. INTA

Este trabajo comenzó por iniciativa de una docente que tuvo la inquietud de incentivar la siembra de quínoa en Andalgalá para dar a las familias del departamento la posibilidad

de mejorar su alimentación y obtener ingresos extra de la producción. Con la colaboración del INTA desde el proyecto Valorización de los Productos Típicos se comenzó el proceso. El objetivo de esta labor fue determinar la adaptabilidad del cultivo de quínoa a las condiciones agroecológicas de la zona. La metodología tuvo dos ejes: la puramente técnica con las pruebas de campo y la organizacional basada en la articulación interinstitucional. Las actividades se iniciaron con pruebas campo, en el año 2011; se sembró una pequeña parcela. La siembra se realizó en el mes de octubre tomando como base los datos recabados en zonas con características agroecológicas similares. El cultivo evolucionó favorablemente alcanzando una altura de 1.80 m. La cosecha se efectuó en el mes de marzo. Con los resultados de esta primera y positiva experiencia se procedió a sensibilizar a las instituciones de Andalgalá con el fin de lograr las articulaciones necesarias para continuar el proceso. Se consiguió el apoyo de la Escuela Agrotécnica Huaco y el Municipio de Andalgalá. En el año 2012, se sembró en el predio del establecimiento educativo. Los resultados obtenidos fueron alentadores, los alumnos expusieron lo trabajado en la Universidad Nacional de Catamarca, en el Congreso de Medio Ambiente. Paralelamente, ese año se realizaron actividades de concientización destinadas a la comunidad poniendo énfasis en lo alimentario y nutricional. Se trabajó también en capacitaciones de elaboración de alimentos con modalidad de taller; se brindaron contenidos teóricos y posteriormente los participantes pudieron cocinar con quínoa. Luego se degustaron las comidas elaboradas. Las primeras experiencias están indicando que las condiciones agroecológicas de la zona de Andalgalá son propicias para la siembra de quínoa de valles. Además, se pudo comprobar que las comidas con quínoa tienen amplia aceptación en la comunidad de celíacos y diabéticos que la incorporaron su dieta. Este año se realizarán pruebas de fecha de siembra.

Efecto de las fechas de siembra en el cultivo de quínoa en Belén.

Brizuela, L[1]; Rojas; M.[1]; Oviedo, J.[2]; Aybar, C[3]; Morales, O[3]; Cassin, D[4].
1. INTA; 2. Agronomía de Zona Belén; 3. Subsecretaría de Agricultura Familiar; 4. Municipalidad de Belén.

Se tiene como antecedentes para empezar a analizar el efecto de diferentes fechas de siembra en el cultivo de quínoa, pruebas aisladas en campo de productores. La primera efectuada por un productor en la localidad de Belén, se realiza en el año 2011. El cultivo tiene una evolución favorable y se cosecha en el mes de marzo con rendimientos de 1.400 kg/ha. En el año 2012, se prueba por segundo año consecutivo, en parcelas pequeñas en los meses de junio a noviembre. Por problema con el sistema de riego se pierden las parcelas de junio, julio y noviembre. Rindiendo para la siembra de agosto un equivalente a 2.005 kg/ha; para septiembre, toma un valor de 1.218 kg/ha y para octubre es de 937 kg/ha. En el mismo año, se realizó una siembra en noviembre; por lluvias intensas, fuera de lo normal, no fue posible entrar al campo para realizar las labores culturales por lo que se tuvo una disminución de rendimientos. En el presente año, la estrategia principal fue lograr la articulación interinstitucional y el relacionamiento con los productores; se trabajará articuladamente entre el INTA, la Agronomía de Zona, la Subsecretaría de Agricultura Familiar y la Municipalidad de Belén. El objetivo es determinar, en forma conjunta entre instituciones y productores locales, la fecha más conveniente de siembra para la quínoa, los efectos sobre el cultivo y las prácticas de manejo más adecuadas. Se planteó implantar la quínoa en 4 fechas de siembras- en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre en el predio de la Agronomía de Zona; ya se realizaron la primera

y segunda siembra con activa participación de los productores. Paralelamente, los mismos – casi todos se están iniciando en el cultivo- en sus campos, probarán momentos de siembra teniendo en cuenta los antecedentes de Belén y de otras zonas del norte del departamento. Además, llevarán adelante las prácticas agronómicas correspondientes observando la posible incidencia de plagas y enfermedades. Es de destacar el entusiasmo conjunto de los actores que participan en la actividad que busca sentar las bases del conocimiento y manejo del cultivo en la zona.

Granos de origen americano en huertas familiares de Asampay y Chistín

Brizuela, L [1]; Castro. O[1]; Romero, C3; Martínez, S.[2]; Morales, E.[2] y Rodríguez, M[1]
1. INTA; 2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNCa; 3. Municipalidad de La Puerta de San José.

La iniciativa de incorporación de granos americanos a la huerta familiar surge de la motivación de las familias con la experiencia de reintroducción de quínoa (*Chenopodium quínoa*) que se llevó adelante en las localidades de Asampay y Chístín. Esta es una actividad conjunta entre distintas instituciones. Se propone incentivar la incorporación de chía (*Salvia hispanica* L.) y kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) a las huertas familiares. El objetivo del proyecto es analizar la adaptabilidad de la chía y la kiwicha y su posibilidad de aportar a la seguridad alimentaria de Asampay y Chístín. Se hace la entrega de semillas de ambas variedades a 5 familias de las localidades mencionadas; todas las familias la siembran. La chía y la kiwicha se implantan en canteros en la huerta familiar. Se realiza el monitoreo de los cultivos y la toma de datos. Las 5 familias logran llegar a cosecha; se debe destacar que este fue un año en donde no se presentaron heladas tempranas. Al finalizar la cosecha una parte de la producción se destina a la alimentación familiar y con otra parte se realiza una experiencia de comercialización. Se presentan los productos en un stand en el evento Expo Cerros y Puna 2012; los granos se expusieron en bolsitas de 250 g. Se vende toda la producción de quínoa, kiwicha y chía que se llevó al evento.

Antecedentes del cultivo de quínoa previo al proyecto de reintroducción.

Brizuela, L.; Castro, O.; Cano, L. y Rodríguez, M.
INTA

Desde el Programa Pro Huerta y el Proyecto Regional Valorización de Productos Típicos de INTA se trabajó para identificar los lugares en donde se había cultivado o se estaba cultivando quínoa, en forma independiente al proceso de reintroducción. El objetivo fue saber y analizar el estado de situación del cultivo de quínoa, previo al proyecto de reintroducción, en los departamentos de Belén y Antofagasta de la Sierra. Para esto, se realizaron entrevistas a referentes calificados de la zona como docentes, agentes sanitarios y líderes de las comunidades preguntando sobre los lugares y las personas que consideraban que podían saber sobre el cultivo previo al proceso de reintroducción. Los datos obtenidos sirvieron para identificar lugares y personas a quienes se les realizaron entrevistas; en algunas zonas, por sus características, se recurrió a encuestas con preguntas cerradas y abiertas. La idea fue buscar las huellas de la quínoa en el amplio territorio de la puna, prepuna y valles áridos del oeste catamarqueño. Algunas frases textuales fueron: “Que yo recuerde, don Anacleto, era el único que cosechaba quínoa en esa parte”, “Cuando estaban maduras lo cortaban donde estaban las semillas y lo dejaban en bandejas de madera”. “Salía una hermosa quínoa”. “Después lo refregaban y cuando salía el palo y la cáscara lo asentaban”. “Era una quínoa grandota”. “No sabemos de su existencia” En el departamento Belén se presentan dos situaciones diferentes; correspondiente una a valles ári-

dos y la otra a la puna. En los valles áridos, se desconocía la existencia del cultivo. En la puna, en la localidad de Laguna Blanca muy pocos habían sentido hablar del cultivo; en Corral Blanco algunos recordaban que sus familias la cultivaban. Solo una persona la seguía cultivando para no perder la semilla. En Antofagasta de la Sierra, en la Villa algunos la conocían y recordaban que se cultivaba (hay registros de Vega La Laguna y Paicuqui), en Los Nacimientos se la sembraba esporádicamente, mientras que en Antofalla no se la cultiva desde hace 20 años, en Botijuelas hace más tiempo que no se siembra; en Las Quínoas se la cultiva ocasionalmente. No se pudo detectar porque se perdió este cultivo, la mayoría de los referentes manifiesta no saberlo, algunos lo atribuyen a la incertidumbre de cosecha por las heladas, a la dificultad de las tares poscosecha sobre todo la trilla y limpieza; y a que fue reemplazada por otros granos o alimentos. Se pudo determinar que en las comunidades de la puna utilizan las hojas de la quínoa silvestre para la alimentación incorporándolas en sopas, torrejas y tortillas. Falta realizar relevamientos en la zona de prepuna y comunidades de altura como Minas de Culampajá para tener una mirada más integral y acabada de la situación.

La quínoa en la escuela de Asampay.

Brizuela, L[1]; Rodriguez, M.[1]; Martinez, S.[2]; Lobo, J[2].; Huarte, G.[2]
1. INTA; 2. FACEN-UNCa.

En la escuela de Asampay se inició el proceso de incorporación de la quínoa (*Chenopodium quínoa*) en la huerta escolar a partir de un trabajo interinstitucional. En este proyecto intervinieron la escuela de Asampay, la Universidad Nacional de La Plata, la Facultad de Ciencia Naturales de la Universidad de Catamarca y el INTA desde el programa Pro Huerta. El objetivo del trabajo fue interesar a la comunidad por el cultivo de quínoa e incorporarla, como complemento alimentario, en la dieta que brinda el comedor escolar. La estrategia de trabajo se basó en la activa participación de la comunidad educativa: directivo, docentes, alumnos y padres. El trabajo se orientó a la realización de reuniones con dinámicas de motivación que incluyeron información, dialogo, negociación y consenso para llevar adelante la experiencia. Posteriormente, se diseñó el proceso de capacitación en cuya planificación se incluyeron temáticas como alimentación, elaboración de comidas con quínoa, siembra, manejo del cultivo, entre otras. Tanto el personal de la escuela como padres y alumnos participaron activamente del proyecto. Se realizó la siembra de quínoa, con semilla proveniente de IPAF NOA, Posteriormente, se implementaron las prácticas correspondientes para lograr un buen desarrollo del cultivo. Luego de efectuada la cosecha, se realizaron las capacitaciones en uso y aprovechamiento de la quínoa, las cuales concluyeron con una degustación. La quínoa cosechada en la huerta escolar fue incorporada a las comidas elaboradas en el comedor de la institución.

Reintroducción de quínoa en Asampay

Brizuela, L.[1]; Martinez, S.[2]; Lobo, J.[2]; Castro, O.[1]
1. INTA; 2. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNCa.

En la experiencia de reintroducción de quínoa (*Chenopodium quínoa*) que se llevó adelante en las localidades de Asampay y Chístín participaron la escuela de Asampay, la Facultad de Ciencia Naturales de la Universidad de Catamarca, el INTA desde el Pro Huerta y la comunidad. El objetivo del proyecto fue aportar a la seguridad alimentaria de Asampay y Chístín a través de la producción de quínoa a nivel familiar y la incorporación a la dieta. Se comenzó con la difusión en la escuela en donde se repartieron las semillas a las 17 familias de las localidades mencionadas. Posteriormente, se realizaron capacitaciones

para la siembra y manejo del cultivo. Todas las familias sembraron, algunas perdieron el cultivo por acción de los pájaros o la competencia con malezas; 10 llegaron a cosechar la quínoa. Las actividades de los productores se monitorearon, acompañando el proceso. Se implantaron parcelas pequeñas de no más de 40 metros cuadrados; previamente, en el mes de agosto, se había incorporado una importante cantidad de abono (guano de cabra y de oveja) que se regó con frecuencia para que se descomponga. Se sembraron, desde fines de octubre a principios de noviembre, poblaciones que se corresponden con CICA y Real. El manejo del cultivo fue sencillo: riego, deshierbe manual y 2 aporques. Se cosechó desde la segunda quincena de febrero a la primera de mayo. Se obtuvieron muy buenos rendimientos que en ningún caso fue inferior a los 300 gramos por metro cuadrado con máximos de 1 kg por metro cuadrado para la tipo CICA y 875 gramos por metro cuadrado para la tipo Real. Casi el 60% de las familias llegaron a término con el cultivo y con muy buenos rendimientos. La quínoa tuvo buena aceptación a nivel familiar todas incorporaron el grano a sus comidas.

Los Cultivos Andinos en Cóndor Huasi

Brizuela, L.[1]; Yapura, P.[2]; Saracho, R.[2] y Bazán, R.[2].
1. INTA y 2. Productores Cóndor Huasi en Cóndor Huasi

Esta experiencia se desarrolló en Cóndor Huasi, situada en el departamento Belén en los faldeos del Cordón de los Colorados a 2.000 msnm. En esta localidad no había antecedentes de cultivos andinos; se decidió probar con quínoa, kiwicha y papa andina, en parcelas pequeñas, en campo de un productor. El objetivo fue observar al adaptabilidad de las 3 especies en las condiciones agroclimáticas de Cóndor Huasi. Se realizó la siembra de la quínoa (se utiliza material originario de Los Morteritos), kiwicha (se utiliza semilla procedente de Asampay) y papa andina (3 variedades: morada-morada, bolinca y malcacho con 500 g de cada una) a principios de noviembre, período en el que hay escasa posibilidades de heladas tardías. Se realizaron las prácticas culturales correspondientes tomando como referencia los antecedentes de zonas con similares características. Al termino de los cultivos, se socializó la experiencia entre la comunidad de Cóndor Huasi. Se realizan capacitaciones de manejo de los cultivos andinos y de elaboración de comidas con quínoa. Si bien la experiencia es pequeña y puntual se pudo determinar que quínoa, kiwicha y papa andina evolucionan favorablemente en la localidad de Cóndor Huasi, todas llegaron a cosecha. La papa rindió aproximadamente 5 kg por variedad. Se obtuvieron 7,600 kg (siete kilos y seiscientos gramos) de granos de quínoa una superficie de 30 metros cuadrados. Con la kiwicha no se pudieron obtener datos certeros porque el viento volteó una gran cantidad de granos. La comunidad de Cóndor Huasi solicitó organizar un Banco Comunitario de Semillas Andinas.

Organismos perjudiciales y benéficos asociados al cultivo de la quínoa

Rojas, M.[1]; Rodriguez, M.[1]; Oviedo, J. [2] y Brizuela, L.[1]
1 INTA y 2. Agronomía de Zona.

El cultivo de la quínoa registra antecedentes en las culturas originarias de la prepuna y puna de la provincia de Catamarca, y como consecuencia de tareas de recuperación del mismo, hoy se presenta como una alternativa productiva interesante apoyada entre otros factores en sus reconocidas cualidades como alimento sano y con alto valor nutritivo. El crecimiento anual de la superficie dedicada al cultivo de quínoa y la experiencia acumulada en éste proceso de recuperación en el departamento Belén han determinado la necesidad estudiar, entre otros temas, las

plagas y enfermedades que afectan al mismo y sus controladores naturales. El objetivo es realizar el relevamiento de los organismos (insectos, ácaros, nematodos y patógenos) perjudiciales asociados al cultivo, establecer la importancia relativa de cada uno, la oportunidad de aparición, el daño que ocasionan y las medidas preventivas y de control a aplicar. La metodología contempla la observación y colecta permanente de material en los cultivos y la identificación del mismo con el apoyo del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (INTA Castelar), Centro de Zoología Aplicada (UNC) y otros centros especializados. Las observaciones realizadas han permitido detectar la presencia y daños en el cultivo de diferente magnitud en prácticamente todas las etapas del mismo. En principio se pueden señalar daños de importancia ocasionados por aves (Paseriformes) en la etapa de emergencia de plántulas, hormigas coloradas y gusanos cortadores. En algunas zonas de cultivo (Cóndor Huasi) se detectó la presencia de gorgojos minadores en el tallo y varias especies de hemípteros y coleópteros, cuya identificación se procura.

Formación de formadores en elaboración de comidas con quínoa.

Brizuela, L. y Rodríguez, M.
INTA

Durante el desarrollo del proyecto "Cultivos Andinos" llevados adelante por el Pro Huerta y el Municipio de Villa Vil se pudo visualizar entre los integrantes de las comunidades personas con un desempeño destacado en las capacitaciones que se brindaban y con facilidad para captar y transmitir los conocimientos. A partir de allí, se gestó la idea de desarrollar y potenciar capacidades locales para multiplicar conocimientos sobre alimentación saludable y elaboración de alimentos con productos andinos. Para ello se realizaron diferentes tareas: identificar los actores locales con capacidad para transmitir conocimientos, generar los espacios para que desarrollen sus capacidades e incentivar la participación en eventos. La mayoría de los miembros de la comunidad que se animaron a ser capacitadores y demostradores son mujeres, hay un solo varón. Son productores con competencias para llevar adelante capacitaciones que desarrollaron en diversos lugares de la provincia de Catamarca y La Rioja. Tres de las capacitadoras escribieron cartillas de divulgación que se publicaron, hay al menos dos más que las están escribiendo. Hicieron demostración en eventos a nivel internacional (Encuentro de AtaCaLaR) nacional (en Buenos Aires para el programa Cocineros Argentinos), interprovinciales, provinciales y locales (en Villa Castelli- La Rioja, San Fernando del Valle, El Rodeo, Rodeo Gerván, entre otros).

Multiplicación de semillas

Brizuela, L.; Castro, O. y Rodríguez, M.
INTA.

Durante las recorridas por la puna, en el marco del Programa Pro Huerta, mientras se buscaba identificar los lugares en donde se había cultivado o se estaba cultivando quínoa, en forma independiente al proceso de reintroducción, se pudieron colectar 2 poblaciones de semillas de quínoa que se estaban perdiendo. Se trabajó la idea de rescatar la quínoa de puna, que corría el riesgo de perderse como recurso genético, y reproducirlas para que se incorporen a los Bancos de Semillas Comunitarios. Se obtuvieron las semillas de dos localidades: El Breal, lugar próximo al Salar de Antofalla en el año 2007; las otras se obtuvieron de Pena Blanca zona cercana al Volcán Galán en el año 2012. Se consultó, a quienes las tenían, sobre el origen de la semilla, en ambas casos, expresaron que sus abuelos ya la cultivaban, que están desde que se acuerdan y que desconocen su origen. Los productores de Laguna Blanca tomaron el compromiso de multiplicarlas. Se

pueden mencionar los siguientes avances de este proceso: la quínoa de El Breal ya forma parte del Banco Comunitario de Semillas de Laguna Blanca y la quínoa de Peña Blanca se está multiplicando, este año podría estar incorporándose al Banco mencionado. Las poblaciones están concientizándose del valor de los recursos genéticos; manifestaron que hay más semillas "antiguas" de quínoa en la localidad de La Angostura y solicitaron que se empiece con el proceso de rescate.

Reinserción cultural y agrícola de quínoa y kiwicha, para alentar el desarrollo y calidad de vida de la Puna Catamarqueña – Belén - Catamarca

Martinez, S.[1]; Lobo Gómez J.[1]; Hilal M.[2]; Huarte, G.[1]; Brizuela, L. [3] y Cassin, W.[3]
1. FACEN. UNCa. 2. Facultad de Ciencias Naturales e IML. UNT. 3. INTA Catamarca.

La "quinoa" (*Chenopodium quinoa* Will) posee el mejor balance de aminoácidos esenciales conocido. Además, no posee gluten, lo que la convierte en un alimento apto para enfermos celíacos. Presenta un recubrimiento de sabor amargo conocido como saponina, el cual debe ser eliminado mediante lavado, antes de ser consumido. Actualmente, ha sido catalogada por la FAO como un alimento único por su altísimo valor nutricional. Por su parte, la kiwicha (*Amaranthus caudatus*) es un cultivo andino también de gran valor nutritivo, siendo el grano es más pequeño, que el de quínoa, pero con la ventaja adicional de no tener saponinas. La reintroducción cultural y agrícola de estos cultivos autóctonos, brindan la posibilidad de un desarrollo socioeconómico de la región, sin abandono de las formas de vida tradicionales, de esta manera se realiza un importante aporte a la Seguridad Alimentaria. Los objetivos fueron: promover el cultivo y consumo de quinoa y kiwicha; alentar el desarrollo local de la región y determinar la composición de quinoa y kiwicha. La metodología empleada para el trabajo fue la investigación – acción participativa (IAP). En el proyecto han trabajado la Universidad Nacional de Catamarca con el Programa de Pro – Huerta INTA Agencia Belén. Se realizaron tareas de campo, capacitaciones y actividades de Investigación y laboratorio. Las tareas de campo implico la limpieza y preparación de suelo para cultivo y la posterior siembra. En las actividades de capacitación se ofrecieron charlas y talleres comunitarios en la región. En las tareas de investigación y laboratorio, se llevaron a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNCa, del Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, fueron las siguientes: azúcares totales, glucosa: por la reacción acoplada glucosa oxidasa – peroxidasa, fructosa, sacarosa, almidón, proteínas solubles totales. Los cultivos se adaptaron perfectamente a la región y se logró una amplia difusión de los mismos en las comunidades. Los valores de sacarosa en quínoa estuvieron entre 10 y 19 mg/g semilla y los de fructosa entre 0,1 y 2,4 mg/g semilla. Observando valores más elevados en las muestras de Laguna Blanca y Barranca Larga. El cultivo de quínoa constituye una alternativa viable en la región y su rescate y revalorización posibilita a las comunidades de la puna producir un alimento nutritivo contribuyendo a la dieta familiar y favorece a la seguridad alimentaria de la región. Percibiéndose en las comunidades un potenciado interés en su cultivo, aprovechamiento y vinculo entre ellas.

Aporte del cultivo de quínoa en la Seguridad Alimentaria en el Dpto. Belén, Catamarca

Martínez, S.[1]; Lobo Gómez, J.[1]; Hilal, M.[2] y Brizuela, L.[3].
1. FACEN. UNCa. 2. Facultad de Ciencias Naturales e IML. UNT. 3. INTA Catamarca.

Las comunidades del Dpto. Belén - Catamarca presentan diversas problemáticas entre ellas pobreza y falta de una alimentación nu-

tritiva. La quínoa es un alimento con características nutricionales excepcionales ya que posee un contenido alto de proteínas sumado a la calidad de la misma debido al balance de aminoácidos esenciales es ideal. También contiene ácidos grasos omega 3, omega 6 y omega 9. A las características nutritivas se le suma la ventaja de su adaptación a condiciones adversas propias de la región, posibilitando su cultivo. Por lo que el cultivo y consumo de quínoa permitirán mitigar problemáticas asociadas la falta de nutrición adecuada. El trabajo se realizó con la participación de las instituciones: INTA-Belén y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UNCa). Se plantearon como objetivos: contribuir a las Seguridad Alimentaria de grupos socio-económicos vulnerables; favorecer el desarrollo sustentable de la región y promover el cultivo, comercialización y consumo de la quínoa. La metodología empleada para el trabajo fue la investigación – acción participativa (IAP) con el fin de involucrar a los integrantes de las comunidades en la participación activa del proyecto. En la región se desarrollaron charlas en escuelas y en municipios en las cuales se destacaron el aporte nutritivo y la importancia de su cultivo. También se realizaron capacitaciones en la siembra y manejo del cultivo de quínoa; y se fomento su consumo mediante la preparación de alimentos empleando este grano en talleres comunitarios. En el proyecto han trabajado la Universidad Nacional de Catamarca con el Programa de Pro – Huerta INTA Agencia Belén.

El cultivo de quínoa en el Programa Nacional Cultivos Industriales del INTA

Rago, A.[1]; Erazzu, L.[2]; Cafrune, E.[1]; Mayol, R.[3]; Sopena, A.[2]; Etchart, V.[4]; Acreche, M.[2] y Valeiro, A.[2]

1. IPAVE, CIAP-INTA. 2. EEA Famaillá INTA. 3. EEA Cerro Azul INTA. 4. Instituto de Genética, CICVyA-INTA.

El INTA tiene como objetivo fundamental generar conocimientos en los principales ejes de innovación agropecuaria, en respuesta a las demandas del sector productivo en el ámbito nacional, regional y local. Esta acción se canaliza a través de Programas Nacionales y Proyectos Territoriales, que se articulan con otras redes públicas y privadas, integrando a los distintos actores del sector productivo. Los Programas Nacionales del INTA tienen la responsabilidad de coordinar estrategias de innovación tecnológica en los distintos ámbitos de intervención mediante la generación de conocimientos y el desarrollo tecnológico que aseguren la expansión y el posicionamiento de los diferentes cultivos. La FAO declaró al año 2013 como el "Año Internacional de la Quínoa", siendo este cultivo emblemático y de altísimo valor nutricional, constituyendo la base de la alimentación de nuestros pueblos originarios. Actualmente, la quínoa busca posicionarse como alimento de calidad para la salud, la seguridad y la soberanía alimentaria de las actuales y futuras generaciones a través de la recuperación y revalorización de sus recursos genéticos. En este sentido, el Programa Nacional de Cultivos Industriales incluye la cadena del cultivo de quínoa donde se plantean las siguientes líneas de acción: a) Determinación de parámetros epidemiológicos de los principales organismos perjudiciales en quínoa, identificando artrópodos plagas y sus enemigos naturales en el área de influencia de la EEA Hilario Ascasubi (Buenos Aires); b) Integración de técnicas de manejo de quínoa, llevando a cabo estudios bioecológicos, evaluaciones de época de siembra por cultivar, estudios de distanciamiento y densidad de siembra, ensayos de la nutrición del cultivo, instalación de lotes demostrativos en campo de productores, ensayos comparativos de rendimiento e introducción de nuevos materiales genéticos; c) Generación de las bases fitotécnicas para el desarrollo de cultivares, a través de la exploración de la variabilidad genética y construcción estratégica del germoplasma

de la especie, implementación de ensayos multiambientales en campos de productores del NOA, incremento del germoplasma seleccionado por su adaptación en cada ambiente, caracterización por productividad y aptitud para consumo e industria y generación de lotes semilleros de los materiales genéticos más sobresalientes; d) Caracterización molecular de poblaciones de quínoa del NOA a través de la búsqueda de genes involucrados en respuestas a factores bióticos/abióticos, validación de los marcadores en genotipos contrastantes e integración de datos moleculares y fenotípicos; e) Caracterización de componentes ecofisiológicos de poblaciones/variedades asociadas a la adaptación al ambiente, que permitan identificar atributos para la mejora genética y el manejo del cultivo, búsqueda de genotipos sobresalientes asistiendo al proceso de mejora genética del cultivo y al entendimiento de ofertas tecnológicas (densidad de siembra, respuesta a fertilizantes, agua, etc.). Todas las líneas de investigación y desarrollo surgen de demandas genuinas del sector productivo. El Programa Nacional de Cultivos Industriales es dinámico y contempla la incorporación de nuevas demandas relevadas en instancias de intercambio entre el INTA y todos los actores del sector productivo en el ámbito nacional, regional y local, potenciando y articulando las capacidades de los diferentes grupos de trabajo que abordan investigación y desarrollo del cultivo de quínoa en Argentina.