

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres

Angel Mujica¹ & Sven-E. Jacobsen²

¹Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú
email: amhmujica@yahoo.com

²Universidad Real de Agricultura y Veterinaria, Taastrup, Dinamarca
email: seja@kvl.dk

Abstract

The diversity in uses of quinoa and the wild relatives of quinoa (*Chenopodium carnosolum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa* subsp. *melanospermum*, *C. ambrosoides* and *C. incisum*) is wellknown to the Andean farmers, who are able to distinguish between species and ecotypes, and to differentiate in food preparation and for medicine, ritual events and processing. The *Chenopodium* species are used either as whole plant or part of the plant. We find diversity in plant and inflorescence form (branched to simple), plant size (up to 2 m), inflorescence colour (white, yellow, black), earliness (3-8 m.), seed size (up to 3.5 mm), and other agronomic and genetic characters, from the cultivated species as well as wild ancestors. The greatest diversity of quinoa is found in the aynokas, that is communal fields in farmers' communities, which will serve for conservation and use of quinoa and other *Chenopodium* species in the future.

Keywords: *Chenopodium quinoa*, Diversity, Wild relatives.

Resumen

La diversidad y variabilidad en usos de la quinua y los parientes silvestres (*Chenopodium carnosolum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa* subsp. *melanospermum*, *C. ambrosoides* y *C. incisum*) son debidamente conocidas y utilizadas por los campesinos andinos, puesto que cada especie y ecotipo es utilizado en forma diferenciada en la alimentación, medicina, ritual y en la transformación. El uso de las especies de *Chenopodium* es como planta entera o parte de la misma. Podemos encontrar la diversidad de formas (ramificada o sencilla), tamaño (hasta 2 m), color de la panoja (blanca, amarilla, morena, negra), diversidad en precocidad (3-8 meses), tamaño de grano (hasta 3.5 mm), formas de inflorescencia, características agronómicas diferenciales como son estrías en el tallo, parámetros genéticos, componentes de rendimiento y otras, de la especie cultivada, así como la diversidad de los parientes silvestres y escapes de cultivo. Encontramos la mayor diversidad de la quinua en los aynokas, los campos comunales de las comunidades campesinas, que nos servirá en el futuro para conservar y usar la quinua y sus parientes silvestres.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa*, Diversidad, Parientes silvestres.

La quinua

Los nombres comunes de la quinua son: kinua, quinua, parca, quiuna (idioma quechua); supha, jopa, jupha, jiura, aara, ccallapi y vocali (aymara); suba y pasca (chibcha); quingua (mapuche); quinoa, quinua dulce, dacha, dawé (araucana); jupa, jara, jupa lukhi, candonga, licsa, quiñoa. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se cultiva en todos los Andes, principalmente del Perú y Bolivia, desde hace más de 7.000 años por culturas preincas e incas. Históricamente la quinua se ha cultivado desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile desde el nivel del mar hasta los 4.000 m, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2.500-3.800 m con una precipitación pluvial anual entre 250 y 500 mm y una temperatura media de 5-14 °C. En América Latina, Bolivia es el país con mayor exportación como quinua orgánica a USA y países europeos.

La importancia de la quinua reside en la alta calidad como alimento, la utilización completa de la planta y su amplia adaptación a condiciones agroecológicas. Su utilización racional está

orientada a rescatar el sistema tradicional del cultivo de quinua, que es el manejo ecológico de suelos, plagas y enfermedades con la perseverancia en el sistema tradicional de los agricultores de este cultivo. La quinua está considerada como el alimento más completo para la nutrición humana basada en proteínas de la mejor calidad en el reino vegetal por el balance ideal de sus aminoácidos esenciales (Tabla 1), ácidos grasos como omega 3, 6 y 9, en forma equilibrada (Tablas 2-3), vitaminas (Tabla 4), y minerales como el calcio y el hierro (Tabla 5). Por la importancia que posee este grano andino, existen bancos de germoplasma en diferentes instituciones tales como el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA), la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, y el Centro de Investigación en Cultivos Andinos (CICA, Cusco) que posee un total de 3.000 accesiones, procedentes de diferentes condiciones

agroecológicas. La quinua se utiliza en la alimentación humana, en el desayuno de los niños como producto balanceado con otros granos, en sopas, lawas, guisos, pesque, quispiña, api, chicha blanca, chaulafan de quinua en el Ecuador, humita dulce de quinua en Bolivia, galletas, panes, tortillas y postres, por enumerar algunas de los preparados tradicionales en los países andinos. En la medicina, se le atribuyen propiedades cicatrizantes, desinflamantes, analgésicas y desinfectantes. Por la importancia nutricional atribuida a la quinua es demandada últimamente por Alemania, Dinamarca, Francia, Japón, Gran Bretaña y USA. Como potencial económico de la quinua se utiliza todo hasta el polvillo desaponificado en la alimentación animal y las hojas frescas en la alimentación humana, que comparativamente es superior a las hojas de la espinaca en contenido de proteínas.

Tabla 1: Contenido de aminoácidos en los granos (mg de amino ácido/16 g de nitrógeno) (Repo-Carrasco *et al.* 2003).

	Quinua	Kañiwa	Kiwicha	Arroz	Trigo
Ácido aspártico	7.8	7.9	7.4	8.0	4.7
Treonina	3.4	3.3	3.3	3.2	2.9
Serina	3.9	3.9	5.0	4.5	4.6
Ácido glutámico	13.2	13.6	15.6	16.9	31.3
Prolina	3.4	3.2	3.4	4.0	10.4
Glicina	5.0	5.2	7.4	4.1	6.1
Alanina	4.1	4.1	3.6	5.2	3.5
Valina	4.2	4.2	3.8	5.1	4.6
Isoleucina	3.4	3.4	3.2	3.5	4.3
Leucina	6.1	6.1	5.4	7.5	6.7
Tirosina	2.5	2.3	2.7	2.6	3.7
Fenilalanina	3.7	3.7	3.7	4.8	4.9
Lisina	5.6	5.3	6.0	3.2	2.8
Histidina	2.7	2.7	2.4	2.2	2.0
Arginina	8.1	8.3	8.2	6.3	4.8
Metionina	3.1	3.0	3.8	3.6	1.3
Cistina	1.7	1.6	2.3	2.5	2.2
Triptófano	1.1	0.9	1.1	1.1	1.2
% N del grano	2.05	2.51	2.15	1.52	2.24
% proteína	12.8	15.7	13.4	9.5	14.0

Los parientes silvestres de la quinua

El centro de mayor diversidad de las Chenopodiaceae es el Altiplano peruano-boliviano. La mayor diversidad de los parientes silvestres de quinua se encuentra en las aynokas, que son sistemas ancestrales de organización campesina con múltiples y diferentes finalidades: seguridad alimentaria, manejo racional de suelos y plagas, conservación de la diversidad genética *in situ*, manejo altitudinal y uso racional de la diversidad (Ichuta & Artiaga 1986). Entre éstas y la más importante es la conservación *in situ* de la diversidad genética, tanto cultivada como de sus parientes silvestres. Estos sistemas están ampliamente distribuidos en la zona andina recibiendo diferentes nombres como son mandas y laymes (Mujica & Jacobsen 2000), variando en su organización de acuerdo a las zonas agroecológicas. Se puede encontrar características de la especie cultivada – como la diversidad de formas, tamaños y colores, diversidad en precocidad, tamaño de grano, formas de inflorescencia, características agronómicas diferenciales como son estrías en el tallo, parámetros genéticos y componentes del rendimiento (Mujica 1988) y otras – y también la diversidad de los parientes silvestres

y escapes de cultivo. Sin embargo, debido al avance tecnológico e introducción de nuevas variedades, estos sistemas están en proceso de erosión y pérdida, porque el desarrollo actual es avasallador y drástico, provocando su desintegración y resquebrajamiento en la organización, aunada a la pérdida de la cultura e identidad andinas.

También podemos encontrar a los parientes silvestres en forma aislada, ya sea en los bordes de las chacras o lugares considerados sagrados, que son reductos donde se desarrollan y son cuidados por los propios campesinos. En muchos casos están utilizados en la alimentación, como medicina o para usos rituales, sobretodo en épocas de extrema sequía o desastres climáticos característicos de la zona altiplánica de Perú y Bolivia. Estos lugares reciben el nombre de Gentil Wasi o Phiru.

Materiales y métodos

El trabajo de evaluación de la diversidad de los parientes silvestres de quinua se efectuó durante los meses de febrero a mayo del 2002 al 2005 en las aynokas representativas del Altiplano peruano, como son: Ichu (Puno); Juli (Chucuito), Macaya (Azángaro), Macari

Tabla 2: Comparación de la composición del aceite de quinua con otros aceites vegetales (%) (Repo-Carrasco *et al.* 2003).

Especies y variedades de quinua	Esteárico C18:0	Oleico C18:1	Linoleico C18:2	Ácidos grasos			
				Linolénico C18:3	Eicosanoicos C20	Docosanoicos C22	Tretacosanoicos C24
Quinua: Sajama	0.7	23.8	46.2	9.5	2.8	3.0	0.9
Porotok	0.7	22.2	55.2	4.3	2.6	2.5	0.6
Imbaya	0.7	26.8	50.6	3.9	2.4	2.5	0.6
Cochasquí	1.2	25.0	48.6	3.9	2.8	2.9	0.6
Promedio	0.8	24.5	50.2	5.4	2.7	2.7	0.7
Soya	4.4	21.6	55.2	9.4			
Maní	2.0	44.7	35.8		4.2	3.4	1.9
Oliva	2.8	79.4	7.6	0.6			
Palma	2.9	18.1	2.9				
Coco	2.8	5.9	1.0				

Tabla 3: Comparación de los contenidos de grasas en algunas plantas y los rendimientos de aceite vegetal (Repo-Carrasco *et al.* 2003).

Especie	Contenido de grasa (%)	Rendimiento de aceite (kg/ha)	
		General	Ecuador
Maíz	2-5	20-50	34-85
Quinua	2-10	80-400	9-45 / 11-280
Soya	15-18	350-425	270-300
Algodón	16-24	140-2.100	
Girasol	33-51	33-510	
Maní	26-48	260-480	
Palma	15-26	2.000-6.000	583-3.477

Tabla 4: Valores comparativos del contenido de algunas vitaminas del grano de la quinua y de otras fuentes vegetales (ppm en base de materia seca) (Repo-Carrasco *et al.* 2003). (a) Promedios de datos: Duke & Atchley (1986), Risi & Galwey (1984), Romero (1981), (b) Duke & Atchley (1986).

Vitamina (a)	Quinua (a)	Arroz (b)	Cebada (b)	Frijol (b)	Papa (b)	Trigo (b)
Niacina	10.7	57.3	58.3	25.7	51.8	47.5
Tiamina (B1)	3.1	3.5	3.3	5.3	4.4	6.0
Riboflavina (B2)	3.9	0.6	1.3	2.1	1.7	1.4
Acido Ascórbico (C)	49.0	0	0	22.5	693.8	0
Alfa-Tocoferol (E)	52.3					
Carotenos (Precursor vitamina A)	5.3	0	3.7	0.1	0.3	0

Tabla 5: Contenido de minerales en la quinua y otras especies ((mg/100 g de materia seca) (Repo-Carrasco *et al.* 2003). Símbolos: * Collazos 1993, ** Becker *et al.* 1981, *** Wahli 1990, n.r.= no reportado.

	Trigo	Cebada	Avena	Centeno	Arroz	Quinoa	Kañiwa	Kiwicha
Ca	48	52	94	49	15	94 *	110 *	236 *
Mg	152	145	138	138	118	270***	n.r.	244 **
Na	4	49	28	10	30	11.5***	n.r.	31 **
P	387	356	385	428	260	140 *	375 *	453 *
Fe	4.6	4.6	6.2	4.4	2.8	16.8 *	15.0 *	7.5 *
Cu	0.6	0.7	0.5	0.7	0.4	3.7***	n.r.	1.21 **
Zn	3.3	3.1	3.0	2.0	1.8	4.8***	n.r.	3.7 **

(Melgar), Lampa grande (Pomata) y Calacoto (Yunguyo). Las altitudes variaron desde los 3.820 hasta los 3.950 m. Se efectuaron visitas en diferentes etapas fenológicas del cultivo con la finalidad de evaluar la diversidad genética de la especie cultivada y de sus parientes silvestres, mostrada por sus características fenotípicas y principales parámetros genéticos. También se efectuaron colectas de esta diversidad para luego ser herborizada y efectuar estudios más detallados sobre morfología de la planta, inflorescencia, semilla y otras características. Los caracteres fenotípicos utilizados para la evaluación fueron: Forma, tamaño y color de la raíz; forma, tamaño, color del tallo; color de axilas foliares, color y forma de las estrías; forma, tamaño, color bordes (dentado, aserrado o liso); tamaño del peciolo en las hojas; forma, tamaño y color de la inflorescencia; forma, tamaño, color de grano; color de episperma; tamaño del pedicelo; y borde del grano. Para ello se utilizaron los descriptores morfológicos modificados (Mujica 2004) por el autor, prensas adecuadas al tamaño de la planta, altímetro y materiales de colecta de germoplasma.

Resultados

La diversidad genética de las silvestres encontrada es la siguiente:

1. *Chenopodium carnosulum* Moq. con diez genotipos diferentes en las características estudiadas. Es una especie diploide con $2n=2x=18$ cromosomas, caracterizada por su crecimiento prostrado, con muchas ramificaciones de diferentes colores tanto de hoja como de tallo, con hojas carnosas y suculentas. Se ha encontrado en algunos casos creciendo dentro de los totarales, sumergida en el agua, con gran tolerancia al exceso de humedad y a la salinidad (Mujica *et al.* 2000). Crece en las partes más inundables, cercanas al lago Titicaca, bordes de los ríos y zonas húmedas, soportando gran parte del tiempo el exceso

de humedad y elevada concentración salina (Mujica *et al.* 1999), incluso crece sobre los depósitos de sal en los bordes del lago. Las semillas producidas en forma abundante son de color oscuro, muy pequeñas y se desprenden prontamente del perigonio una vez que alcanza la madurez. El fruto presenta gran dehiscencia y las semillas son diseminadas fácilmente por el agua, el viento y animales que la consumen, principalmente ovinos y cerdos a orillas del Titicaca.

Las hojas son utilizadas en la alimentación humana como verdura, denominándose en el idioma nativo choq'a chiwa (verdura de los patos del lago). Se nota una alta concentración salina en las hojas, incluso al ser probado en forma cruda, debido a que acumula sales principalmente sodio y cloro. En algunos casos, se ha observado plantas de hasta 0.60 m de altura sobre todo cuando crece apoyada en la totora.

2. *Chenopodium petiolare* Kunth con siete genotipos diferentes y es también una especie diploide con $2n = 2x = 18$ cromosomas, caracterizada por su crecimiento erecto, poco ramificado y panoja laxa, teniendo ubicación de los glomérulos muy distanciados dentro de la inflorescencia. Esta especie está presente al interior de los campos cultivados de quinua y posiblemente acompañe a los lugares de distribución de la quinua (Mujica *et al.* 2001). Fue observada desde 3.830 hasta 3.900 m, mostrando gran variación fenotípica y confundiendo con la quinua cultivada, no solo por su apariencia y coloración de planta, sino también por su forma muy erecta y con pocas ramificaciones. Presenta en la madurez gran dehiscencia de las semillas, las mismas que aun permanecen envueltas en su perigonio, mostrando semillas de color negro y de tamaño muy pequeño con alta concentración en saponina. Se utiliza la planta tierna en la alimentación del ganado y sus hojas tiernas

como verdura de hoja en la alimentación humana. Los granos se usan en la alimentación para elaborar el quispiño (panecillo de color oscuro elaborado de dicha harina) y también tiene uso medicinal, principalmente para fracturas de huesos.

3. *Chenopodium pallidicaule* Aellen con 50 genotipos diferentes, son plantas erectas (sayhuas), semierectas (lastas) y postradas (pampa lastas), su variación está en la coloración de la planta, ramificación y tamaño (Mujica *et al.* 2002). Esta especie se ubica mayormente en las partes más altas de la aynoka, por su resistencia al frío y a granizadas. Se puede observar que la variación dentro de la aynoka también está en función a la precocidad y zonas más expuestas al frío intenso. Esta especie es diploide con $2n = 2x = 18$ cromosomas. Dentro de esta especie, se encuentran genotipos ancestrales como mama cañihua y machu cañihua, que crecen en lugares donde hubo asentamientos humanos abandonados, junto a corrales y cercos. Son plantas postradas de crecimiento reducido y de colores intensos en la madurez, también presentan color lila, que no es muy común en las cultivadas, con semillas muy pequeñas, completamente dehiscentes y fuertemente resistentes al frío. Sus semillas se utilizan con fines medicinales sobre todo para curar la anemia y postparto de mujeres; la harina se utiliza para evitar el mal de altura y como energizante poderoso en personas que han efectuado viajes prolongados y se encuentran convalescientes.

Entre estas tres especies diploides y posiblemente durante la evolución de la quinua, hayan participado con aportes significativos en su genoma para que la quinua cultivada tenga gran tolerancia a la sal probablemente de *C. carnosulum*, resistencia a la sequía de *C. petiolare* (Mujica & Jacobsen 1998) y resistencia al frío de *C. pallidicaule*.

4. *Chenopodium hircinum* Schrad., con características peculiares tanto en planta como en semillas. Sus semillas son oscuras y los granos están fuertemente adheridos al perigonio; su dehiscencia les permite su fácil dispersión. Se han encontrado 18 genotipos, cuyas diferencias están en el color de grano, en el color de la planta, hojas más oscuras y más gruesas, luego su raíz más profunda y ramificada, aunque la planta con menor número de hojas y semillas. Es una especie tetraploide con $2n=4x=36$ cromosomas y vendría a ser el ancestro cercano de la quinua cultivada por su similitud cromosómica y fenotípica (Jacobsen & Mujica 2002). Presenta gran resistencia a la sequía, incluso en casos extremos de falta de precipitación pluvial, cuando llega a eliminar gran parte de las hojas inferiores hasta quedarse sin hojas para reducir la transpiración. Sin embargo, produce semillas debido a un reemplazo de la fotosíntesis laminar por la del tallo y la panoja. Esta especie presenta una inflorescencia glomerulada compacta, similar a la de la cultivada, tanto en apariencia fenotípica como en la forma de la panoja. La diferencia estaría en la fuerte dehiscencia de las semillas antes de llegar a la madurez fisiológica, coloración oscura de la semilla y menor tamaño de las semillas. También presenta alta concentración de saponina. Se utiliza principalmente para elaborar quispiño, que es de color oscuro y sabor diferente a los demás, así como tiene fines medicinales para el control de males hepáticos y mal de viento.
5. *Chenopodium quinoa* ssp. *melanospermum* Hunz. con $2n = 4x = 36$ cromosomas. Presenta una raíz más profunda y ramificada, semillas oscuras con granos grandes, fuertemente adheridos al perigonio, menor dehiscencia y similar en morfología y fenología a la quinua cultivada. En sequías severas es las que

- mejor desarrollo tiene. A nuestro entender, vendría a ser escape del cultivo de la quinua que estaría entrecruzando en forma natural, tanto con la especie cultivada como con la silvestre, ya sea *C. hircinum* o sus parientes diploides anteriormente descritos. Por ello, es frecuente encontrar siempre plantas silvestres (ayaras) en los campos cultivados y granos negros en las inflorescencias blancas de la especie cultivada. Se han encontrado 40 genotipos diferentes, cuya coloración de semilla oscura varía desde el negro hasta el marrón claro, pasando por colores intermedios como amarillo oscuro o morado negruzco. Los agricultores generalmente la cosechan junto a la cultivada por ser similar en tamaño de grano, forma de planta, arquitectura de los glomérulos dentro de la panoja y otras características, aunque sostienen que tiene mayor valor nutritivo. Por ello, es difícil eliminarla de los campos de cultivo. Se registraron también una gran diversidad de usos tanto de las hojas, plántula, inflorescencias, semillas y de la broza. Los usos fueron las hojas como verdura, la plántula como ingrediente de sopas, la inflorescencia como arrebozado, las semillas para elaborar kispíño (panecillo cocido al vapor y de color oscuro) y la broza para alimentación de animales rumiantes (vacuno y ovino).
6. *Chenopodium ambrosioides* L., aunque el número cromosómico es diferente al de la quinua, ya que es una especie diploide con $2n=2x=16$ cromosomas, pertenece a sección Ambrina. Se la encuentra en los bordes de los lugares de cultivo, siendo también utilizadas sus hojas en la alimentación humana y por su alto contenido de aceites esenciales en la medicina tradicional para la eliminación de parásitos intestinales, como amebas en las zonas tropicales. Presenta hojas aserradas y dentadas, de crecimiento erecto o postrado, dependiendo de la zona donde se la encuentra. Está postrada en zonas secas y frías, mientras que es erecta en los valles interandinos y zonas abrigadas. Algunos genotipos presentan raíces profundas muy ramificadas y en algunos casos de reserva, que les permite tener hábito perenne. La coloración tanto de las hojas como del tallo es variable desde el verde, pasando por el anaranjado hasta el púrpura. Produce bastantes semillas muy pequeñas, de coloración oscura y de fácil dispersión por la dehiscencia de sus semillas que van adheridas al perigonio. Se han encontrado ocho genotipos diferentes que varían en la coloración de la planta, concentración de aceites esenciales y en las ramificaciones y formas de la inflorescencia.
 7. *Chenopodium incisum* Poir. es una especie diploide $2n = 2x = 18$ y se encuentra en bordes de chacras de los valles interandinos. Recién hemos determinado en base al herbario Vargas de Cusco que la especie corresponde a *C. incisum* y no a *C. graveolens* como se había pensado hasta ahora. Se caracteriza por tener hojas más dentadas y grandes que la anterior, con olor característico que se desprende incluso cuando se la toca. Es utilizada como condimento en la alimentación humana, tanto en la preparación de sopas de maíz como de chuño. Así mismo se la usa en la medicina para eliminar parásitos gastrointestinales del hombre y animales, recibiendo el nombre de asna paicco. Crece en forma permanente, debido a su raíz de reserva. En México se la conoce como epazote zorrillo por el fuerte olor que desprende y se usa para contrarrestar el mal producido por amebas, que son propias de zonas tropicales. La variación encontrada de la especie cultivada y de los parientes silvestres en las aynokas, supera a la colección núcleo (*core collection*) que se tiene en los bancos de germoplasma, p.e. en la Universidad

Nacional del Altiplano (Puno), la Universidad Nacional Agraria la Molina (Lima) y PROINPA (La Paz), tanto bases como activos y de trabajo. Esto nos estaría indicando que la aynoka de quinua viene a constituir la zona de conservación de la diversidad genética más representativa de la especie domesticada (Ortiz *et al.* 1999) y de sus parientes silvestres.

Conclusiones

Se han encontrado siete especies de parientes silvestres de la quinua en las aynokas estudiadas y una gran variabilidad dentro de cada especie: *Chenopodium carnosulum*, *C. petiolare*, *C. pallidicaule*, *C. hircinum*, *C. quinoa* ssp. *melanospermum*, *C. ambrosioides* y *C. Incisum*. La aynoka es el banco de germoplasma en cultivo (*in situ*) de la diversidad genética de la quinua y de sus parientes silvestres con los cuales está estrechamente relacionada y en algunos casos entrecruzándose para mantener la variabilidad genética que la caracteriza. También corresponde al espacio de conservación de diversidad genética representativa de la quinua y sus parientes silvestres, encontrando mayor número a la colección núcleo determinada para esta especie.

En la evolución de la quinua posiblemente han participado *C. carnosulum*, por ello su gran tolerancia a la salinidad, *C. petiolare*, por su resistencia a la sequía y *C. pallidicaule* para resistir contra el frío. Será de importancia para el futuro mantener a las aynokas para no perder la variabilidad y conservar *in situ* la diversidad genética de la quinua y de sus parientes silvestres.

Referencias

- Becker, R., Wheeler, K., Lorenz, A., Stafford, O., Grosjean, A., Betschart, A. & R. Saunders. 1981. A compositional study of amaranth grain. *Journal of Food Science* 46: 1175-1180.
- Collazos, C. 1993. La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. 6ta edición. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición, Banco Central de Reserva, Lima.
- Duke, J.A. & A.A. Atchley. 1986. *CRC Handbook of proximate analysis of plants*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Ichuta, F. & E. Artiaga. 1986. Relación de géneros en la producción y en la organización social en comunidades de Agharuni, Totoruma, Yauricani-Ilave. Informe para optar el grado de Bachiller en Trabajo Social. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 86 p.
- Jacobsen, S.-E. & A. Mujica. 2002. Genetic resources and breeding of the Andean grain crop quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Plant Genetic Resources Newsletter* (130): 54-61.
- Mujica, A. 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de doctorado, Colegio de Postgraduados, Chapingo. 158 p.
- Mujica, A. 2004. Descriptores para la caracterización de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). pp.121-136 En: *Memorias del Seminario-Taller Nacional sobre Caracterización de los Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres en el Perú*. INIA, PNUD-Proyecto *In situ*. Chosica, 19-20 mayo 2004, Lima.
- Mujica, A. & S.-E. Jacobsen. 1998. Resistencia a sequía de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Escuela de Postgrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 6 p.
- Mujica, A. & S.-E. Jacobsen. 2000. Agrobiodiversidad de las Aynokas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y la seguridad alimentaria. pp. 151-156 En: C. Felipe-Morales & A. Manrique (eds.). *Proc. Seminario Taller Agrobiodiversidad en la Región Andina y Amazónica*. 23-25 noviembre. 1988, NGO-CGIAR, Lima.
- Mujica, A., R. Ortiz, R. Chura, V. Aguilar, A. Arias, A. Aguirre, L. Avila, L. Barcena, B. Carpio, M. Condori, M. Duenas, M. Ordonez, J. Zapana & J. Rossel. 1999. Conservación *in situ* y uso potencial de Chocca Chiwa (*Chenopodium carnosolum* Moq.). pp. 116-117 En: *Resúmenes VIII Congreso Nacional de Botánica*. 24-28 abril, Arequipa.
- Mujica, A., R. Ortiz & S.-E. Jacobsen. 2000. Uso potencial de *Chenopodium carnosolum* Moq. en zonas áridas. pp.16-21 En: *Resúmenes II*

- Congreso Internacional de Zonas Áridas, Iquique.
- Mujica, A., J. Izquierdo & J.P. Marathee. 2001. Origen y descripción de la quinua. pp. 9-29 En: Mujica, A., S. E. Jacobsen, J. Izquierdo & J. P. Marathee (eds.) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. FAO, UNA, Puno, CIP. Santiago de Chile.
- Mujica, A., R. Ortiz, J. Rossel, V. Apaza & A. Canahua. 2002. Investigaciones de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.) en Puno, Perú. Centros e Institutos de Investigación, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. 97 p.
- Ortiz, R., S. Madsen, E. Ruiz-Tapia, S.-E. Jacobsen, A. Mujica-Sanchez, J.L. Christiansen & O. Stølen. 1999. Validating a core collection of Peruvian quinoa germplasm. *Genetic Resources and Crop evolution* 46: 285-290.
- Repo-Carrasco, R., C. Espinoza & S.-E. Jacobsen. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International* 19: 179-189.
- Risi, J. & N. W. Galwey. 1984. The *Chenopodium* grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. *Adv. Applied Biology* 10: 145-217.
- Romero, J.A. 1981. Evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de ocho variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis de Maestro, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Wahli, C. 1990. Quinoa-hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A., Quito. 206 p.