

QUINOA (*CHENOPODIUM QUINOA*, CHENOPODIACEAE) PUEDE LLEGAR A SER UN CULTIVO IMPORTANTE PARA LA AGRICULTURA ARGENTINA

H. DANIEL BERTERO¹

Summary: Quinoa (*Chenopodium quinoa*) could become an important crop for Argentinian agriculture. The Andean grain crop quinoa has recently drawn attention because of its high nutritive value its adaptation to extreme conditions of water deficit and low temperatures, and its growing demand by international markets. Although the Argentinean Northwest is part of the traditional area of cultivation of this species, it has remained unknown in the pampas. Recent experiences performed under experimental conditions and in farmer fields indicate that there is a chance for this crop to be part of the cropping systems in the region. In this work some options and limitations associated to commercial cultivation of this species are discussed.

Key words: quinoa, *Chenopodium quinoa*, adaptation.

Resumen: La quinoa, cultivo de origen andino, ha recibido interés en años recientes, tanto por su alto valor nutritivo y su adaptación a condiciones extremas de déficit hídrico y bajas temperaturas como por su demanda creciente en los mercados internacionales. Pese a que el Noroeste argentino es parte de la región tradicional de cultivo de esta especie, todavía es desconocida en la región pampeana. Las experiencias recientes realizadas bajo condiciones experimentales y en campos de productores indican que existe la posibilidad de considerar este cultivo entre las alternativas productivas de esta región. En este trabajo se discuten algunas de las alternativas y limitaciones asociadas a su cultivo comercial.

Palabras clave: quinoa, *Chenopodium quinoa*, adaptación.

INTRODUCCIÓN

La adaptación de cultivos a nuevas regiones es un aspecto fascinante de la investigación agrícola. La domesticación de especies permitió el desarrollo de civilizaciones y la adaptación de cultivos a regiones diferentes de sus centros de origen acompañó la dispersión humana y la difusión cultural, comenzando poco después de su domesticación. Esta difusión del cultivo de especies no se ha interrumpido en los milenios transcurridos desde la revolución neolítica y ha cobrado ímpetu a partir de los últimos 500 años (Evans, 1993). El término nuevos cultivos se ha acuñado para designar tanto especies silvestres en proceso de domesticación como especies con una prolongada tradición de cultivo por una cultura particular, pero que solo recientemente han comenzado a recibir interés fuera de sus centros tradicionales de cultivo. Dentro de estos nuevos cultivos, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una de las que mayor atractivo presentan. Quinoa es una especie cultivada originaria de la región andina de

Sudamérica cuyos granos se utilizan en forma equivalente a los de los cereales. Su cultivo se extiende sobre un rango de casi 50° en latitud, desde el sur de Colombia hasta los 47 °S en Chile (Wilson, 1990) y en un amplio rango altitudinal, desde más de 4000 metros en Bolivia hasta casi el nivel del mar en Chile (Tapia *et al.*, 1980). Sus proteínas tienen un alto valor nutritivo, otorgado por un excelente balance de aminoácidos, superior al de los cereales y leguminosas de grano (Sanchez Marroquín, 1983; Johnson, 1990; Risi & Galwey, 1991; Ruales & Nair 1992; Schilick & Bubenheim, 1996) y un alto contenido de lisina, un aminoácido esencial escaso en otras especies cultivadas (Risi & Galwey, 1984; Ruales & Nair, 1992). Junto a esto, esta especie crece en condiciones de extrema aridez y bajas temperaturas, como los altiplanos de Bolivia, Perú, Chile y el Noroeste Argentino (Tapia *et al.*, 1980) y se considera que posee la capacidad única de producir granos con un alto valor nutritivo bajo condiciones extremas (Wilson, 1988; National Research Council, 1989). Estas características han llevado a su evaluación como nuevo cultivo en diferentes países, entre ellos zonas áridas o frías de EEUU (Johnson & Ward, 1993), Mongolia (S. Ward, com. pers.), Tibet (Jacobsen, 1999) y varios países de Europa (Jacobsen & Stolen, 1993;

¹ Cátedra de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía (UBA), Av. San Martín 4453, (C1417DSE) Buenos Aires, Argentina. e-mail: bertero@mail.agro.uba.ar. fax: +54 11 45148730; tel. +54 11 45248025.

Jacobsen, 1999). Por otro lado cuenta con un mercado creciente, aunque aún reducido, en EEUU, Canadá y Europa (National Research Council, 1989), lo que ha llevado a un mayor énfasis en la producción, mejoramiento genético e investigación en esta especie en países como Perú y Bolivia, donde la superficie cultivada se ha incrementado notablemente en los últimos años (Risi & Galwey, 1984; Aroni, 1999). En los párrafos que siguen se presenta información sobre la posición sistemática de esta especie y la caracterización de su variabilidad intraespecífica y se analiza información asociada a la historia de su cultivo en Argentina, el conocimiento existente sobre esta especie y las limitaciones y posibilidades de cultivo fuera de las regiones tradicionales actuales de producción (la región andina de las provincias de Salta y Jujuy).

POSICIÓN SISTEMÁTICA

Quinoa es una especie asignada a la sección *Chenopodium*, subsección *Cellulata*, del género *Chenopodium* (Aellen & Just, 1943). Esta subsección incluye especies cultivadas, especies silvestres, y malezas acompañantes de cultivo en Sur y Norteamérica, todas tetraploides. Entre las especies incluídas en la sección *Cellulata* *Chenopodium berlandieri*, de América del Norte, incluye formas domesticadas (*Ch. berlandieri* subespecie *nutalliae*; n.v. huazontle) y silvestres (*Ch. berlandieri* subespecie *berlandieri*) (Wilson, 1990). El huazontle es cultivado en México como hortaliza (Hunziker, 1952). En Sudamérica es posible distinguir entre *Chenopodium hircinum* sensu stricto (silvestre) y *Chenopodium quinoa* (formas cultivadas y malezas acompañantes). Estas malezas acompañantes, conocidas como "ajara" o "ashpa quinoa" han sido clasificadas como *Chenopodium quinoa* subespecie *milleanum* (Aellen) Aellen (Aellen & Just, 1943), *Chenopodium quinoa* var. *melanospermum* (Hunziker, 1943 a) o *Ch. hircinum* Schrad. sensu Aellen (Wilson, 1990). Si bien las ajaras se distinguen de las quinoas cultivadas por sus frutos negros y pequeños y su persistencia fuera de cultivo, poseen un patrón de variación que las acerca más a los tipos cultivados simpátricos que a tipos silvestres de otros orígenes, y esto es lo que ha llevado a la propuesta de su inclusión como parte de *Chenopodium quinoa* (Wilson, 1990). *Chenopodium hircinum* (s. str.) es una especie silvestre que se encuentra a baja altitud

en Argentina, Paraguay y Uruguay (Wilson, 1990). Todas estas especies: *Chenopodium berlandieri*, *Chenopodium quinoa* y *Chenopodium hircinum* son interfértiles (Wilson, 1980; Wilson & Manhart, 1993) lo que sugiere un cercano parentesco entre las mismas.

Intentos de caracterizar la variabilidad intraespecífica dentro de las quinoas cultivadas llevaron a proponer una clasificación que distingue cinco "ecotipos" (grupos de origen), basados en su región de origen y altura de cultivo (Tapia *et al.*, 1980): de Valle (de los valles interandinos de Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador), de Altiplano (del altiplano que rodea el lago Titicaca en Perú y Bolivia y su extensión hacia el sur de Bolivia, norte de Chile y noroeste Argentino), de Salares (de los salares del sur de Bolivia) de Nivel del mar (del centro y sur de Chile) y Subtropical (de las Yungas de Bolivia). Análisis comparativos basados en datos electroforéticos (variación aloenzimática) y morfométricos (morfología de hojas y frutos) (Wilson, 1980; Wilson, 1988; Wilson, 1990) permiten distinguir entre quinoas de Nivel del mar (chilenas) y quinoas andinas (el resto) y dentro de las quinoas andinas entre materiales nor-andinos (de Perú, Ecuador y Colombia) y sur-andinos (de Bolivia, Norte de Chile y Argentina). La mayor variación se observa entre los materiales del área sur-andina, mientras que las quinoas de nivel del mar y nor-andinas son más homogéneas (Wilson, 1988; Wilson 1990). Las quinoas nor-andinas pertenecen al ecotipo de Valles, pero no resulta posible distinguir entre quinoas de Valles, Salares y Altiplano en las quinoas sur-andina utilizando análisis multivariados para los caracteres mencionados (Wilson, 1990).

ZONAS DE CULTIVO EN ARGENTINA

Distintas fuentes indican que, a la llegada de los conquistadores, el cultivo de quinoa en Argentina se extendía desde el noroeste hasta el territorio actualmente ocupado por las provincias de Córdoba (Hunziker, 1952) y Santa Fe (Paucke, 1944). La evidencia arqueológica indica su presencia en las provincias de Mendoza y Salta dos mil años atrás (Hunziker, 1943 b; Hunziker & Planchuelo, 1971). Parodi (1966) señaló su cultivo entre los 1200 y los 3600 msn en las provincias de Salta, Jujuy, Catamarca y Tucumán, y mencionó su cultivo por los Mocovíes de Santa Fé en el siglo XVIII. Mintzer (1933) y Vorano & García (1976) mencionan su cultivo en pequeñas

extensiones en la puna de Jujuy y en la quebrada de Humahuaca a partir de los 1500 m.s.m. Hunziker (1943 a) menciona cultivos de quinoa en los valles Calchaquies y en San Antonio de los Cobres (provincia de Salta).

La distribución actual de los cultivos de quinoa es mucho más restringida. No se encuentran cultivos de esta especie en Córdoba ni en Santa Fé desde el período colonial (Hunziker, 1952), ni hay referencias recientes de su cultivo al sur de la provincia de Salta (aunque se ha sugerido la posibilidad de existencia de cultivos en localidades aisladas de Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza (Wilson, 1990). Las provincias de Salta y Jujuy son, entonces, las dos regiones para las cuales se cuenta con evidencia reciente de cultivo. Dentro de éstas es posible distinguir entre la Quebrada de Humahuaca y la Puna Jujeña próxima a la ruta panamericana, como localidades donde el cultivo de quinoa está orientado hacia su comercialización y se utiliza en forma frecuente semillas de origen boliviano (Vorano & García, 1976, obs. pers.), y zonas más aisladas donde se realiza agricultura con fines de subsistencia. Es en estas últimas localidades donde todavía es posible encontrar razas locales de quinoa en pequeñas parcelas, frecuentemente intercultivadas con papa (Vorano & García 1976; Mujica *et al.*, 1999). Estas razas locales podrían representar un germoplasma inusual y valioso, al haber evolucionado en forma aislada de las influencias homogeneizantes de los centros de cultivo (Bolivia y Perú) en la periferia de la distribución de esta especie (Wilson, 1988). Otra región del país donde se puede encontrar cultivos de quinoa es la provincia de Neuquén (I. Zappe, Inta Alto Valle, com. pers.) donde comunidades Mapuches cultivan quinoa (denominadas como quinqua o quingua) probablemente del tipo conocido como de Nivel del mar del centro y sur de Chile.

LÍNEAS ACTUALES DE TRABAJO

Se han logrado avances importantes en el conocimiento de la genética y en el mejoramiento del cultivo (Mujica & Jacobsen 1999; Ward, 1993, 2000 a, b), el establecimiento de criterios para la manipulación del germoplasma disponible en bancos (Ortiz *et al.*, 1998, 1999) la caracterización de la composición química de los frutos (Dini *et al.*, 1992; Przybylski *et al.*, 1994) y estudios nutricionales (Ruales & Nair, 1992). Recientemente se han comenzado a desarrollar herramientas moleculares para la caracterización

de la diversidad genética en colecciones de germoplasma utilizando marcadores microsatelitales (Jellen *et al.*, 2001). Es muy reducido, no obstante, el conocimiento sobre la ecofisiología del cultivo y su relación con la adaptabilidad ambiental de esta especie. Entre estos se destacan avances en el conocimiento de los mecanismos que determinan la tolerancia al déficit hídrico (Vacher, 1998; Bosque *et al.*, 1999; Jensen *et al.*, 2000), salinidad (Bosque *et al.*, 1999; Quispe & Jacobsen, 1999; Prado *et al.*, 2000) y heladas (Monteros & Jacobsen, 1999); el control por la temperatura de la tasa de germinación (Jacobsen & Bach, 1998) y el efecto de la temperatura, el fotoperíodo y la radiación sobre el desarrollo fásico y la tasa de aparición de hojas en cvs. de diferente origen (Bertero *et al.*, 1999 a, b, 2000; Bertero, 2001).

PERSPECTIVAS PARA QUINOA DENTRO DE LA AGRICULTURA ARGENTINA

Para este análisis es necesario diferenciar las posibilidades futuras dentro de las regiones tradicionales de cultivo (el Noroeste) de aquellas en condiciones agroecológicas diferentes a estas. Como se mencionó, el cultivo de quinoa en las provincias de Salta y Jujuy se realiza en pequeña escala para el autoconsumo y con fines comerciales por un muy reducido número de agricultores. Las crecientes posibilidades de quinoa como cultivo comercial llevaron al desarrollo de experimentos orientados a la identificación de cultivares de alta productividad (Torres *et al.*, 2001) y estos cultivares (en su mayoría originarios de Perú y Bolivia) se encuentran al presente en proceso de promoción entre los agricultores de la región (Sossa Valdez & Tolaba, 2001). Más allá de las posibilidades efectivas de su comercialización, debe destacarse el riesgo potencial de la introducción de estos cvs. exóticos de mayor rendimiento potencial en términos de la erosión genética de las accesiones locales de quinoa. Al presente es muy escaso el grado de representación de estos materiales en colecciones existentes de germoplasma, y merece destacarse la urgencia de acciones que involucren su colección, caracterización y conservación con vistas a su utilización futura.

En el resto del país la experiencia en el cultivo de quinoa es escasa y reciente. A diferencia del Noroeste, el propósito de la producción de quinoa es aquí sólo comercial, con la meta de abastecer la demanda internacional de esta especie. Existen cvs. con po-

tencial de adaptación a la región pampeana originarios de la región central de Chile (o seleccionados a partir de accesiones de ese origen), con rendimientos bajo condiciones experimentales en el rango 170-270 g m⁻² (FAO, 2001), en siembras de invierno. Estos rendimientos se obtuvieron bajo condiciones de manejo no potenciales y existe posibilidad de obtener incrementos sustanciales en los mismos mediante el manejo agronómico. Se están realizando intentos de producción de quinoa a escala comercial en el sur de la provincia de Buenos Aires, en las localidades de Ascasubi (J. Rivas, INTA Ascasubi, com. pers.) y Darregueira (M. Magadán, La Ventura S.A., com. pers.), y en Choele Choel, provincia de Río Negro (E. Sanchez Juliá, Fundación para el Desarrollo de la Norpatagonia, com. pers.). Mas allá de los aspectos que hacen a la comercialización de lo producido existen varias limitaciones a la producción de quinoa en la región pampeana que necesitan ser resueltos en el proceso de su difusión como cultivo. Aquellos asociados al requerimiento de días cortos y temperaturas moderadas para el llenado de granos pueden ser resueltos mediante el uso de cultivares de origen chileno con menor sensibilidad al fotoperíodo, o mediante la manipulación de fechas de siembra que eviten la coincidencia de la floración con la combinación de días largos y altas temperaturas que resultan en una inhibición completa del llenado de granos, en cvs. de origen andino (Bertero *et al.*, 1999 a). Otros factores son la susceptibilidad al brotado pre-cosecha (Bertero & Benech, 2000) y a las enfermedades fúngicas (Danielsen & Ames, 2000).

CONCLUSIONES

Resulta difícil predecir cuál será el futuro de esta especie dentro de la agricultura argentina. Otras especies, como el amaranto, han tenido en años recientes una importante promoción como nuevo cultivo (National Research Council, 1984) que poco después llevó a un estancamiento de la producción. Por sus características quinoa competiría en la región pampeana con los cereales de invierno y solo resultaría atractiva su producción si la rentabilidad de su cultivo superara las limitaciones asociadas a la tecnología de cultivo, cosecha, post cosecha y comercialización. Otra posibilidad sería el cultivo en ambientes marginales para los cultivos de invierno, donde la marcada tolerancia de esta especie ante condiciones de défi-

cit hídrico y bajas temperaturas la colocarían en una posición de ventaja comparativa. La adaptación de un cultivo a nuevos ambientes puede requerir décadas, y para quinoa este proceso recién comienza.

BIBLIOGRAFÍA

- AELLEN, P. & T. JUST. 1943. Key and synopsis of the American species of the genus *Chenopodium* L. *Amer. Midl. Naturalist* 30: 47-67.
- ARONI, G. 1999. Manejo y cultivo actual de la quinoa en Bolivia. *Memorias del Primer Taller Internacional sobre quinoa: recursos genéticos y sistemas de producción*. Lima, Perú.
- BERTERO, H. D. 2001. Effects of photoperiod, temperature and radiation on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions. *Ann. Bot.* 87: 495-502.
- BERTERO, H. D. & R. BENECH ARNOLD. 2000. Release from dormancy during seed development in quinoa. Variation associated to cultivar origin. *ASA (American Society of Agronomy), CSSA (Crop Science Society of America), SSSA (Soil Science Society of America) Meeting*. Minnesota.
- BERTERO, H. D., R. W. KING & A. J. HALL. 1999 a. Photoperiod-sensitive phases of development in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Res.* 60: 231-243.
- BERTERO, H. D., R. W. KING & A. J. HALL. 1999 b. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Res.* 63: 19-34.
- BERTERO, H. D., R. W. KING & A. J. HALL. 2000. Photoperiod and temperature effects on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Austr. J. Plant Physiol.* 27: 349-356.
- BOSQUE, H., R. LEMEURE, P. VAN DAMME & S. E. JACOBSEN. 1999. Análisis ecofisiológico del cultivo de la quinua (*Ch. quinoa* Willd.) en condiciones de estrés de la sequía y la salinidad. *Memorias del Primer Taller Internacional sobre quinoa: recursos genéticos y sistemas de producción*. Lima, Perú.
- DANIELSEN, S. & T. AMES. 2000. *El mildiu (Peronospora farinosa) de la quinoa (Chenopodium quinoa) en la zona andina. Manual Práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno*. Centro Internacional de la Papa, Royal Danish Ministry of Foreign Affairs, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.
- DINI, A., L. RASTRELLI, P. SATURNINO & O. SCHETTINO. 1992. A compositional study of *Chenopodium quinoa* seeds. *Die Nahr.* 36: 400-404.
- EVANS, L. T. 1993. *Crop Adaptation, Evolution and Yield*. Cambridge University Press: Cambridge.
- FAO, 2001. Resultados de la Prueba Americana y Europea de quinoa. *Cultivos Andinos*. versión 1.0 (CD).

- HUNZIKER, A. T. 1943 a. Las especies alimenticias de *Amaranthus* y *Chenopodium* cultivadas por los indios de América. *Revista Argent. Agron.* 10: 297-354.
- HUNZIKER, A. T. 1943 b. Granos hallados en el yacimiento arqueológico de Pampa Grande (Salta, Argentina). *Revista Argent. Agron.* 10: 146-154.
- HUNZIKER, A. T. 1952. Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. Acme Agency, Buenos Aires.
- HUNZIKER, A. T. & A. M. PLANCHUELO. 1971. Sobre un hallazgo de *Amaranthus caudatus* en tumbas indígenas de Argentina. *Kurtziana* 6: 63-67.
- JACOBSEN, S. E. 1999. Potencial de producción y mercado de la quinoa en Europa. *Memorias del Primer Taller Internacional sobre quinua: recursos genéticos y sistemas de producción*. Lima, Perú.
- JACOBSEN, S. E. & A. P. BACH. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Seed Sci. Technol.* 26: 515-523.
- JACOBSEN, S. E. & O. STOLEN. 1993. Quinoa. Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *Eur. J. Agron.* 2: 19-29.
- JELLEN, E.N., B. W. GARDUNIA, S. E. PARKINSON, M. R. STEVENS, A. BONIFACIO, C. E. COLEMAN, H. B. ZAN, K. ARUMUGANATHAN & D. J. FAIRBANKS. 2001. El desarrollo de herramientas moleculares para facilitar estudios genéticos de la quinoa. *Décimo Congreso Internacional de Cultivos Andinos*, Jujuy.
- JENSEN, C. R., S. E. JACOBSEN, M. N. ANDERSEN, N. NUÑEZ, S. D. ANDERSEN, L. RASMUSSEN & V. O. MOGENSEN. 2000. Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. *Eur. J. Agron.* 13: 11-25.
- JOHNSON, D. L. 1990. Cereals and pseudocereals. *Advances in New Crops*. Timber Press, Portland, OR.
- JOHNSON, D. L. & S. M. WARD. 1993. Quinoa. *Advances in New Crops*. Wiley, New York.
- MINTZER, M. J. 1933. Las quinoas. Su cultivo en la Argentina. Su importancia como planta alimenticia. *Bol. Min. Agric. Nac.* 34: 59-77.
- MONTEROS, C. & S. E. JACOBSEN. 1999. Respuesta agronómica y fisiológica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a temperaturas congelantes en 3 estados fenológicos. *Memorias del Primer Taller Internacional sobre quinua: recursos genéticos y sistemas de producción*. Lima, Perú.
- MUJICA, A. & S. JACOBSEN. 1999. Recursos genéticos y mejoramiento de la quinoa. *Memorias del Primer Taller Internacional sobre quinua: recursos genéticos y sistemas de producción*. Lima, Perú.
- MUJICA, A., S. JACOBSEN, D. BERTERO & J. GONZALEZ. 1999. Un recorrido por el noroeste argentino buscando quinoa. *Primer Taller Internacional sobre quinua: recursos genéticos y sistemas de producción*. Lima, Perú.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1984. *Amaranth: modern prospects for an ancient crop*. National Academy Press, Washington.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. Quinoa. *Lost Crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation*. National Academy Press, Washington.
- ORTIZ, R., S. MADSEN, E. N. RUIZ-TAPIA, S. E. JACOBSEN, A. MUJICA SANCHEZ, J. L. CHRISTIANSEN & O. STOLEN. 1999. Validating a core collection of Peruvian quinoa germplasm. *Gen. Res. Crop Evol.* 46: 285-290.
- ORTIZ, R., E. N. RUIZ-TAPIA & A. MUJICA SANCHEZ. 1998. Sampling strategy for a core collection of Peruvian quinoa germplasm. *Theor. Appl. Genet.* 96: 475-483.
- PARODI, L. R. 1966. *La agricultura aborígen argentina*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires.
- PAUCKE, F. 1944. *Hacia allá y para acá (Una estadía entre los indios Mocobies, 1749-1767)*. Tomo III: *Segunda parte*. Publicaciones Especiales del Instituto de Antropología (V). Universidad Nacional de Tucumán. Publicación N° 349. Ed. Coni, Buenos Aires.
- PRADO, F. E., C. BOERO, M. GALLARDO & J. A. GONZALEZ. 2000. Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Bot. Bull. Acad. Sinica* 41: 27-34.
- PRZYBYLSKI, R., G. S. CHAUHAN & N. A. M. ESKIN. 1994. Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) lipids. *Food Chem.* 51: 187-192.
- QUISPE, H. & S. E. JACOBSEN. 1999. Tolerancia a la salinidad en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Memorias del Primer Taller Internacional sobre quinua: recursos genéticos y sistemas de producción*. Lima, Perú.
- RISI, J. & N. W. GALWEY. 1984. The *Chenopodium* grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. *Adv. Appl. Biol.* 10: 145-216.
- RUALES, J. & B. M. NAIR. 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* 42: 1-11.
- SANCHEZ MARROQUIN, A. 1983. Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial: el amaranto y la quinoa. *Arch. Lat. Nutr.* 33: 11-32.
- SCHLICK, G. & D. L. BUBENHEIM. 1996. Quinoa: candidate crop of NASA's controlled life support systems. *Progress in New Crops*. ASHS Press, Arlington, VA.
- SOSSA VALDEZ, F. & C. TOLABA. 2001. Multiplicación de cultivares de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Estación Experimental Hornillos, Jujuy. *Décimo Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. Jujuy.
- TAPIA, M., A. MUJICA & A. CANAHUA. 1980. Origen, distribución geográfica y sistemas de producción de quinoa. *Primera reunión sobre genética y fitomejoramiento de quinoa*. Puno, Perú.
- TORRES, C. G., L. G. BUITRAGO & A. ALVAREZ. 2001. Ensayos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. *Décimo Congreso Internacional de Cultivos Andinos*. Jujuy.
- VACHER, J. J. 1998. Response of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and papa amarga (*Solanum juzepczukii* Buk.) to drought on the Bolivian Altiplano: significance of local adaptation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 68: 99-108.

- VORANO, A. & R. GARCÍA. 1976. La quinoa en la provincia de Jujuy, Argentina. *Actas de la II Convención Internacional sobre Quenopodiaceas. IICA. Serie Informes de Reuniones N° 96*. Potosí, Bolivia.
- WARD, S. M. 1993. Cytoplasmic male sterility in quinoa. *Euphytica* 66: 217-223.
- WARD, S. M. 2000 a. Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Res.* 68: 157-163.
- WARD, S. M. 2000 b. Allotetraploid segregation for single-gene morphological characters in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Euphytica* 116: 11-16.
- WILSON, H. D. 1980. Artificial hybridization among species of *Chenopodium* section *Chenopodium*. *Syst. Bot.* 5: 253-263.
- WILSON, H. D. 1988. Quinoa biosystematics I: domesticated populations. *Econ. Bot.* 42: 461-477.
- WILSON, H. D. 1990. Quinoa and relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Cellulata*). *Econ. Bot.* 44: 92-110.
- WILSON, H. & J. MANHART. 1993. Crop/weed gene flow: *Chenopodium quinoa* Willd. and *C. berlandieri* Moq. *Theor. Appl. Genet.* 86: 642-648.

Recibido el 02 de Agosto de 2001, aceptado 15 de Octubre de 2001.