

La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial

Julio 2011



Oficina Regional para
América Latina y el Caribe



**La Quinoa: Cultivo milenario
para contribuir a la seguridad
alimentaria mundial**

Presentación

El informe técnico "***La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial***" elaborado por PROINPA hace una recopilación actualizada y detallada sobre las bondades nutritivas, la versatilidad agronómica y la expansión del cultivo a otros continentes, mostrando que la quinua es un cultivo con alto potencial para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta, especialmente en aquellos países donde la población no tiene acceso a fuentes de proteína o donde las condiciones de producción son limitadas por la escasa humedad, la baja disponibilidad de insumos y la aridez.

Este documento fue presentado por el Estado Plurinacional de Bolivia en la 37^{ava} Conferencia de la FAO para proponer la declaración del "*Año internacional de la quinua*" la misma que fue aprobada, declarándose el 2013 el Año internacional de la quinua.

La quinua, es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas y no contiene gluten. Los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de otros cereales que los tienen en el exosperma o cáscara, como el arroz o trigo.

Por otro lado el cultivo tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente en el uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm.

La quinua cuenta con más de tres mil variedades o ecotipos tanto cultivadas como silvestres que se resumen en cinco categorías básicas según el gradiente altitudinal: ecotipos del nivel del mar, del altiplano, de valles interandinos, de los salares y de los Yungas.

Si bien los principales productores son Bolivia, Perú y Estados Unidos, el cultivo se está expandiendo a otros continentes y actualmente se está cultivando en varios países de Europa y de Asia con altos niveles de rendimiento. Mediante este informe, contribuimos a mejorar el conocimiento y difusión de este milenario cultivo, el cual conlleva un importante valor estratégico para la Seguridad Alimentaria y Nutricional de la humanidad.

Alan Bojanic

Representante Regional Adjunto

Coordinador del Equipo Multidisciplinario para América del Sur



Resolución de la declaración del año internacional del la quinua

C 2011/REP

Año Internacional de la Quinua

63 C 2011/INF/18 Rev.1; C 2011/LIM/17; C 2011/LIM/20; C 2011/I/PV/4; C 2011/I/PV/5; C 2011/PV/11.

137. La Conferencia revisó la propuesta formulada por el Gobierno de Bolivia para declarar el 2013, el Año Internacional de la Quinua.

138. La Conferencia destacó las cualidades nutricionales de la Quinua, su adaptación a las diversas condiciones de crecimiento y su potencial contribución a la lucha contra el hambre y la malnutrición.

139. Muchas delegaciones apoyaron el 2013 como el Año Internacional de la Quinua.

140. Se hicieron preguntas basadas sobre si la actual propuesta reúne los criterios del acuerdo de la Asamblea General de las Naciones Unidas. La Conferencia solicitó que esta propuesta sea derivada a la próxima Asamblea (UNGA) para consideración y adaptación en la siguiente Resolución.

Resolución 15/2011

El Año Internacional de la Quinua

LA CONFERENCIA,

Destacando (notando) que la quinua es un alimento natural de alto valor nutricional; 30 C 2011/REP

Reconociendo que los pueblos indígenas de los Andes, a través de sus conocimientos tradicionales y las prácticas del buen vivir, en armonía con la madre tierra y la naturaleza, han mantenido y controlado, protegido y conservado la quinua en su estado natural, incluyendo muchas variedades y razas locales, como alimento para las generaciones presentes y futuras;

Afirmando la necesidad de centrar la atención mundial sobre el rol que juega la biodiversidad de la quinua, debido a su alto valor nutritivo, la erradicación de la pobreza en apoyo al logro de las metas acordadas a nivel internacional, incluyendo los Objetivos del Milenio, y el documento final de la Reunión Plenaria de alto Nivel sobre el Desarrollo de los Objetivos del Milenio.

Recordando la Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial y el Plan de Acción de la Cumbre Mundial de Alimentación (13-17 noviembre 1996), la Declaración de la Cumbre Mundial: cinco años después (10-13 de junio 2002) y la Declaración de la Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria (16-18 noviembre 2009);

Afirmando la necesidad de aumentar la conciencia pública en relación a las propiedades del valor nutritivo, económico, ambiental y cultural de la quinua:

- 1) **Solicita** al Director General transmitir esta Resolución al Secretario General de las Naciones Unidas con miras a que la Asamblea General de las Naciones Unidas considere en su próxima sesión la declaración del año 2013 como el Año Internacional de la Quinua.
- 2) **Además, solicita** al Director General que informe en las próximas reuniones del Consejo de la FAO, según proceda, y al Secretario General de las Naciones Unidas de las disposiciones previstas para la obtención de fondos extrapresupuestarios para el Año Internacional de la Quinua, y posteriormente de los resultados del Año, una vez concluidos.

(Aprobada el 2 de julio de 2011)



CONTENIDO

	Página
Resumen ejecutivo	1
Capítulo 1: Contexto general	3
1.1 Centro de origen y de diversidad	3
1.2 Antecedentes arqueológicos e históricos	3
1.3 Distribución geográfica	4
1.4 Aportes potenciales de la quinua a la seguridad y soberanía alimentaria	5
1.5 Importancia histórica y cultural	5
Capítulo 2: Propiedades nutricionales	7
2.1 Composición y valor funcional	7
2.1.1 Proteínas	8
2.1.2 Grasas	10
2.1.3 Carbohidratos	11
2.1.4 Minerales	11
2.1.5 Vitaminas	12
2.2 Propiedades nutraceuticas y medicinales	13
2.2.1 Fibra dietaria	13
2.2.2 Calidad <i>gluten free</i>	14
2.2.3 Uso medicinal	14
2.2.4 Desayuno escolar	15
Capítulo 3: Diversidad genética, variedades y bancos de germoplasma	16
3.1 Diversidad genética y variedades	16
3.2 Bancos de germoplasma de quinua en la región Andina	18
Capítulo 4: Agronomía, y su potencial de adaptabilidad de la quinua	21
4.1 Descripción botánica y taxonómica	21
4.2 El cultivo y la capacidad de adaptación al cambio climático	22
4.3 Sistemas de cultivo	23
4.3.1 Sistemas tradicionales y mecanizados	24
4.4 Insectos plaga del cultivo de la quinua	26
4.4.1 La polilla de la quinua	27
4.4.2 El complejo ticonas	27
4.4.3 Trabajos dirigidos a reducir las poblaciones de los insectos plagas	27
4.5 Cosecha y pos-cosecha	27
4.5.1 Cosecha	28
4.5.2 Pos-cosecha	29
Capítulo 5: Productos derivados y potencial industrial de la quinua	33
5.1 Preparación de alimentos	33
5.1.1 Usos tradicionales	33
5.1.2 Usos no tradicionales	34
5.1.3 Usos nuevos o innovaciones	35
5.2 Potencial industrial y otros	36
5.2.1 Saponinas	37
5.2.2 Multifuncionalidad de la quinua	38



Capítulo 6: Aspectos económicos de la quinua en la zona andina y en el mundo	39
6.1 Superficie cultivada y producción de quinua	39
6.1.1 Superficie cultivada y producción de quinua en la región Andina	39
6.1.2 Superficie cultivada y producción de quinua en el resto del mundo	41
6.2 Número de productores	42
6.3 Costos generales, ingresos y beneficios de la producción de quinua	43
6.4 Principales destinos de las exportaciones	44
6.5 Tendencias del consumo	45
Capítulo 7: Expansión del cultivo de la quinua a países fuera de la región Andina	46
7.1 Norte América	46
7.2 Europa	46
7.3 África	47
7.4 Asia	47
7.5 Zonas del mundo donde podría ser cultivada	47
Referencias bibliográficas	49





Resumen ejecutivo

La región de los Andes, cuna de grandes civilizaciones como la Incaica y Tiahuanacota, es considerada centro de origen de numerosas especies nativas como la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), la misma que durante miles de años fue el principal alimento de las culturas antiguas de los Andes y que está distribuida en diferentes zonas agroecológicas de la región. En la actualidad la quinua se encuentra en franco proceso de expansión porque representa un gran potencial para mejorar las condiciones de vida de la población de los Andes y del mundo moderno.

La quinua es un grano que posee características intrínsecas sobresalientes, tales como:

- su amplia **variabilidad genética**, cuyo *pool* genético es extraordinariamente estratégico para desarrollar variedades superiores (precocidad, color y tamaño de grano, resistencia a factores bióticos y abióticos, rendimiento de grano y subproductos);
- su capacidad de **adaptabilidad** a condiciones adversas de clima y suelo, dado que pueden obtenerse cosechas desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altitud (altiplano, salares, puna, valles interandinos, nivel del mar) donde otros cultivos no pueden desarrollarse;
- su **calidad nutritiva**, representada por su composición de aminoácidos esenciales tanto en calidad como en cantidad, constituyéndose en un alimento funcional e ideal para el organismo;
- su diversidad de **formas de utilización** tradicional, no tradicional y en innovaciones industriales; y
- su **bajo costo de producción**, ya que el cultivo es poco exigente en insumos y mano de obra.

Frente a la necesidad global de identificar cultivos que tengan el potencial de producir alimentos de calidad, la quinua se presenta con un alto potencial tanto desde sus bondades nutritivas como de su versatilidad agronómica para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta, especialmente en aquellos países donde la población no tiene acceso a fuentes de proteína, o donde tienen limitaciones en la producción de alimentos.

La quinua tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Se adapta a climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm.

El cultivo de la quinua está en expansión, siendo sus principales productores Bolivia, Perú, Estados Unidos, Ecuador y Canadá. La quinua se cultiva también en Inglaterra, Suecia, Dinamarca, los Países Bajos, Italia y Francia. Recientemente Francia ha reportado superficies de 200 ha con rendimientos de 1.080 kg/ha y en Kenya se obtuvieron altos rendimientos en semilla (4 t/ha). En la región del Himalaya y en las planicies del Norte de la India el cultivo puede desarrollarse exitosamente y con altos niveles de rendimiento. En zonas tropicales como las sabanas de Brasil se ha experimentado con el cultivo de la quinua desde 1987 y se reporta la obtención de rendimientos más altos que los de la zona Andina. La quinua resulta altamente



atractiva en distintas regiones del mundo, por la extraordinaria capacidad adaptativa que tiene a condiciones ecológicamente extremas.

En estos últimos años (2009) la producción de la región Andina se acerca a las 70.000 t con casi 40.000 t producidas por el Perú, 28.000 t por Bolivia y 746 t por Ecuador. Sin duda los principales países productores de quinua en la región Andina y en el mundo son Perú y Bolivia: hasta el año 2008 la producción de ambos países representaba el 90% de la quinua producida en el mundo. Detrás de ellos están Estados Unidos, Ecuador y Canadá con alrededor del 10% de los volúmenes globales de producción.

Bolivia es el primer exportador de quinua a nivel mundial seguido por Perú y Ecuador. Para el año 2009 Bolivia exportó un valor que supera los US\$ 43 millones (Instituto Boliviano de Comercio Exterior - IBCE, 2010). Los principales países importadores de la quinua boliviana en grano son: Estados Unidos (45%), Francia (16%), Países Bajos (13%), Alemania, Canadá, Israel, Brasil y Reino Unido. En el 2007, Perú exportó volúmenes algo mayores a 400 TM de quinua en grano con valores equivalentes a US\$ 552 mil. El 2008 Ecuador muestra niveles de exportación similares: 304 TM equivalentes a US\$ 557 mil. Los consumidores de Norte América y Europa presentan una tendencia de mayor interés hacia el cuidado de la salud, el ambiente y la equidad social. En este sentido los nichos del mercado orgánico y del comercio justo ofrecen interesantes alternativas y mejores precios al productor, por lo que el precio de la quinua orgánica en el 2010 fue de US\$ 3,1/kg, muy por encima de la soya (US\$ 0,4/kg) y del trigo (IBCE,2010).

En 1996 la quinua fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana. La NASA también la incluyó dentro del sistema CELLS (en español: Sistema Ecológico de Apoyo de Vida Controlado) para equipar sus cohetes en los viajes espaciales de larga duración, por ser un alimento de composición nutritiva excelente como alternativa para solucionar los problemas de insuficiente ingesta de proteínas. Existen varios productos derivados de la quinua, como insuflados, harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas, etc.; sin embargo están en proceso de ser explotados otros productos más elaborados o cuya producción requiere del uso de tecnologías más avanzadas, como es el caso de la extracción de aceite de quinua, el almidón, la saponina, colorantes de las hojas y semillas, concentrados proteicos, etc. Estos productos son considerados el potencial económico de la quinua por darle uso a características no sólo nutritivas sino fisicoquímicas. que abarcan más allá de la industria alimentaria y ofrecen productos a la industria química, cosmética y farmacéutica.



CAPÍTULO 1

Contexto general

1.1. Centro de origen y de diversidad

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskasov se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Cárdenas, 1944). Esto fue corroborado por Gandarillas (1979b), quien indica que su área de dispersión geográfica es bastante amplia, no sólo por su importancia social y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos tanto cultivados técnicamente como en estado silvestre.

Según Vavilov, la región Andina corresponde a uno de los grandes centros de origen de las especies cultivadas (Lescano, 1994), y dentro de ella se encuentran diferentes subcentros. Según Lescano, en el caso de la quinua se identifican cuatro grandes grupos según las condiciones agroecológicas donde se desarrolla: valles interandinos, altiplano, salares y nivel del mar, los que presentan características botánicas, agronómicas y de adaptación diferentes.

En el caso particular de Bolivia, al estudiar la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua, Rojas (2003) ha determinado seis subcentros de diversidad, cuatro de ellos ubicados en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y que albergan la mayor diversidad genética y dos en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

1.2. Antecedentes arqueológicos e históricos

Heisser y Nelson (1974) indican hallazgos arqueológicos en Perú y Argentina alrededor del inicio de la era cristiana, mientras que Bollaerd y Latcham, citados por Cárdenas (1944), también hallaron semillas de quinua en las tumbas indígenas de Tarapacá, Calama, Tiltel y Quillagua, demostrando este hecho que su cultivo es de tiempo muy remoto. Según Jacobsen (2003) la quinua es uno de los cultivos más antiguos de la región Andina, con aproximadamente 7000 años de cultivo, en cuya domesticación y conservación han participado grandes culturas como la Tiahuanacota y la Incaica.

La quinua fue ampliamente cultivada en la región Andina por culturas precolombinas y sus granos han sido utilizados en la dieta de los pobladores tanto de valles interandinos, zonas más altas (superiores a 3500 msnm), frías (temperaturas promedio de 12 °C) y áridas (350 mm de precipitación promedio), como en el altiplano. A pesar de ser una especie completamente domesticada, los frutos contienen todavía saponina, por lo que su extracción es necesaria antes de poderlos consumir (Mujica, 1992; Heisser y Nelson, 1974). Su marginación y reemplazo se inició con la conquista y con la introducción de cereales como la cebada y el trigo (Mujica, 1992; Jacobsen y Stolen, 1993). Al respecto, Risi (1997) señala que el cultivo nunca estuvo perdido entre los pobladores andinos, sino que pasaba desapercibido entre los pobladores urbanos de la región por razones, sobre todo, económicas y sociales.

Risi (1997) señala que la crisis económica de los países andinos, en la década de los 80, estableció modelos de desarrollo económico diferentes a los tradicionales, que contemplaron el



desarrollo de sistemas de exportación no tradicionales, teniendo en cuenta la apertura de nuevos mercados en los países de Europa y en los Estados Unidos, sobre todo de productos alimenticios como la quinua. El bienestar alcanzado por los países desarrollados ha hecho que su mercado de consumo de alimentos se expandiera hacia la búsqueda de alimentos nuevos, muchas veces ligados a cultivos ancestrales. Esta situación ha hecho que la quinua pasara de un cultivo de autosubsistencia a un producto con potencial de exportación.

1.3. Distribución geográfica

La quinua puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, considerándose las orillas del Lago Titicaca como la zona de mayor diversidad y variación genética (Mujica, 1992).

Según Lescano (1994) la quinua está distribuida en toda la región andina, desde Colombia (Pasto) hasta el norte de Argentina (Jujuy y Salta) y Chile (Antofagasta), y se ha encontrado un grupo de quinuas de nivel del mar en la Región de Concepción Al respecto, Barriga et al. (1994) hacen referencia de quinuas colectadas en la Novena y Décima Región de Chile.

Según Rojas (1998) la distribución geográfica de la quinua en la región se extiende desde los 5° Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43° Latitud Sur en la Décima Región de Chile, y su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 m.s.n.m. en el altiplano que comparten Perú y Bolivia, existiendo así, quinuas de costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano.

A continuación se presenta un resumen de distribución de la quinua, de acuerdo a los países de la región y sus zonas tradicionales de producción (Rojas et al., 2010):

- En **Colombia** en el departamento de Nariño, en las localidades de Ipiales, Puesres, Contadero, Córdova, San Juan, Mocondino y Pasto.
- En **Ecuador** en las áreas de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Latacunga, Ambato y Cuenca.
- En **Perú** se destacan las zonas de Cajamarca, Callejón de Huayllas, Valle del Mantaro, Andahuayllas, Cusco y Puno (altiplano).
- En **Bolivia** en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija.
- En **Chile** en el altiplano Chileno (Isluga e Iquique) y Concepción. También existen reportes de quinuas cultivadas en la Novena y Décima región (Barriga et al., 1994).
- En **Argentina** se cultiva en forma aislada en Jujuy y Salta. El cultivo se amplió también hacia los Valles Calchaquíes de Tucumán (Gallardo y González, 1992).

La distribución geográfica de la producción mundial de quinua se presenta en la Figura 1, donde se puede observar que los países con mayor producción son Bolivia, Perú y Ecuador. Sin embargo, producto de más de veinte años de trabajo que se viene desarrollando en países potenciales de Europa, Asia, África, Australia, Norte América y de la región, la producción de la quinua se encuentra en franco proceso de expansión hacia diferentes espacios geográficos del planeta por sus extraordinarias características de adaptación y adaptabilidad.



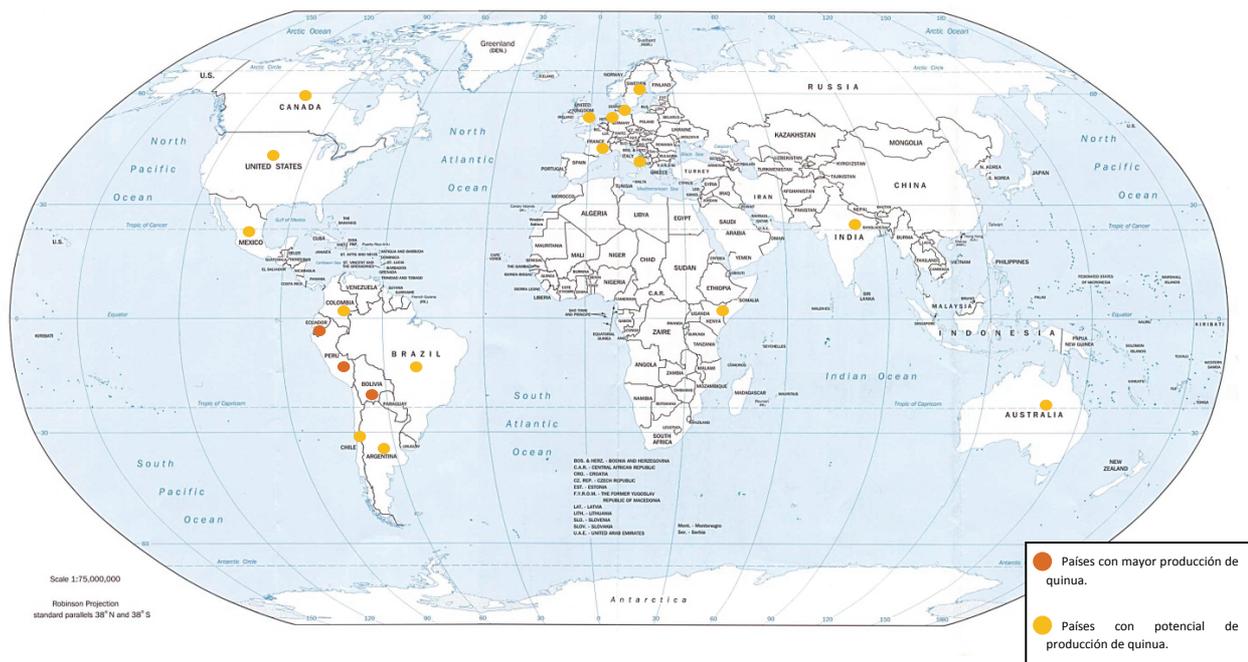


Figura 1. Distribución geográfica de la producción mundial de quinua.

1.4. Aportes potenciales de la quinua a la seguridad y soberanía alimentaria

La situación de la producción y distribución de alimentos en el planeta presenta desafíos de gran magnitud a los cuatro pilares de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, consumo y utilización biológica.

En este contexto la quinua se constituye en un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria debido a: su **calidad nutritiva**, su amplia **variabilidad genética**, su **adaptabilidad** y su **bajo costo de producción**.

El cultivo de la quinua se constituye en una alternativa para que los países que tienen limitaciones en la producción de alimentos, y por lo tanto se ven obligados a importarlos o recibir ayuda alimentaria, puedan producir su propio alimento.

En los acápites 3, 4 y 5 se presenta información sobre las bondades nutritivas y la versatilidad agronómica de la quinua, mostrando que la quinua es un cultivo con alto potencial para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta, especialmente de aquellos países donde la población no tiene acceso a fuentes de proteína o donde las condiciones de producción son limitadas por la escasa humedad, la baja disponibilidad de insumos y la aridez.

1.5. Importancia histórica y cultural

Latcham, citado por Cárdenas (1944), sostiene que la quinua suplía al maíz en toda la región Andina desde Colombia hasta el sur de la isla de Chiloé, habiéndose aclimatado además en muchos puntos de la costa. Cárdenas cree que en Colombia la quinua fue introducida muy tardíamente para suplir la falta de maíz en algunas zonas frías, y que es indudable que durante el Imperio Incaico estaba difundida en Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y en el noroeste de Argentina, dada su importancia económica, ya que fuera de sus semillas que son muy ricas en proteínas, fueron utilizadas también sus hojas en ensaladas.

Sin embargo, la erosión genética ha sido intensa desde el descubrimiento de América. El botánico O.F. Cook menciona que en el siglo XVI existían más especies domesticadas en los Andes que en Asia o África (Tapia, 1992), debido principalmente a la sustitución de los cultivos locales por otros traídos de Europa. Esta erosión también se acentuó por efecto de los cambios sociales y la actitud de la gente respecto a los cultivos foráneos, que generaba un prestigio social que condujo a menospreciar los cultivos andinos (Lescano, 1989). La sobrevivencia de los cultivos andinos fue posible por las comunidades campesinas que habitan la zona, quienes en base a sus tradiciones y conocimientos ancestrales sobre el manejo y utilización de estas especies, han logrado evitar su pérdida.



CAPÍTULO 2

Propiedades nutricionales

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81 y 21,9% dependiendo de la variedad. Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO. Al respecto Risi (1993) acota que el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, comparándose favorablemente con la proteína de la leche. Su composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con la carne, el huevo, el queso y la leche se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos (%)

Componentes (%)	Quinua	Carne	Huevo	Queso	Leche Vacuna	Leche Humana
Proteínas	13,00	30,00	14,00	18,00	3,50	1,80
Grasas	6,10	50,00	3,20		3,50	3,50
Hidratos de carbono	71,00					
Azúcar					4,70	7,50
Hierro	5,20	2,20	3,20		2,50	
Calorías 100 g	350	431	200	24	60	80

Fuente: Informe agroalimentario, 2009 MDRT-BOLIVIA

2.1. Composición y valor funcional

Para algunas poblaciones del mundo incluir proteínas de alta calidad en sus dietas constituye un problema, especialmente en aquellas que escasamente consumen proteína de origen animal y deben obtener proteínas de cereales, leguminosas y otros granos. Aun cuando el aporte energético de estos alimentos es adecuado, las concentraciones insuficientes de aminoácidos esenciales (AAE) pueden contribuir a aumentar la prevalencia de la desnutrición.

Una característica fundamental de la quinua es que el grano, las hojas y las inflorescencias son fuentes de proteínas de muy buena calidad. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que por ejemplo las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos.

Sin embargo, a pesar de su buen contenido de nutrientes, las investigaciones realizadas concluyen que los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. Estas sustancias son los glucósidos denominados saponinas.

La quinua posee un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que



puedan dañar el organismo. . Produce sensación de saciedad. El cereal en general y la quinua en particular, tiene la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago.

2.1.1. Proteínas

La calidad nutricional de un producto depende tanto de la cantidad como de la calidad de sus nutrientes. La quinua según Bo (1991) y Morón (1999), citados por Jacobsen y Sherwood (2002) presenta el valor de 13,81 g/100 g de materia seca que, comparado con trigo Manitoba 16,0 g/100 g y Triticale 15,0 g/100 g, no tiene un alto contenido de proteínas.

En general, si se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quinua y los del trigo, arroz y maíz (que tradicionalmente se mencionan en la bibliografía como los granos de oro) se puede corroborar que los valores promedios que reportan para la quinua son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína, grasa y ceniza (Rojas et al., 2010a).

La literatura en nutrición humana indica que sólo cuatro aminoácidos esenciales probablemente limiten la calidad de las dietas humanas mixtas. Estos aminoácidos son la lisina, la metionina, la treonina y el triptófano. Es así que si se compara el contenido de aminoácidos esenciales de la quinua con el trigo y arroz, se puede apreciar su gran ventaja nutritiva: por ejemplo, para el aminoácido lisina, la quinua tiene 5,6 gramos de aminoácido/ 16 gramos de nitrógeno, comparados con el arroz que tiene 3,2 y el trigo 2,8 (Repo-Carrasco, 1998).

En algunas zonas de producción los agricultores desamargan la quinua sometiendo el grano al calor y luego la lavan. Este proceso de tostado con calor seco es utilizado por algunas empresas para eliminar la cáscara que contiene saponinas (Tapia, 1997). Después del tostado los granos de la quinua adquieren una coloración marrón que es producto de la presencia de azúcares reductores que producen una reacción de Maillard. La lisina en esta forma no es biológicamente útil (pierde su valor nutricional).

Entre el 16 y el 20% del peso de una semilla de quinua lo constituyen proteínas de alto valor biológico, entre ellas todos los aminoácidos, incluidos los esenciales, es decir, los que el organismo es incapaz de fabricar y por tanto requiere ingerirlos con la alimentación. Los valores del contenido de aminoácidos en la proteína de los granos de quinua cubren los requerimientos de aminoácidos recomendados para niños en edad preescolar, escolar y adultos (FAO/OMS/UNU, 1985). No obstante, la importancia de las proteínas de la quinua radica en la calidad. Las proteínas de quinua son principalmente del tipo albúmina y globulina. Estas, tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche. Se ha encontrado también que las hojas de quinua tienen alto contenido de proteínas de buena calidad. Además, las hojas son también ricas en vitaminas y minerales, especialmente en calcio, fósforo y hierro.

Cien gramos de quinua contienen casi el quintuple de *lisina*, más del doble de *isoleucina*, *metionina*, *fenilalanina*, *treonina* y *valina*, y cantidades muy superiores de *leucina* (todos ellos aminoácidos esenciales junto con el *triptófano*) en comparación con 100 gramos de trigo. Además supera a éste –en algunos casos por el triple– en las cantidades de *histidina*, *arginina*, *alanina* y *glicina* además de contener aminoácidos no presentes en el trigo como la *prolina*, el *ácido aspártico*, el *ácido glutámico*, la *cisteína*, la *serina* y la *tirosina* (todos ellos aminoácidos no esenciales).

La excepcional riqueza en aminoácidos que tiene la quinua le confiere propiedades terapéuticas muy interesantes. Y ello porque la biodisponibilidad de la *lisina* de la quinua –el



aminoácido esencial más abundante en sus semillas-, es muy alta mientras en el trigo, el arroz, la avena, el mijo o el sésamo es notablemente más baja. Este aminoácido que mejora la función inmunitaria al colaborar en la formación de anticuerpos, favorece la función gástrica, colabora en la reparación celular, participa en el metabolismo de los ácidos grasos, ayuda al transporte y absorción del calcio e, incluso, parece retardar o impedir -junto con la vitamina C- las metástasis cancerosas, por mencionar sólo algunas de sus numerosas actividades terapéuticas.

En cuanto a la *isoleucina*, la *leucina* y la *valina* participan, juntos, en la producción de energía muscular, mejoran los trastornos neuromusculares, previenen el daño hepático y permiten mantener en equilibrio los niveles de azúcar en sangre, entre otras funciones. Por lo que respecta a la *metionina* se sabe que el hígado la utiliza para producir *s-adenosi-metionina*, una sustancia especialmente eficaz para tratar enfermedades hepáticas, depresión, osteoartritis, trastornos cerebrales, fibromialgia y fatiga crónica, entre otras dolencias. Además actúa como potente agente detoxificador que disminuye de forma considerable los niveles de metales pesados en el organismo y ejerce una importante protección frente a los radicales libres.

La quinua también contiene cantidades interesantes de *fenilalanina* (un estimulante cerebral y elemento principal de los neurotransmisores que promueven el estado de alerta y el alivio del dolor y de la depresión, entre otras funciones), de *treonina* (que interviene en las labores de desintoxicación del hígado, participa en la formación de colágeno y elastina, y facilita la absorción de otros nutrientes) y *triptófano* (precursor inmediato del neurotransmisor *serotonina* por lo que se utiliza con éxito en casos de depresión, estrés, ansiedad, insomnio y conducta compulsiva). Por lo que respecta a los aminoácidos “no esenciales” la quinua contiene más del triple de *histidina* que el trigo, sustancia que sí es esencial en el caso de los bebés ya que el organismo no la puede sintetizar hasta ser adultos por lo que es muy recomendable que los niños la adquieran mediante la alimentación, especialmente en épocas de crecimiento. Además tiene una acción ligeramente antiinflamatoria y participa en el sistema de respuesta inmunitaria.

La *arginina*, por su parte, también es considerada un aminoácido casi esencial en la infancia, niñez y adolescencia ya que estimula la producción y liberación de la hormona de crecimiento, además de mejorar la actividad del timo y de los linfocitos T, participar en el crecimiento y reparación muscular, y ser un protector y detoxificador hepático. En cuanto a la *alanina* es fuente de energía para músculos, cerebro y sistema nervioso y la *glicina* actúa como un neurotransmisor tranquilizante en el cerebro y como regulador de la función motora. Además, la *prolina* – aminoácido que no contienen otros cereales como el trigo- participa en la reparación de las articulaciones, es necesaria para la cicatrización de lesiones y úlceras, parece ser eficaz para tratar los casos de impotencia y frigidez, es protector cardiovascular y se utiliza junto a la *lisina* y la vitamina C para impedir o limitar las metástasis cancerosas.

Tampoco es común en los cereales corrientes el *ácido aspártico* (que mejora la función hepática y es indispensable para el mantenimiento del sistema cardiovascular), el *ácido glutámico* (que participa en los procesos de producción de energía para el cerebro y en fenómenos tan importantes como el aprendizaje, la memorización y la plasticidad neuronal), la *cisteína* (protector hepático al unirse a los metales pesados para favorecer su eliminación además de destruir radicales libres y potenciar el sistema inmune), la *serina* (potente agente hidratante natural) y la *tirosina* (que tiene un importante efecto antiestrés y juega un papel fundamental en el alivio de la depresión y la ansiedad, entre otras funciones).

La digestibilidad de la proteína o biodisponibilidad (digestibilidad verdadera) de los aminoácidos de la quinua varía según la variedad y el tratamiento a que son sometidas. Estudios



comparativos (FAO/OMS, 1991) usando el método de balance en ratas, clasificaron los valores de la digestibilidad verdadera de la proteína en tres rangos: digestibilidad alta de 93 a 100 % para los alimentos de origen animal y la proteína aislada de soya; digestibilidad intermedia con valores de 86 a 92 % para el arroz pulido, trigo entero, harina de avena y harina de soya; y digestibilidad baja de 70 a 85 % para diferentes tipos de leguminosas incluyendo frijoles, maíz y lentejas. De acuerdo a esta clasificación, el grano de la quinua se encuentra en la tercera posición, es decir con baja digestibilidad (Ayala et al., 2004)

Con el propósito de introducir el concepto de diversidad genética en los estudios de valor nutritivo y agroindustrial de la quinua, la Fundación PROINPA a través de varios proyectos realizó estudios de la riqueza genética que posee el Banco Nacional de Germoplasma de Granos Andinos de Bolivia, con muestras de germoplasma que permiten cuantificar la variación genética respecto a estos caracteres y a partir de ahí promover su uso en función a las aptitudes intrínsecas de cada material genético. Es así que en el estudio de 555 accesiones de quinua se pudo observar que 469 accesiones tienen un contenido de proteína que varía de 12 a 16,9%, mientras que existe un grupo de 42 accesiones cuyo contenido fluctúa entre 17 a 18,9%. Este último grupo se constituye en una fuente importante de genes para impulsar el desarrollo de productos con altos contenidos de proteína.

2.1.2. Grasas

Es importante recalcar la cantidad relativamente alta de aceite en la quinua, aspecto que ha sido muy poco estudiado, que la convierte en una fuente potencial para la extracción de aceite (Repo-Carrasco et al., 2001).

Estudios realizados en el Perú al determinar el contenido de ácidos grasos encontraron que el mayor porcentaje de ácidos grasos presentes en este aceite es el Omega 6 (ácido linoleico), siendo de 50,24% para quinua, valores muy similares a los encontrados en el aceite de germen de maíz, que tiene un rango de 45 a 65%.

El Omega 9 (ácido oleico) se encuentra en segundo lugar, siendo 26,04% para aceite de quinua. Los valores encontrados para el Omega 3 (ácido linolénico) son de 4,77%, seguido del ácido palmítico con 9,59%. Encontramos también ácidos grasos en pequeña proporción, como el ácido esteárico y el eicosapentaenoico. La composición de estos ácidos grasos es muy similar al aceite de germen de maíz.

Wood et al. (1993) encontraron que el 11% de los ácidos grasos totales de la quinua eran saturados, siendo el ácido palmítico el predominante. Los ácidos linoleico, oleico y alfa-linolénico eran los ácidos insaturados predominantes con concentraciones de 52,3, 23,0 y 8,1% de ácidos grasos totales, respectivamente. Ellos encontraron también aproximadamente 2% de ácido erúxico. Otros investigadores (Przybylski et al., 1994) encontraron que el ácido linoleico era el principal ácido graso (56%) en la quinua, seguido por el ácido oleico (21,1%), el ácido palmítico (9,6%) y el ácido linolénico (6,7%). Según estos autores, el 11,5% de los ácidos grasos totales de la quinua son saturados.

La quinua ayuda a reducir el colesterol LDL (o colesterol malo) del organismo y elevar el colesterol HDL (o colesterol bueno) gracias a su contenido en ácidos grasos omega 3 y omega 6.

En algunos casos el 82,71% de ácidos grasos en el aceite de quinua pertenece a ácidos grasos insaturados. En las últimas décadas los ácidos grasos insaturados han cobrado gran



importancia por la actividad benéfica para el organismo que se les atribuye, al mantener la fluidez de los lípidos de las membranas.

En el estudio de 555 accesiones de la colección boliviana de quinua, se encontró que el contenido de grasa fluctuó entre 2,05 a 10,88% con un promedio de 6,39%. El rango superior de estos resultados es mayor al rango de 1,8 a 9,3% reportado por Bo (1991) y Morón (1999) citados por Jacobsen y Sherwood (2002), quienes indican que el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor debido a su alto porcentaje de ácidos grasos insaturados. Estos valores del germoplasma de quinua son esperables en la obtención de aceites vegetales finos para el uso culinario y cosmético (Rojas et al., 2010).

2.1.3. Carbohidratos

Los carbohidratos de las semillas de quinua contienen entre un 58 y 68% de almidón y un 5% de azúcares, lo que la convierte en una fuente óptima de energía que se libera en el organismo de forma lenta por su importante cantidad de fibra (Llorente J.R., 2008).

El almidón es el carbohidrato más importante en todos los cereales. Constituye aproximadamente del 60 a 70% de la materia seca. En la quinua, el contenido de almidón es de 58,1 a 64,2% (Bruin, 1964). El almidón en las plantas se encuentra en la forma de gránulos. Los gránulos de cada especie tienen tamaño y forma característicos. Los gránulos del almidón de la quinua tienen un diámetro de 2 μm , siendo más pequeños que los granos comunes. El almidón de la quinua ha sido estudiado muy poco. Sería importante estudiar sus propiedades funcionales. Ahamed et al. (1998) mencionan que el almidón de quinua tiene una excelente estabilidad frente al congelamiento y la retrogradación. Estos almidones podrían ofrecer una alternativa interesante para sustituir almidones modificados químicamente (Repo-Carrasco et al., 2001).

La variación genética del tamaño de gránulo de almidón de la colección boliviana de quinua fluctuó entre 1 a 28 μm , permitiendo esta variable dar una orientación agroindustrial para realizar las distintas mezclas con cereales y leguminosas y establecer el carácter funcional de la quinua (Rojas et al., 2010a).

2.1.4. Minerales

Si se hace una comparación entre trigo, maíz, arroz, cebada, avena, centeno, triticale y quinua, en la quinua resalta el alto contenido de calcio, magnesio y zinc.

La quinua es un alimento muy rico en:

- Calcio, fácilmente absorbible por el organismo (contiene más del cuádruple que el maíz, casi el triple que el arroz y mucho más que el trigo), por lo que su ingesta ayuda a evitar la descalcificación y la osteoporosis. El calcio es responsable de muchas funciones estructurales de los tejidos duros y blandos del organismo, así como de la regulación de la transmisión neuromuscular de estímulos químicos y eléctricos, la secreción celular y la coagulación sanguínea. Por esta razón el calcio es un componente esencial de la alimentación. El aporte diario recomendado de calcio es de 400 mg/día para niños de 6 a 12 meses a 1300 mg/día para adultos (FAO/WHO, 2000) y se cubre con un consumo medio en alimentos de 800 a 1000 mg/día. La quinua aporta de 114 a 228 mg/día, con un promedio ponderado de 104 mg/100 g de



porción comestible. Ruales y Nair (1992), indican que el contenido de calcio en la quinua se encuentra entre 46 a 340 mg/100 g de materia seca.

- Hierro: contiene el triple que el trigo y el quíntuple que el arroz, careciendo el maíz de este mineral).
- Potasio (el doble que el trigo, el cuádruple que el maíz y ocho veces más que el arroz).
- Magnesio, en cantidades bastante superiores también al de los otros tres cereales. Un hombre adulto de 70 kg de peso contiene aproximadamente 20 a 28 g de magnesio y el aporte recomendado es del orden 300 a 350 mg/día en el adulto (National Research Council, 1989). La quinua contiene 270 mg/100 g de materia seca. Ruales y Nair (1992) presentan cifras que van de 170 a 230 mg/100 g de materia seca. El magnesio es un componente y activador de muchas enzimas, especialmente aquellas que transforman fosfatos ricos en energía, además, es un estabilizador de los ácidos nucleicos y de las membranas.
- Fósforo: los niveles son parecidos a los del trigo pero muy superiores a los del arroz y, sobre todo, a los del maíz.
- Zinc: casi dobla la cantidad contenida en el trigo y cuadruplica la del maíz, no conteniendo el arroz este mineral). El contenido de zinc en el hombre adulto de 70 kg de peso es de 2 a 4 g. El zinc actúa en la síntesis y degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Si el aporte de zinc proveniente de los alimentos es aprovechable en un 20%, se recomienda un consumo de 8.3 mg/día (niños menores de 1 año), 8.4 y 11.3 mg/día (preescolares y escolares), 15.5 y 19.5 mg/día (adolescentes) y 14 mg/día (adultos) (FAO/WHO, 2000). Por lo tanto, es suficiente un aporte en la alimentación de 6 a 20 mg/día y en este sentido, la quinua aporta 4.8 mg/100 g de materia seca. Sin embargo, estas cifras pueden variar entre 2.1 a 6.1 mg/100 g de materia seca Ruales y Nair (1992).
- Manganeso: sólo el trigo supera en este mineral a la quinua mientras el arroz posee la mitad y el maíz la cuarta parte.
- Pequeñas cantidades de cobre y de litio (Llorente J.R., 2008).

2.1.5. Vitaminas

En el Cuadro 2 se presenta el contenido de vitaminas en el grano de quinua. La vitamina A, que es importante para la visión, la diferenciación celular, el desarrollo embrionario, la respuesta inmunitaria, el gusto, la audición, el apetito y el desarrollo, está presente en la quinua en rango de 0,12 a 0,53 mg/100 g de materia seca (Olso, 1997, citado por Ayala et al., 2004).

La vitamina E tiene propiedades antioxidantes e impide la peroxidación de los lípidos, contribuyendo de esta forma a mantener estable la estructura de las membranas celulares y proteger al sistema nervioso, el músculo y la retina de la oxidación. Las necesidades diarias son del orden de 2,7 mg/día y para niños de 7 a 12 meses es de 10 mg/día de alfa-tocoferol o equivalentes (FAO/WHO 2000, citado por Ayala et al., 2004). Según el Cuadro 2 la quinua reporta un rango de 4,60 a 5,90 mg de vitamina E/100 g de materia seca.



Cuadro 2. Contenido de vitaminas en el grano de quinua (mg/100 g de materia seca)

Vitaminas	Rango
Vitamina A (carotenos)	0,12 – 0,53
Vitamina E	4,60 – 5,90
Tiamina	0,05 – 0,60
Riboflavina	0,20 – 0,46
Niacina	0,16 – 1,60
Acido ascórbico	0,00 – 8,50

Fuente: Ruales et al., 1992, citado por Ayala et al., 2004.

La deficiente ingesta de alimentos ricos en tiamina o vitamina B1 (cereales, verduras, leguminosas, tubérculos, levaduras, vísceras de ganado vacuno y porcino, leche, pescados y huevos) en los países en desarrollo conduce a la avitaminosis que se conoce como veri-beri. Los aportes diarios recomendados de tiamina son de 0,3 mg/1000 kcal para niños de 7 a 12 meses de edad y de 1,2 mg/día para adultos. Según el Cuadro 2, la tiamina se encuentra distribuida en el pericarpio del grano de quinua y su contenido está en el orden de 0,05 a 0,60 mg/100 g de materia seca (FAO/WHO 2000, citado por Ayala et al., 2004).

2.2. Propiedades nutracéuticas y medicinales

Cabe destacar que la quinua contiene fibra dietaria, es libre de gluten y además contiene dos fitoestrógenos, daidzeína y genisteína, que ayudan a prevenir la osteoporosis y muchas de las alteraciones orgánicas y funcionales ocasionadas por la falta de estrógenos durante la menopausia, además de favorecer la adecuada actividad metabólica del organismo y la correcta circulación de la sangre.

2.2.1. Fibra dietaria

Por lo que respecta a la fibra supone el 6% del peso total del grano y es la que hace que la ingesta de quinua favorezca el tránsito intestinal, regule los niveles de colesterol, estimule el desarrollo de flora bacteriana beneficiosa y ayude a prevenir el cáncer de colon.

Posee un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal para lograr eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo. Por lo tanto actúa como un depurador del cuerpo.

Produce sensación de saciedad. El cereal en general, y la quinua en particular, tienen la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago por lo que de esta forma se logra plenitud con poco volumen de cereal.

2.2.2. Calidad *gluten free*

El equipo de investigadores del King's College Londres ha descubierto que la quinua ayuda a que los celíacos puedan regenerar la tolerancia al gluten. Comprobaron que si un celíaco lleva una dieta sin gluten <http://www.celiacos.com/category/productos-sin-gluten/> pero rica en quinua, pueden recuperar la función del intestino en mucho menos tiempo.



Los resultados obtenidos hasta el momento por el equipo de investigadores fueron presentados por el bioquímico español Víctor Zeballos, en el III Congreso Mundial de la Quinoa, realizado en Oruro, Bolivia.

El objetivo central del estudio es descubrir hasta qué medida la quinoa es beneficiosa para los celíacos, y en qué forma su ingesta regular favorece al intestino y cómo se la puede aprovechar para luchar contra la enfermedad celíaca.

Hasta el momento, los estudiosos determinaron que con el consumo periódico de quinoa, los celíacos mejoran el intestino delgado y recuperan la normalidad de las vellosidades intestinales, de forma mucho más rápida que con la simple dieta sin gluten.

En sí, de la quinoa lo más importante es su bajo nivel de prolaminas, pero no se descarta el analizar otros granos andinos. De igual modo, los especialistas declaran que estos resultados no son definitivos y tienen que ser tomados con pinzas.

2.2.3. Uso medicinal

Las aplicaciones de la quinoa en la medicina tradicional son conocidas desde tiempos remotos. En las comunidades del altiplano y los valles se menciona que los curanderos Kallawayas (en Aymara significa portadores de yerbas medicinales) hacen múltiples usos de la quinoa para fines curativos e inclusive mágicos, utilizando por ejemplo el grano, los tallos, y las hojas para este fin. Los modos de preparación y de aplicación varían para el uso interno como externo. Entre sus usos más frecuentes se pueden mencionar el tratamiento de abscesos, hemorragias y luxaciones.

Según la medicina tradicional, el tallo y las hojas de la quinoa cocidas con aceite, vinagre y pimienta proporcionan sangre, de igual manera si se hacen cocer las hojas sólo con vinagre y se hacen gárgaras, o se coloca una cataplasma, se desinflama la garganta y se curan las anginas. Si las hojas se hacen cocer con azúcar y canela, este cocimiento purifica el estómago, desaloja la flema y la bilis y quita las náuseas y el ardor del estómago. La infusión de las hojas se usa para tratar infecciones de las vías urinarias o como laxante.

Las hojas frescas de la quinoa 'chiwa', consumidas ya sea en forma de sopas o de segundo, es el remedio indicado contra el escorbuto y otros males o enfermedades causadas por una avitaminosis o falta de alguna vitamina en el organismo. Es un remedio probado contra el ántrax, herpes, urticaria, 'llejti' y otras afecciones de la piel (Zalles y De Lucca, 2006). El grano de quinoa tiene diversas formas de uso para combatir las afecciones hepáticas, las anginas y la cistitis. Es un analgésico dental y tiene la cualidad de ser antiinflamatorio y cicatrizante, por lo que se aplican emplastos de quinoa negra, combinada con algunas otras plantas, para curar las fracturas de huesos. Su fruto contiene bastante cantidad de sustancias alcalinas y se usa como remedio en las torceduras, fracturas y luxaciones, haciendo una pasta mezclada con alcohol o aguardiente. También se recomienda como refrigerante, diurético y preservativo para cólicos. Con especialidad emplean la quinoa como remedio antiblenorrágico y en la tuberculosis.

La decocción de los frutos es usada medicinalmente para aplicarla sobre heridas y golpes, y también se hacen cataplasmas de los mismos. Por ello el agua del grano cocido cura abscesos del hígado y supuraciones internas, afecciones catarrales, es un laxante suave, es bueno para el insomnio, combate la caspa y es buen tónico para el cabello, según los curanderos Kallawayas.



De igual forma el agua de grano cocido con leche y aceite de almendras sirve para lavar los oídos ante el dolor, los ruidos y la sordera (Pinto et al., 2010).

Según Zalles y De Lucca (2006), el cocimiento de 5 cucharadas de semillas de quinua en dos botellas de agua es un buen sudorífico. Este mismo cocimiento, endulzado con miel de abejas o chancaca, es un remedio probado contra las afecciones bronquiales, catarro, tos e inflamación de las amígdalas.

El caldo, sopa, o graneado caliente de quinua es un tónico nutritivo, aumenta la leche materna, es reparador de fuerzas, y preserva de la tuberculosis. La sopa de quinua con ullucu o papalisa picada o la chicha de quinua aumentan en forma inmediata la leche de las mujeres que dan de lactar. Contra la neumonía y los dolores de espalda y de cintura, se aplica a las partes afectadas, parches o emplastos preparados con el cocimiento de malva y harina de los granos de quinua (Zalles y De Lucca, 2006).

2.2.4. Desayuno escolar

En el Ecuador el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas empezó a incluir la quinua como parte de su programa escolar, representando un potencial para el incremento de demanda nacional (Jacobsen and Sherwood, 2002).

En el Perú se tuvo también la experiencia de la “Andinización del desayuno escolar”. Esta constituye la inclusión de alimentos andinos (dentro de ellos la quinua) en las raciones de desayuno que se imparten en los núcleos escolares de dicho país. La experiencia tuvo grandes logros al conseguir involucrar y comprometer a distintos niveles gubernamentales que permitieron su aplicación. Dentro de las lecciones aprendidas se vio importante insistir en los procesos de sensibilización sobre todo con las grandes empresas proveedoras, quienes no mantuvieron en todos los casos las fórmulas con quinua y otros productos andinos (Tapia, 2000).

Por lo anterior las bondades nutricionales y terapéuticas de la quinua permiten considerar a la quinua como un alimento completo, nutritivo, saludable y muy recomendable, especialmente para niños, niñas, embarazadas, celíacos, mujeres que sufren menopausia, ancianos y personas convalecientes, pero también para deportistas, vegetarianos, diabéticos, personas muy estresadas y adultos en general.



CAPÍTULO 3

Diversidad genética, variedades y bancos de germoplasma

3.1. Diversidad genética y variedades

La región Andina es considerada como uno de los ocho centros de origen y de diversidad de los cultivos. Es el lugar donde existe la mayor diversidad genética de quinua tanto silvestre como cultivada que todavía se pueden encontrar en condiciones naturales y en campos de cultivo de los agricultores andinos.

Entre los cultivos andinos, la quinua recibió la mayor dedicación y apoyo principalmente en Ecuador, Perú y Bolivia. Las evaluaciones de la variabilidad genética disponible permitió agrupar a las quinuas en 5 grupos mayores según sus características de adaptación y algunas morfológicas de alta heredabilidad, fácilmente detectables y capaces de mantenerse en toda el área de difusión.

A continuación se describen los cinco grupos de quinua de acuerdo a Lescano (1989) y a Tapia (1990):

1. **Quinuas de nivel del mar:** Se han encontrado en las zonas de Linares y Concepción (Chile) a 36° Latitud Sur. Son plantas más o menos robustas, de 1,0 a 1,4 m de altura, de crecimiento ramificado, y producen granos de color crema transparente (tipo Chullpi). Estas quinuas guardan gran similitud con la *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) que se cultiva en forma aislada en México a 20° Latitud Norte.
2. **Quinuas de valles interandinos:** Son las que se adaptan entre los 2500 a 3500 msnm, se caracterizan por su alto desarrollo -hasta 2,5 m o más de altura y con muchas ramificaciones- con inflorescencia laxa y que normalmente presentan resistencia al mildiu (*Peronospora farinosa*).
3. **Quinuas de altiplano:** Se desarrollan en áreas mayores como cultivos puros o únicos y, entre los 3600 a 3800 msnm, corresponde a la zona del altiplano peruano-boliviano. En esta área se encuentra la mayor variabilidad de caracteres y se producen los granos más especializados en su uso. Las plantas crecen con alturas entre 0,5 a 1,5 m, con un tallo que termina en una panoja principal y por lo general compacta. En este grupo es donde se encuentra el mayor número de variedades mejoradas y también los materiales más susceptibles al mildiu cuando son llevados a zonas más húmedas.
4. **Quinuas de salares:** Son las que crecen en las zonas de los salares al sur del altiplano boliviano, la zona más seca con 300 mm de precipitación. Se cultiva como cultivos únicos a distancias de 1 m x 1 m y en hoyos para aprovechar mejor la escasa humedad. Son quinuas con el mayor tamaño de grano (> a 2,2 mm de diámetro), se las conoce como "Quinoa Real" y sus granos se caracterizan por presentar un pericarpio grueso y con alto contenido de saponina.
5. **Quinuas de los yungas:** Es un grupo reducido de quinuas que se han adaptado a las condiciones de los Yungas de Bolivia a alturas entre los 1.500 y 2.000 msnm, y se caracterizan por ser de desarrollo algo ramificado. Alcanzan alturas de hasta 2,20 m, son plantas verdes, y cuando están en floración toda la planta íntegra, toman la coloración anaranjada.



Según Mujica (1992) las quinuas cultivadas tienen una gran diversidad genética, mostrando variabilidad en la coloración de la planta, inflorescencia y semilla, en los tipos de inflorescencia, y en el contenido de proteína, saponina y betacianina en las hojas, con lo que se obtiene una amplia adaptación a diferentes condiciones agroecológicas (suelos, precipitación, temperatura, altitud, resistencia a heladas, sequía, salinidad o acidez).

Entre las principales variedades conocidas en la región Andina, en Bolivia son 22 las variedades obtenidas por mejoramiento genético a través de hibridaciones o selección (Cuadro 3). Asimismo, se cuenta con un complejo importante de variedades amargas conocidas como “Quinoa Real”, que incluye a varias razas locales: Real Blanca, Mañiqueña, Huallata, Toledo, Mok’o Rosado, Tres Hermanos, K’ellu, Canchis Anaranjado, Pisankalla, Pandela Rosada, Perlasa, Achachino, Hilo, Rosa Blanca, Mok’o, Timsa, Lipeña, Chillpi Amapola, Chillpi Rosado, Utusaya y Canchis Rosado (Aroni et al., 2003).

En Perú se obtuvieron las siguientes variedades: Amarilla Maranganí, Kancolla, Blanca de Juli, Cheweca, Witulla, Salcedo-INIA, Iplla-INIA, Quillahuaman-INIA, Camacani I, Camacani II, Huariponcho, Chullpi, Roja de Coporaque, Ayacuchana-INIA, Huancayo, Hualhuas, Mantaro, Huacataz, Huacariz, Rosada de Yanamango, Namora, Tahuaco, Yocará, Wilacayuni, Pacus, Rosada de Junín, Blanca de Junín, Acostambo y Blanca Ayacuchana (Mujica et al., 2004; Mujica, 1992). En Ecuador se obtuvieron las siguientes variedades: Tunkahuan, Ingapirca, Cochasqui, Imbaya, Chaucha, Tanlahua, Piartal, Porotoc, Amarga del Chimborazo, Amarga de Imbabura y Morada (Mujica et al., 2004; Tapia, 1990; Mujica, 1992). Según Peralta (2006) la variedad Tunkahuan está vigente y es la más sembrada en la sierra ecuatoriana, asimismo, indica que en el año 2004 se liberó la variedad Pata de Venado.

Cuadro 3. Variedades de quinua de Bolivia obtenidas mediante mejoramiento genético

N°	Variedad	Material de origen		Año	Institución
1	Sajama	0547	0559	1967	IBTA
2	Samaranti	Selección individual		1982	IBTA
3	Huaranga	Selección S-67		1982	IBTA
4	Kamiri	S-67	0005	1986	IBTA
5	Chucapaca	0086	0005	1986	IBTA
6	Sayaña	Sajama	1513	1992	IBTA
7	Ratuqui	1489	Kamiri	1993	IBTA
8	Robura	Selección individual		1994	IBTA
9	Jiskitu	Selección individual		1994	IBTA
10	Amilda	Selección individual		1994	IBTA
11	Santa Maria	1489	Huaranga	1996	IBTA
12	Intinayra	Kamiri	F4(28)xH	1996	IBTA
13	Surumi	Sajama	Ch'iara	1996	IBTA
14	Jilata	L-350	1493	1996	IBTA
15	Jumataqui	Kallcha	26(85)	1996	IBTA
16	Patacamaya	Samaranti	Kaslala	1996	IBTA
17	Jacha Grano	1489	Huaranga	2003	PROINPA
18	Kosuña	1489	L-349	2005	PROINPA
19	Kurmi	1489	Marangani	2005	PROINPA
20	Horizontes	1489	L-349	2007	PROINPA
21	Aynoq'a	Selección L-118		2007	PROINPA
22	Blanquita	Selección L-320		2007	PROINPA

Fuente: Espíndola y Bonifacio (1996); Bonifacio et al. (2006); Rojas-Beltrán et al. (2010)

En Colombia se obtuvieron la Nariño y Dulce de Quitopampa (Mujica et al., 2004; Tapia, 1990); en Chile las variedades Baer, Lito, Faro y Picchaman (Tapia, 1990); y en Argentina la Blanca de Jujuy (Mujica, 1992).

3.2. Bancos de germoplasma de quinua en la región Andina

Con el objeto de resguardar la enorme variabilidad fenotípica y genotípica de la quinua que se tiene en la región Andina, desde la década de los 60 se han implementado bancos de germoplasma a lo largo y ancho de la región, siendo entidades relacionadas con el sector agrario y universidades las encargadas de su manejo y conservación. El número de accesiones que se conserva en la región es variable, donde las entidades de Bolivia y Perú son las que mayor variabilidad de quinua conservan en sus bancos de germoplasma. De acuerdo a la información disponible, en cinco países de la región Andina existen bancos de germoplasma donde se conserva quinua junto a otros cultivos andinos.

En Bolivia, son seis los bancos de germoplasma en los que se conservan más de 5.000 accesiones quinua:

- en el Centro Toralapa del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF,
- en la Estación Experimental Choquenaira de la Universidad Mayor de San Andrés – UMSA,
- en el Centro de Investigación en Biotecnología y Recursos Fitogenéticos – CIBREF de la Universidad Técnica de Oruro – UTO,
- en la Unidad Académica Tiahuanacu de la Universidad Católica Boliviana – UCB,
- en el Centro Experimental Kallutaca de la Universidad Pública de El Alto – UPEA,
- en el Centro de Investigación y Promoción Comunal – CIPROCOM.

La principal colección de germoplasma de quinua de Bolivia se conserva en el Centro Toralapa del INIAF, que alberga a una amplia variabilidad genética y conserva actualmente 3.121 accesiones (Rojas et al., 2010b) , tanto cultivadas como silvestres, que fueron colectadas en comunidades del altiplano y los valles interandinos del país en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. Asimismo, se cuenta con germoplasma proveniente de Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Chile, México y Estados Unidos (Cuadro 4).



Cuadro 4. Cantidad y procedencia de las accesiones de quinua que se conservan en el Banco de Germoplasma del INIAF, Bolivia

País	Departamento / Región	N° de Accesiones	Subtotal
Bolivia	La Paz	963	2300
	Oruro	617	
	Potosí	469	
	Cochabamba	124	
	Chuquisaca	108	
	Tarija	19	
Perú	Ancash	5	675
	Junín	18	
	Ayacucho	40	
	Cusco	36	
	Puno	567	
	Ica	9	
Ecuador	Norte	11	28
	Centro	17	
Chile	Norte	1	18
	Sur	17	
Argentina	Jujuy	16	16
México	Norte	3	6
	Centro	3	
EE.UU.	Nuevo México	1	1
Dinamarca		2	2
Países Bajos		2	2
Inglaterra		2	2
OEA		60	60
NI*		11	11
Total			3121

* NI = No Identificado. Fuente Rojas et al. (2010b)

En el Perú existen varios centros de germoplasma en las Estaciones Experimentales del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – INIA en Illpa (Puno), K'ayra y Andenes (Cusco), Canáan (Ayacucho), Mantaro y Santa Ana (Huancayo) y Baños del Inca (Cajamarca). También conservan germoplasma de quinua las siguientes universidades: Agraria La Molina de Lima, Nacional del Centro de Junín, Nacional San Cristóbal de Huamanga de Ayacucho, Nacional de San Antonio Abad del Cusco, y Nacional del Altiplano de Puno (Mujica, 1992; Bonifacio et al., 2004). Según Bravo y Catacora (2010), en el Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Illpa de Puno se conservan 536 accesiones de quinua y es considerada la colección más importante del país.

En el caso del Ecuador, sólo existe la Estación Experimental de Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, donde se conservan 642 accesiones de quinua (Peralta 2004), mientras que en Colombia, es la Estación Experimental de Obonuco-Nariño y en la Universidad Nacional de Bogotá (Lescano, 1994). Por su parte en Chile se dispone de un banco de germoplasma en el Instituto de Producción y Sanidad Vegetal de la Universidad Austral de Chile con 25 accesiones y, en la región Norte, Fuentes et al. (2006) reportan de una colección de germoplasma con 59 accesiones de quinua.



Por lo mencionado anteriormente y con el objeto de mostrar la amplia variabilidad genética de quinua que se dispone, se presentan a continuación los parámetros de algunas variables de interés de la colección boliviana de quinua (Rojas et al., 2001; Rojas, 2003; Rojas, 2008; Rojas et al., 2009):

- Color de la planta antes de la floración (verde, púrpura, mixtura y rojo)
- Color de la planta a la madurez fisiológica (presenta varios colores intermedios entre blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café y negro)
- Forma de panoja (amarantiforme, glomerulada e intermedia)
- Densidad de la panoja (compacta, laxa e intermedia)
- Color del grano -blanco, crema, amarillo, naranja, rosado, rojo, púrpura, café, negro- y se han identificado 66 colores de grano (Cayoja, 1996)
- Ciclo vegetativo (110 a 210 días)
- Rendimiento de grano por planta (48 a 250 g)
- Diámetro de grano (1,36 a 2,66 mm)
- Peso de 100 granos (0,12 a 0,60 g)
- Contenido proteico del grano (10,21 a 18,39%)
- Diámetro de gránulo de almidón (1,5 a 22 μ)



Foto 1. Variabilidad en panojas y en el color de los granos de quinua



CAPÍTULO 4

Agronomía y su potencial de adaptabilidad de la quinua

4.1. Descripción botánica y taxonómica

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos. El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven, es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas. Es más frecuente el hábito ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos del sur del Perú y Bolivia, en cambio el hábito simple se observa en pocas razas cultivadas en el altiplano y en una buena parte de las razas del centro y norte del Perú y Ecuador (Gandarillas, 1968a; Tapia, 1990; Mujica, 1992).

Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos. Son dentadas en el borde pudiendo tener hasta 43 dientes. Contienen además gránulos en su superficie dándoles la apariencia de estar cubiertas de arenilla- Estos gránulos contienen células ricas en oxalato de calcio y son capaces de retener una película de agua, lo que aumenta la humedad relativa de la atmósfera que rodea a la hoja y, consecuentemente, disminuye la transpiración (Tapia, 1990; Dizes y Bonifacio, 1992; Rojas, 2003).

La inflorescencia es racimosa y se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios. Fue Cárdenas (1944) quien agrupó por primera vez a la quinua por su forma de panoja, en amarantiforme, glomerulada e intermedia, y designó el nombre amarantiforme por el parecido que tiene con la inflorescencia del género *Amaranthus*. Según Gandarillas (1968a) la forma de panoja está determinada genéticamente por un par de genes, siendo totalmente dominante la forma glomerulada sobre la amarantiforme, razón por la cual parece dudoso clasificar panojas intermedias.

La panoja terminal puede ser definida (totalmente diferenciada del resto de la planta) o ramificada, cuando no existe una diferenciación clara a causa de que el eje principal tiene ramas relativamente largas que le dan a la panoja una forma cónica peculiar; asimismo, la panoja puede ser suelta o compacta, lo que está determinado por la longitud de los ejes secundarios y pedicelos, siendo compactos cuando ambos son cortos (Gandarillas, 1968a).

Las flores son muy pequeñas y densas, lo cual hacen difícil la emasculación, se ubican en grupos formando glomérulos, son sésiles, de la misma coloración que los sépalos y pueden ser hermafroditas, pistiladas o androestériles. Los estambres, que son cinco, poseen filamentos cortos que sostienen anteras basifijas y se encuentran rodeando el ovario, cuyo estilo se caracteriza por tener 2 ó 3 estigmas plumosos. Las flores permanecen abiertas por un período que varía de 5 a 7 días, y como no se abren simultáneamente, se determinó que el tiempo de duración de la floración está entre 12 a 15 días (Heisser y Nelson, 1974; Mujica, 1992; Lescano, 1994).



El fruto es un aquenio indehisciente que contiene un grano que puede alcanzar hasta 2,66 mm de diámetro de acuerdo a la variedad (Rojas, 2003). Según Tapia (1990), el perigonio cubre a la semilla y se desprende con facilidad al frotarlo. El episperma que envuelve al grano está compuesto por cuatro capas: la externa determina el color de la semilla, es de superficie rugosa, quebradiza, se desprende fácilmente con agua, y contiene a la saponina.

Respecto a su clasificación taxonómica, la quinua es una especie que se clasifica en la división Magonoliophyta, clase Magnoliopsida, subclase Caryophyllidae, orden Caryophyllales, familia Chenopodiaceae, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata* (Cronquist 1995; Wilson, 1980). El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Chenopodiaceae* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies (Giusti, 1970).

Dentro del género *Chenopodium* existen especies cultivadas como plantas alimenticias: como productoras de grano, *Chenopodium quinoa* Willd. y *Chenopodium pallidicaule* Aellen, en Sudamérica; como verduras *Chenopodium nuttalliae* Safford y *Chenopodium ambrosioides* L. en México; como verduras o medicinales *Chenopodium carnosolum* Moq. y *Chenopodium ambrosioides* L. en Sudamérica.

El género *Chenopodium* ha sido cultivado en varias áreas geográficas del mundo: *Chenopodium album* L. en Europa; *Chenopodium giganteum* D. Don, o árbol de espinaca en Asia Central; *Chenopodium berlandieri* Moq. var. *Nuttalliae* en América Central; y *Chenopodium pallidicaule* y *Chenopodium quinoa* en América del Sur. Asimismo, *Chenopodium berlandieri* se encuentra distribuida en Norte América y *Chenopodium hircinum* en los Andes y la pampa Argentina de Sudamérica (Fuentes et al., 2009).

Las plantas silvestres de quinua tienen una distribución mundial, son aquellas que se han desarrollado sin intervención del hombre, y poseen valiosos genes que se constituyen en un potencial genético que puede ser aprovechado en el futuro y diversas partes del planeta. Algunos taxones y poblaciones se caracterizan por tolerar y resistir el ataque de insectos y enfermedades, de heladas y sequías; además poseen características favorables en cuanto al valor nutritivo y duración del ciclo de producción (Rojas et al., 2008; Del Castillo et al., 2007).

4.2. El cultivo y la capacidad de adaptación al cambio climático

La región Andina y en particular el Altiplano que comparten Perú y Bolivia presentan una de las ecologías más difíciles para la agricultura moderna. Sin embargo, en ese medio ecológico de escasa interacción biótica pervive la quinua. Los límites altitudinales del Altiplano son de 3000 a 4000 metros sobre el nivel del mar, donde los suelos son frecuentemente aluviales y de escaso drenaje (Espíndola, 1986).

Considerando las diferentes áreas del cultivo en América del Sur, la precipitación varía mucho. Así en los Andes ecuatorianos es de 600 a 880 mm, en el Valle de Mantaro de 400 a 500 mm y en la zona del Lago Titicaca de 500 a 800 mm. Sin embargo, conforme uno se desplaza hacia el sur del Altiplano boliviano y el norte chileno, la precipitación va disminuyendo hasta niveles de 50 a 100 mm, condiciones en las que también se produce quinua y el Altiplano Sur de Bolivia es considerado la principal área geográfica donde se produce el cultivo y se atiende un buen porcentaje de la demanda internacional del producto. Por otro lado, entre la octava y novena



región de Chile también se produce quinua, con precipitaciones superiores a los 2000 mm y en condiciones de nivel de mar.

Tomando en consideración las condiciones donde se desarrolla el cultivo y la amplia variabilidad genética que se dispone, la quinua tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Se adapta a diferentes climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, el cultivo puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88% de humedad, y la temperatura adecuada para el cultivo es de 15 a 20°C, pero puede soportar temperaturas desde -4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, obteniéndose producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm.

En cuanto a la tolerancia al frío se encontraron plantas de quinua que toleran hasta -5°C cuando se encuentran en la etapa de formación de grano (Espíndola, 1986). Según Rea (1979), citado por Espíndola (1986) la tolerancia al frío depende de la etapa de desarrollo en que la helada ocurre y de la protección natural de las serranías. Existen reportes que indican que la quinua sobrevive a -7,8°C en etapas iniciales en condiciones de Montecillo, México, que se encuentra a 2245 metros sobre el nivel del mar; asimismo tolera suelos de diferente textura y pH, e incluso creciendo en suelos muy ácidos y fuertemente alcalinos (Mujica, 1988).

Por lo anterior la quinua, es uno de los pocos cultivos que se desarrolla sin muchos inconvenientes en las condiciones extremas de clima y suelos. La gran adaptación a las variaciones climáticas y su eficiente uso de agua convierten a la quinua en una excelente alternativa de cultivo frente al cambio climático que está alterando el calendario agrícola y provocado temperaturas cada vez más extremas. El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal de Bolivia (INIAP) ha clasificado a la quinua entre las 21 semillas más resistentes al cambio climático junto con el haba, maíz, amaranto, cebolla y otras.

Todas estas condiciones han hecho que la quinua sea extensivamente estudiada por instituciones nacionales e internacionales, donde el cultivo adquiere importancia. Además al ser reconocido su valor nutritivo, ha atraído el interés de investigadores de Norte-América (Estados Unidos y Canadá) y Europa (Reino Unido, Francia, Alemania, Países Bajos y Dinamarca), así como en otras regiones montañosas del mundo (Himalayas y el este del África) (Risi, 1991), quienes han realizado estudios de adaptación y actualmente están sembrando y cosechando el cultivo de la quinua.

4.3. Sistemas de cultivo

El cultivo de la quinua en Bolivia se remonta a épocas anteriores a la colonia. Ha prevalecido el sistema de cultivo tradicional hasta inicios de la década de los 70' del siglo pasado: en el Altiplano Sur estaba restringido a las laderas de las serranías a los Salares de Uyuni y Coipasa; en los Altiplanos Centro y Norte se cultivaba en pequeñas extensiones como parte del sistema de rotación con la papa y forrajes; y en los Valles Interandinos se sembraba como bordura o en asocio con maíz y leguminosas.



El cultivo de la quinua por entonces, como lo es en gran parte del país en la actualidad, era desarrollado en forma manual desde la siembra hasta la cosecha. Las familias poseían diversidad de ecotipos o variedades locales de quinua, los granos eran producidos de acuerdo a requerimiento y para la preparación de diferentes alimentos, lo más importante de esta práctica era que la mayor proporción de la producción era destinada al autoconsumo.

La apertura del mercado internacional de productos orgánicos y el consecuente incremento en los precios de la quinua en las últimas dos décadas motivó el traslado de la producción de la quinua de las laderas hacia las planicies en el caso de Bolivia, a la ampliación de la frontera agrícolas en los otros países de la región y la introducción del cultivo a otras regiones del mundo. El desafío que enfrenta el cultivo de la quinua está estrechamente vinculado con el abastecimiento del mercado internacional, cuya demanda en expansión representa una alternativa económica importante para los pobladores de las zonas productoras.

4.3.1. Sistemas tradicional y mecanizado

A continuación se describe la experiencia boliviana en el manejo y producción orgánica del cultivo de la quinua tanto en su sistema tradicional como los avances que se tuvieron en el sistema mecanizado.

Preparación del suelo

En el Altiplano Sur el sistema mecanizado (95%) prácticamente está reemplazando al sistema tradicional (5%). En los Altiplanos Centro y Norte el cultivo sigue en rotación a la papa y se aprovecha la preparación del suelo del año anterior sea mecanizado o tradicional, aunque por el precio de la quinua se están habilitando y preparando suelos bajo el sistema mecanizado. En los Valles Interandinos prevalece el sistema tradicional respecto al mecanizado.

El sistema tradicional consiste en la preparación del suelo en forma manual con tracción humana que se realiza con una herramienta denominada Taquiza, Liukána o Tank'ana, que consiste en la remoción total o parcial del suelo en forma superficial, dependiendo de la zona de producción. En el caso del Altiplano Sur se realizan montículos de forma cónica, con un diámetro de 25 a 30 cm y una altura de 15 a 20 cm, aunque este sistema generalmente se los realiza en laderas (Cossio 2005).

El sistema mecanizado consiste en la preparación del suelo con el empleo de la tracción motriz con el uso del arado de disco. Según Cossio (2005) en el Altiplano Sur su uso es limitado en terrenos con pendiente, con el uso del tractor agrícola se amplió la frontera agrícola a terrenos planos (pampa), donde se realizó la habilitación de terrenos vírgenes o purumas con topografía irregular que por la naturaleza del clima son suelos frágiles (sin estructura) y con una baja capacidad de retención de agua (suelo franco arenoso).



Siembra

La siembra es una de las actividades de mayor importancia porque de esta labor depende la emergencia de plántulas que tendrá incidencia en la densidad de plantas por superficie cultivada y sobre el rendimiento a obtener. La siembra en el cultivo de la quinua se realiza en diferentes épocas, dependiendo del lugar a sembrarse, características de la variedad y humedad del suelo, factores importantes que determinan el tipo de siembra manual o mecánica. En el Altiplano Sur la época de siembra del cultivo de la quinua se realiza desde fines de agosto hasta mediados de diciembre, mientras que el Altiplano Centro y Norte la época de siembra es entre los meses de octubre y noviembre, dependiendo de las lluvias.

La **siembra tradicional** es una labor que aún se práctica tanto en el Altiplano como en los Valles Interandinos. En el Altiplano Centro y Norte la siembra se realiza en surcos y la distribución de semilla se realiza a chorro continuo o al voleo, por lo general la distancia entre surco es de 50 cm. En el Altiplano Sur luego de abrir el hoyo con la 'taquiza' hasta alcanzar tierra húmeda se deposita la semilla e inmediatamente se cubre con tierra con un espesor que varía entre 4 a 10 cm, la distancia entre hoyo a hoyo varía de 1 a 1,20 m y entre los surcos también varía de 1 a 1,20 m. En ambos sistemas de siembra la cantidad de semilla pueda variar entre 6 a 8 kg/ha.



Foto 2. Siembra tradicional y mecanizada de quinua – Altiplano Sur

La **siembra mecanizada** en el Altiplano Sur alcanza a por lo menos el 70% de las familias y se realiza con la sembradora Satiri. La sembradora tiene dos surcadoras con sus tolvas para la alimentación de la semilla; a apertura de las surcadoras se puede regular a una distancia entre 0,8 a 1 m; y en los surcos la semilla se deposita por golpes, también a una distancia de 0,80 a 1 m. Este sistema de siembra es eficiente en terrenos nivelados y uniformes, producto de un buen barbecho: asimismo, se debe aplicar en suelos cuya humedad debe estar a una profundidad de 10 a 15 cm (Aroni 2005a).



4.4 Insectos plaga del cultivo de la quinua

Durante todo su periodo vegetativo, el cultivo de la quinua es afectado por una amplia gama de insectos, de los cuales fueron identificadas alrededor de 17 especies que concurren al cultivo de la quinua. Entre las plagas de mayor importancia económica se encuentran la polilla de la quinua (*Eurysacca melanocampta* Meyrick) y el complejo ticonas (*Copitarsia turbata*, *Feltia* sp, *Heliothis titicaquensis*, *Spodoptera* sp). (Saravia y Quispe, 2005),. Las pérdidas ocasionadas por estas plagas pueden oscilar entre un 5 a 67%, con un promedio de 33.37 % en el Altiplano Sur y entre 6 a 45% en el Altiplano Centro, con un promedio de 21.31%.



Foto 3. Larvas de la polilla y complejo ticonas de la quinua

4.4.1 La polilla de la quinua

El adulto es una polilla pequeña de aproximadamente 8 a 9 mm de longitud y 14 a 16 mm de expansión alar. Se alimenta del néctar de las flores y no causa daño al cultivo de quinua. Las hembras ovipositan huevos que se caracterizan por ser diminutos, miden de 0,4 a 0,5 mm de longitud, su forma es subglobular, de superficie lisa, de color blanco cremoso en el momento de la oviposición y blancos cenizos dos días antes de la eclosión de las larvas. Las larvas atacan al cultivo en dos generaciones: en la primera generación (noviembre y diciembre), minan y destruyen las hojas e inflorescencias en formación, pegan las hojas tiernas de los brotes y las enrollan y, en la segunda generación (marzo y mayo), las larvas atacan plantas en la fase de maduración, se alimentan de los granos en formación y maduros en el interior de las panojas. En ataques severos el grano es pulverizado, apareciendo un polvo blanco alrededor de la base de la planta. Esta segunda generación ocasiona los mayores daños económicos al cultivo de la quinua.

4.4.2 El complejo ticonas

El adulto es una mariposa nocturna que es atraída por la luz, tiene un cuerpo corto y robusto tapizado de escamas o pelos de color café oscuro. Tienen una expansión alar de 40 mm, presentan alas anteriores de color pardo grisáceo con estrías transversales, sinuosas y con manchas pequeñas oscuras o claras. Las larvas recién emergidas son muy activas, raspan el mesófilo de las hojas y comen el parénquima dejándola en forma de ventanas transparentes. A partir del tercer estadio cuando sus mandíbulas están más desarrolladas cortan las plantas tiernas a la altura del cuello de la raíz provocando su caída y muerte. Cuando la población larval es alta destruyen botones florales, flores y glomérulos, además de barrenar brotes y tallos. Las larvas del cuarto y quinto estadio son las más peligrosas por la voracidad y selectividad alimenticia.

4.4.3 Trabajos dirigidos a reducir las poblaciones de insectos plagas

Son varios los trabajos que se desarrollaron con el objeto de reducir las poblaciones de plagas del cultivo de la quinua y se cuenta con importantes avances tecnológicos para hacer frente a este factor biótico. Según Saravia y Quispe (1995), los trabajos y tecnologías que se disponen son las siguientes: 1) genotipos tolerantes o resistentes al ataque de plagas, 2) se conocen los ciclos biológicos de las plagas, 3) se tienen identificados los enemigos naturales de las plagas de la quinua y porcentajes de parasitismo, 4) fluctuación poblacional de las plagas que atacan a la quinua, 5) control de plagas con extractos naturales y bioinsecticidas, 6) niveles de daño económico y 7) estrategias de control de plagas. Recientemente se están usando feromonas y bioinsumos.

4.5. Cosecha y pos-cosecha

La cosecha y pos-cosecha constituyen actividades de alta importancia en todo el proceso productivo del cultivo de quinua. De estas actividades dependen la calidad de grano, la incorporación de materia orgánica al suelo y la reducción de los costos de procesamiento. La cosecha y pos-cosecha comprende las labores de corte, secado, trilla, venteo y almacenamiento del grano. Con la aplicación de buenas prácticas en estas labores se logra obtener un grano que cumplan los parámetros de calidad.

4.5.1 Cosecha

La época óptima para el corte de las plantas depende de varios factores como: la variedad, tipo de suelo, humedad y temperatura predominante. Por lo general las hojas de la planta de quinua se tornan de una coloración amarillenta o rojiza dependiendo de la variedad y en la panoja es posible ver los granos por la apertura que realiza el perigonio, característico en esta fase de madurez fisiológica (Aroni 2005b). Otra manera es golpeando suavemente la panoja con la mano, si existe caída de los granos ya se puede empezar con el corte.

Por lo general, existen tres formas de obtener las plantas: arrancado tradicional, corte con hoz y corte semimecanizado.

El arrancado tradicional: el trabajo consiste en arrancar las plantas seleccionando las panojas maduras de cada hoyo o surco, luego las plantas se procede a sacudir o golpear la parte de las raíces sobre las rodillas con el objeto de disminuir la presencia de terrones y piedrecillas. La desventaja de este método es que no deja la raíz en el suelo como materia orgánica, además contribuye a la erosión del suelo, bajando la fertilidad del mismo y favorece la mezcla del grano con la tierra e incrementa la existencia de impurezas en la trilla.





Foto 4. Corte con hoz y con segadora mecanizada – Altiplano Sur

Corte manual con hoz: consiste en cortar la planta entre 10 – 15 cm del suelo, dejando el rastrojo en el mismo suelo, lo cual ayuda a la conservación del suelo. Se debe realizar el corte de la planta en el momento oportuno, o sea cuando las panojas aún resisten la pérdida de grano por manipuleo, porque cuando se sobrepasa la madurez de las plantas se incrementan las pérdidas de grano. La desventaja de este método es que no se puede practicar en suelos muy arenosos y en plantas grandes existe dificultad del corte por el grosor del tallo.

Corte semimecanizado: consiste en cortar las plantas con una segadora con sierra mecánica y su aplicación se facilita cuando las plantas están distribuidas en hoyos o surcos. Según Aroni (2005) la ventaja de este método es que el avance de corte es rápido y se deja tallo y raíces en el suelo para la incorporación como materia orgánica. Las experiencias indican que se puede cortar 2,5 ha/día con la participación de 4 personas.

4.5.2 Pos-cosecha

Esta actividad comprende las labores de secado o emparve, trilla, venteo y almacenamiento, las cuales permite la obtención del grano.

a) **Secado o emparve: consiste en acomodar las plantas en montones inmediatamente después del corte. Existen tres formas de emparve o secado: Arcos, Taucas, y Chucus (Aroni, 2005b):**

- Arcos

Esta forma de emparve se realiza cruzando los montones de plantas en forma de x (equis) y disponiendo las panojas hacia arriba y apoyadas en una base de thola u otra especie nativa. El secado es facilitado porque existe mayor circulación de aire y las panojas están suficientemente expuestas al sol para su secado. El trabajo es un poco demoroso pero se obtiene un buen secado en menos de tres semanas.





Foto 5. Formas de secado: Arcos y Taucas – Altiplano Sur

- Taucas

Consiste en formar montones o parvas de plantas, con las panojas ordenadas a un solo lado y sobre algún material que puede ser carpa o nylon. La longitud puede ser entre 10 a 15 m y una altura de 1 m, en esta modalidad puede tardar el secado un poco más, sin embargo por su concentración en un lugar facilita la labor de trilla. La desventaja de este método es que no existe uniformidad en el secado, además está expuesto a lluvias y vientos.

- Chucus

Son montones de plantas de quinua, que están esparcidos en toda la parcela en forma más o menos de un cono. Los montones con las plantas se paran en forma circular y con las panojas hacia la parte superior para dar más estabilidad al chucu, se suele amarrar en la parte central con una sogá. Este método facilita un secado más rápido.

b) *Trilla: esta labor consiste en la separación de los granos de la panoja. Existen varias formas de trilla: manual, semimecanizada, mecanizada y trilla directa (Aroni, 2005b):*

- Trilla manual

Es una de las labores más difíciles de la producción de quinua, se la práctica en lugares inaccesibles para un vehículo. Para este método es necesario preparar previamente la 'Takta' que consiste en una plataforma de arcilla, agua y jipi. Algunos agricultores utilizan lona sobre la cual también se efectúa la trilla de las plantas secas y con un palo denominado 'Huajtana' se procede al golpeado de las plantas, luego al tamizado grueso y posteriormente al venteo para la obtención del grano. El rendimiento por un jornal de trabajo es 1,5 qq/día.





Foto 6. Formas de trilla: Manual y con Tractor – Altiplano Sur

- Trilla semi-mecanizada

En el Altiplano Sur se ha adoptado el uso de motorizados (tractores, camiones, camionetas, etc.) para efectuar este método de trilla. Se extiende una carpa para colocar las plantas secas en forma paralela y longitudinal en dirección a las ruedas del motorizado. Las panojas deben quedar al interior de ambas filas para que los motorizados en varias pasadas logren separar los granos. Con este método se logra pisar aproximadamente 10 qq en 55 minutos, la dificultad está en el cernido y el venteo que son realizados en forma manual.

- Trilla mecanizada

En el Altiplano Sur se utilizan algunas trilladoras como la Vencedora y Alvan Blash, que luego de un ajuste en su sistema de desgrane y zarandas se obtuvo un rendimiento de 10 qq/hora y 7 qq/hora, respectivamente, la limpieza en ambos casos es del 95%. También se ha probado la trilladora Herrandina con un rendimiento de 123 kg/hora.



Foto 7. Forma de trilla: Mecanizada – Altiplano Centro



c) **Venteo:** esta labor consiste en la separación del 'Jipi' o perigonio y residuos vegetales del grano comercial. Existen tres formas: tradicional, manual mejorado y mecanizado (Aroni, 2005b):

- Venteo tradicional

Se realiza en forma manual sobre una manta o frazada de tejido tradicional sobre el cual se efectúa el venteado con la ayuda de un plato pequeño, esta forma de venteo está supeditada a la presencia de vientos moderados. El rendimiento promedio es de 4 qq./día



Foto 8. Formas de venteo: Tradicional y Manual Mejorada – Altiplano Sur

- Venteo manual mejorado

Se efectúa con un equipo o prototipo que se muestra en la Foto 8, el cual tiene un regulador de intensidad de flujo de aire y permite separar el grano de quinua del 'Jipi', 'Chiñi' y residuos vegetales. El rendimiento de este equipo es de 6 qq/hora.

- Venteo mecanizado

Desde hace seis años se viene aplicando el venteo mecánico con un rendimiento de 5 a 8 qq/hora y esto depende principalmente de la cantidad de 'Jipi' que contiene el producto a ventear.

d) **Almacenamiento:** para mantener la calidad del producto el almacenamiento se debe efectuar en cuartos o ambientes limpios, secos y ventilados. Se recomienda que para el embolsado del grano se utilice sacos de tejido de llama (costales), bolsas de polipropileno nuevas o en buen estado. Las bolsas llenas deben estar apiladas en forma adecuada sobre una tarima de madera.



CAPÍTULO 5

Productos derivados y potencial industrial de la quinua

En 1996 la quinua fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana..

Existen varios productos derivados de la quinua como los insuflados, harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas, etc.; a pesar de ello en los últimos años se han ido incrementando las investigaciones para el desarrollo de productos combinados de manera de hacer atractivo el consumo de quinua.

Sin embargo cabe destacar que productos más elaborados o cuya producción requiere del uso de tecnologías más avanzadas aún no han sido explotados, así tenemos el caso de la extracción de aceite de quinua, del almidón, la saponina, concentrados proteicos, leche de quinua, extracción de colorantes de las hojas y semillas, etc. Estos productos son considerados el potencial económico de la quinua por darle uso a características no solo nutritivas sino fisicoquímicas que abarcan más allá de la industria alimentaria y ofrecen productos a la industria química, farmacéutica y cosmética.

5.1. Preparación de alimentos

La quinua, así como los otros granos andinos, es usada de diferentes formas, por ello tiene usos tradicionales, no tradicionales y existen innovaciones industriales con valor agregado disponibles en el comercio formal que fueron generados a través de investigaciones.

5.1.1. Usos tradicionales

Como resultado de entrevistas realizadas a familias que conservan y producen quinua en el altiplano, se han identificado 35 preparados alimenticios, elaborados con quinua. Entre estos tenemos sopas y segundos, masas, bebidas y merienda seca. La dieta de las familias del área rural incluye una diversidad de Kispifñas, P'esques, Sopas, Mucuna, Pito y bebidas refrescantes; y en ciertas ocasiones especiales se preparan alimentos no tradicionales como galletas, tortas, buñuelos y jugos. El consumo de estos alimentos varía de acuerdo a las épocas del año y a las actividades agrícolas que se desarrollan. Con frecuencia se las consume en el desayuno, almuerzo, cena o merienda.

A continuación se hace una breve descripción de los preparados tradicionales que se consumen en comunidades del altiplano (Pacosillo y Chura, 2002; Vidaurre et al., 2005; Flores et al., 2008; Apaza et al., 2008):

- **Sopa de quinua:** Quinua cocida no muy espesa, con carne o charqui, tubérculos y verduras.
- **Lawa:** Mazamorra semiespasa, con harina cruda, agua con cal y grasa animal.



- **P'esque:** Granos de quinua cocidos con agua y sin sal, se sirve ya sea con leche o queso rallado según sea la disponibilidad de estos aditamentos.
- **Kispiña:** Panecillos cocidos a vapor de diferentes formas y tamaños.
- **Tacti o tactacho:** Panecillos fritos, especie de buñuelos o sopaipillas elaborados con base en harina y grasa de llama.
- **Mucuna:** Panecillos (tipo bolas) de harina de quinua cocida a vapor, muy parecida a los tamales o humitas, y en el centro llevan una especie de aderezo.
- **Phiri:** Harina de quinua tipo áspera tostada y levemente humedecida.
- **Phisara:** Grano de quinua ligeramente tostada y graneada.
- **Q'usa:** Chicha de quinua, bebida fría macerada
- **El Ullphu, Ullphi:** Bebida fría preparada con base en pito de quinua diluido en agua agregando azúcar al gusto.
- **Kaswira de quinua:** Panecillo aplanado y frito en aceite, elaborado con katahui (cal viva) y quinua blanca.
- **Kaswira de ajara:** Panecillo aplanado y frito en aceite, elaborado con katahui (cal viva) y quinua negra o ajara.
- **K'api kispiña:** Panecillo cocido al vapor, elaborado con quinua molida en K`ona y cocida en olla de barro, es común en las festividades de Todos Santos.
- **Turucha quispiña o Polonca:** Panecillo cocido al vapor, elaborado con katahui y quinua no muy molida (chama) en K`ona, cocida en olla de barro, son de tamaño grande.
- **Mululsito quispiña:** Panecillo cocido al vapor, elaborado con katahui y harina de quinua, cocida en olla de barro, son más pequeñas que las Kispiñas.
- **Quichi quispiña:** Panecillo cocido al vapor y frito, elaborado con katahui y harina de quinua, se fríe en sartén.
- **Juchacha:** Sopa andina a base de quinua molida y katahui, va acompañada de pito de cebada.
- **Chiwa:** Hojas tiernas de quinua conocidas como **Llicha** en quechua, y **chiwa** en aymara, son utilizadas como verdura "hortalizas" en la preparación de sopas y ensaladas. Las hojas son ricas en vitaminas y minerales, especialmente calcio, fósforo y hierro.

5.1.2. Usos no tradicionales

Los alimentos no tradicionales que se consumen son las tawas, los panqueques, buñuelos, jugo, api, pan, galletas, ají y néctar (Cuadro 5). Estos productos constituyen nuevas alternativas para incrementar el consumo de la quinua en las familias del área rural y urbana, puesto que son elaborados a base de harina de quinua en vez de harina de trigo.

La gran riqueza de preparados tradicionales y la plasticidad culinaria que ofrece la quinua permiten integrarlo dentro de la gastronomía internacional y crear menús altamente nutritivos, competitivos en mercados globalizados y que además valoran las tradiciones.



Cuadro 5. Alimentos tradicionales y no tradicionales elaborados con quinua

Preparado	Tipo de alimento
Sopas y segundos	<ul style="list-style-type: none"> • Sopa de quinua • Lawa(allpi) • Huaricha • Juchacha • Chiwa de quinua • P'esque con ahugado • Mazamorra • Phiri • Phisara (graneado) • P'esque Huracha • P'esque con leche • P'esque con queso
Masas	<ul style="list-style-type: none"> • Kispíña • Mucuna • Buñuelos • Pan • Galletas • Kispíña de ajara • Tortas de quinua • Tortillas de quinua • Tacti o tactacho • Mululsito quispiña • Kispíña de ajara • K'api kispíña • Acu kispíña • Jupha t'anta • Buñuelos de quinua • Kaswira de quinua • Queque de quinua • Turucha Kispíña • Quichi quispiña
Bebidas	<ul style="list-style-type: none"> • Refresco (ullpu) • Q'usa (chicha) • Apí • Quinua con leche • Jugo de quinua
Merienda seca	<ul style="list-style-type: none"> • Pito de quinua

5.1.3. Usos nuevos o innovaciones

La quinua se puede combinar con leguminosas como las habas secas, el fréjol y el tarwi para mejorar la calidad de la dieta especialmente de los niños pre-escolares y escolares a través del desayuno escolar. En la actualidad se encuentran disponibles varios subproductos elaborados o semielaborados, aunque generalmente a precios más elevados por lo que en muchos casos se vuelven inalcanzables para la mayoría de la población.

Entre los productos elaborados o semielaborados están los llamados “cereales” que son productos listos para consumirse y que generalmente se toman como desayuno entre estos están los cereales inflados, extrusados, en hojuelas, rallados y cereales calientes que son a los que se les agrega un líquido caliente para consumiros y finalmente están las papillas reconstituidas.



Foto 9. Oferta de productos en base de quinua en el mercado orgánico boliviano



Otras referencias indican que de granos enteros y de harina de quinua se preparan casi todos los productos de la industria harinera. Diferentes pruebas en la región Andina, y fuera de ella, han mostrado la factibilidad de adicionar 10, 15, 20 y hasta 40% de harina de quinua en pan, hasta 40% en pasta, hasta 60% en bizcochos y hasta 70% en galletas (Nieto y Madera, 1982; Ballón et al., 1982; Ruales y Nair, 1992; Nieto y Soria, 1991; Jacobsen, 1993). El rendimiento harinero de la quinua varió de 62% para grano sin desaponificar hasta 83% para quinua desaponificada, considerando harina integral (Briceño y Scarpati, 1982). Pero el rendimiento harinero, para harina flor, fue solamente de 33 a 46%, según la variedad (Nieto y Madera 1982). La principal ventaja de la quinua como suplemento en la industria harinera, está en la satisfacción de una demanda creciente en el ámbito internacional de productos libres de gluten (Jacobsen, 1993).

Actualmente hay una necesidad de obtención de alimentos concentrados proteicos de alta calidad. La proteína está concentrada especialmente en el embrión de la semilla de quinua que contiene hasta un 45% de proteína. El embrión puede separarse del resto de la semilla y el embrión concentrado luego puede utilizarse directamente sobre el alimento para niños, por ejemplo, para obtener una recuperación rápida del nivel nutritivo de los niños que sufren de malnutrición, y adultos, como las mujeres embarazadas en una diversidad de platos.

5.2. Potencial industrial y otros

La quinua es un producto del cual se puede obtener una serie de subproductos de uso alimenticio, cosmético, farmacéutico y otros como se muestra en la Figura 2.

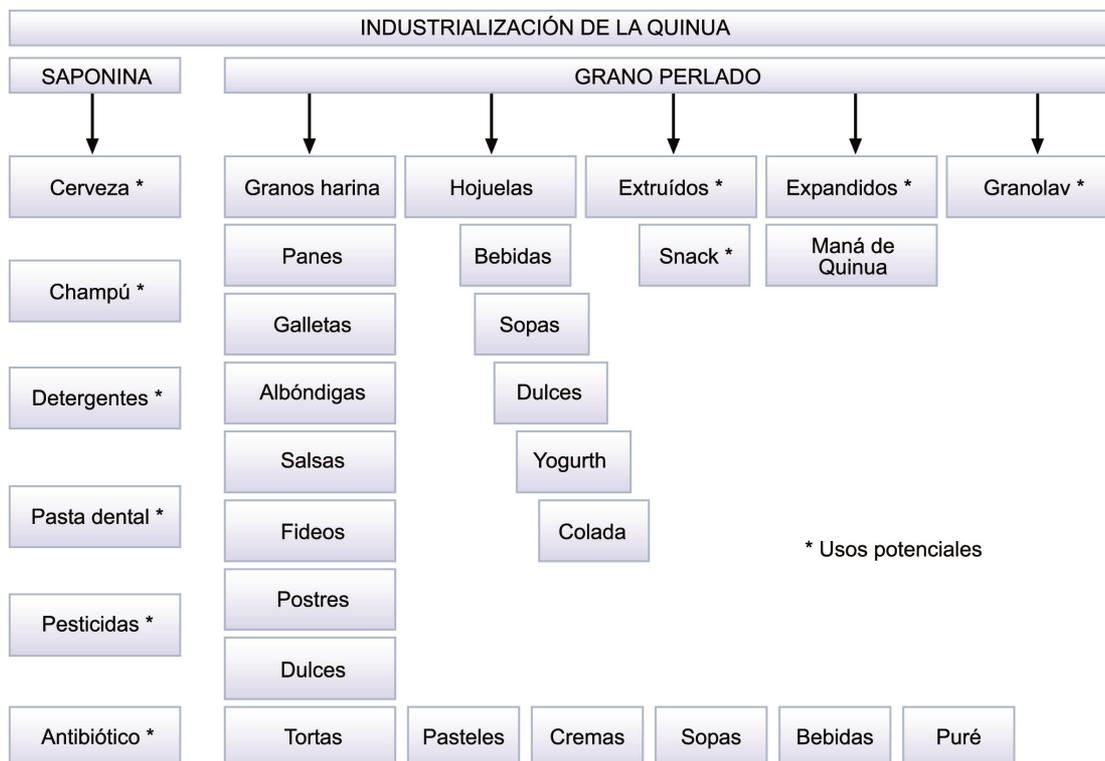


Figura 2. Usos del grano de quinua (Montoya Restrepo et al. 2005)



Robalino y Peñaloza (1988) demostraron la preparación de tempeh (carne vegetal), en base a granos de quinua. El proceso utilizado fue similar al que se usa para la preparación de carne de soya, es decir, la fermentación con *Rhizopus oligosporus*, cuya actividad benéfica sobre lípidos, proteínas e inhibidores de tripsina, junto con el aroma y sabor desarrollados, le dieron una característica especial al producto, que fue muy apetecido por el panel degustador. El tiempo de cocción para este producto fue de solo 5 minutos a 92° C y el tiempo de incubación fue de 28 h. Soria et al. (1990) también describen el proceso de elaboración del tempeh a base de quinua, cuyo producto final es una pasta blanca, sólida, de olor agradable, compuesta de los granos de quinua ligados con el micelio del hongo.

Otros productos elaborados a base de quinua, descritos por Nieto y Soria (1991) son los siguientes: Mortadela de quinua, harina precocida, leche gelificada y saborizada de quinua y otros.

Ahamed et al. (1998) mencionan que el almidón de quinua tiene una excelente estabilidad frente al congelamiento y la retrogradación. Estos almidones podrían ofrecer una alternativa interesante para sustituir almidones modificados químicamente. El almidón tiene posibilidades especiales de uso en la industria debido al pequeño tamaño del gránulo de almidón, por ejemplo, en la producción de aerosoles, pastas, producción de papel autocopiante, postres alimenticios, excipientes en la industria plástica, talcos y polvos anti-offset.

5.2.1. Saponinas

Las saponinas se encuentran en muchas especies vegetales, por ejemplo en la espinaca, espárrago, alfalfa y frejol soya. El contenido de saponina en la quinua varía entre 0,1 y 5%. El pericarpio del grano de quinua contiene saponina, lo que le da un sabor amargo y debe ser eliminada para que el grano pueda ser consumido. Las saponinas se caracterizan, además de su sabor amargo, por la formación de espuma en soluciones acuosas. Forman espumas estables en concentraciones muy bajas, 0,1 %, y por eso tienen aplicaciones en bebidas, shampoo, jabones etc.

Las saponinas son sustancias orgánicas de origen mixto, ya que provienen tanto de glucósidos triterpenoides (de reacción ligeramente ácida), como de esteroides derivados de perhidro 1,2 ciclopentano fenantreno. Estas moléculas se hallan concentradas en la cáscara de los granos y representan el principal factor antinutricional en el grano. Las saponinas no tienen una fórmula química bien definida por el origen dual anteriormente explicado, sin embargo, de manera general, se puede sugerir el siguiente esqueleto base: $C_nH_{2n-8}O_{10}$ (con $n \geq 5$).

Las saponinas que se extraen de la quinua amarga se pueden utilizar en la industria farmacéutica, cuyo interés en las saponinas se basa en el efecto de inducir cambios en la permeabilidad intestinal, lo que puede colaborar en la absorción de medicinas particulares y en los efectos hipocolesterolémicos. Adicionalmente se mencionan las propiedades de la saponina como antibiótico y para el control de hongos entre otros atributos farmacológicos.

Por la toxicidad diferencial de la saponina en varios organismos, se ha investigado sobre su utilización como potente insecticida natural que no genera efectos adversos en el hombre o en animales grandes, destacando su potencial para el uso en programas integrados de control de plagas. El uso de la saponina de la quinua como bioinsecticida fue probado con éxito en Bolivia (Vera et al., 1997).



5.2.2. Multifuncionalidad de la quinua

La inclusión de la quinua en programas de desarrollo turístico que incluyan el agro como un componente (agroturismo, agro-ecoturismo) resultan alternativas interesantes para pequeñas zonas productoras y para la promoción y conservación de ecotipos menos comerciales. La promoción de corredores turísticos andinos, rutas Incas u otros circuitos atractivos de la región permitirían mostrar la quinua y su diversidad dentro de los variados sistemas de producción de la zona Andina. Incluyendo la quinua dentro de los menús que acompañen estos paseos, permitiría al visitante el descubrimiento de sabores y preparaciones tradicionales así como la valoración de identidades, culturas, saberes y tradiciones. En varios países de la región Andina se promueve la conservación de la biodiversidad como estrategia de desarrollo local.



Foto 10. Venta de jugo de quinua en zona turística del Altiplano Sur de Bolivia



CAPÍTULO 6

Aspectos económicos de la quinua en la zona andina y en el mundo

6.1. Superficie cultivada y producción de quinua

Debido a la evidente importancia que tiene la región Andina en la producción de este cultivo, se realizará primero un análisis de las características de la producción de quinua en la región Andina para posteriormente ver este tema en el resto del mundo.

6.1.1 Superficie cultivada y producción de quinua en la región Andina

Las mayores superficies de producción de quinua en la zona Andina se encuentran en Bolivia, Perú y Ecuador. Otros países como Chile reportan superficies de 1.474 ha ubicadas en un 90% en la comuna Colchane de la primera región de Tarapacá (Bécares y Bazile, 2009). A continuación se presentan dos figuras (fig.3 y fig.4) con datos referenciales de la superficie y los volúmenes de producción del cultivo para la región de análisis de acuerdo a la base de datos de la FAO (2011).

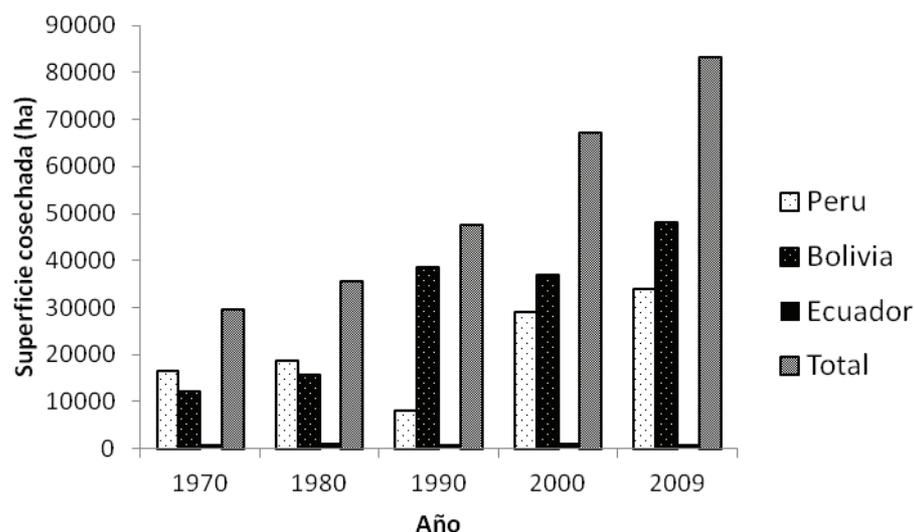


Figura 3. Superficie cosechada de quinua en tres países Andinos en cinco años referenciales.

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (2011).

Hasta el inicio de la década de los 80' las superficies cosechadas con quinua a nivel andino no sobrepasan las 36.000 ha. Esta área productiva se reparte principalmente entre Bolivia y Perú y en menor escala (4%) con el Ecuador.

Para inicios de los 90 se observa un importante incremento de la superficie producida en Bolivia: de 15.000 ha en 1980, este país incrementa su área productiva de quinua a casi 40.000 ha en 1990 debido a la implementación de la labranza mecanizada de los suelos alrededor del Salar



de Uyuni (Laguna. 2003). En ese mismo periodo la superficie producida con este cultivo en el Perú se ve mermada debido a los efectos del Fenómeno del Niño que reportó pérdidas de hasta 80% de los cultivos de quinua en Puno en la campaña agrícola 1982-1983 (Zavala y Caputo. 1985; Agrodاتا and CEPES. 1997) efectos que se vieron también en menor proporción en el Ecuador.

En el año 2000 las superficies de producción de quinua a nivel Andino se incrementan a más de 67.000 ha, con un notorio incremento de más de 20.000 ha en la superficie de producción del Perú y una estabilización de las superficies de cultivo en Bolivia y Ecuador. La ampliación de la frontera agrícola con quinua en el Perú resulta de políticas nacionales para promover la producción y exportación (Laguna 2003; Suca Apaza y Suca Apaza. 2008).

En estos últimos años se puede observar que el área productiva de quinua sigue en aumento. A nivel Andino la FAO reporta, para el año 2009, 83.000 ha de quinua producidas en la región (FAO, 2011). Esta tendencia se presenta en los principales países que producen este cultivo; de una forma más perceptible en Bolivia y más moderada en el Perú (31% y 18% más de superficie comparativamente al año 2000, respectivamente).

Hasta el año 1980 la producción de quinua en la región Andina supera las 25.000 t proviniendo estos volúmenes de producción de los dos países que más lo cultivan (Bolivia y Perú (fig.4).

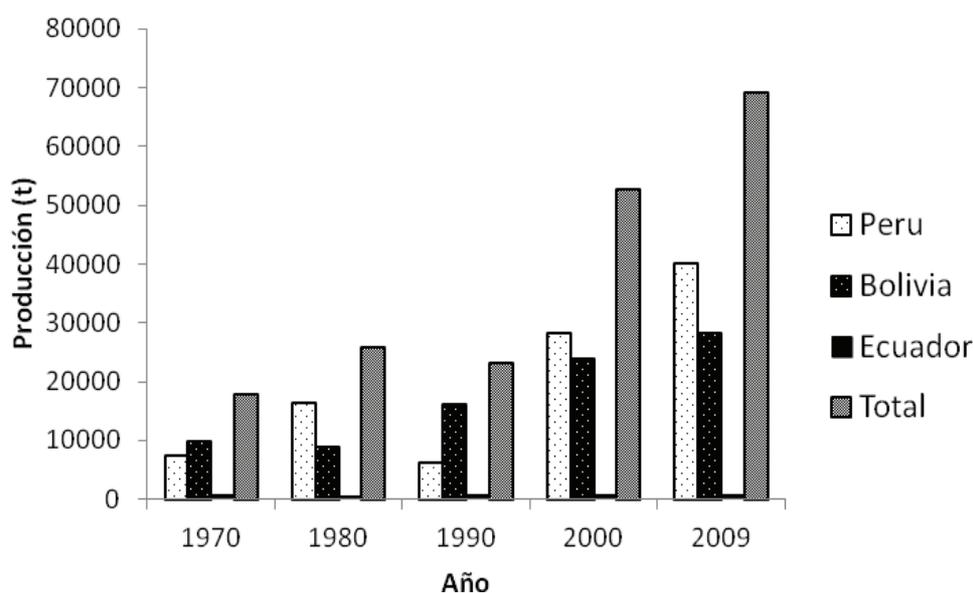


Figura 4. Producción de quinua en tres países Andinos en cinco años referenciales.

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT (FAO, 2011).

En 1990 se llega a observar en la producción los efectos del Fenómeno del Niño citados anteriormente, la producción del Perú se reduce en un 60% comparativamente con la producción del año 1980. En Bolivia los mercados emergentes fomentaron el incremento de la superficie de producción en un 147% comparativamente con el año 1980 (ver sección anterior), pese a ello, la producción en este mismo periodo de análisis se incrementó en 80%, mostrando que los niveles



de rendimiento de este país son aun bajos (507 kg/ha) (Instituto Nacional de Estadística de Bolivia 2011).

El año 2000, la producción de la región andina se duplica comparativamente a los años 1980 y 1990 y pasa a superar las 50.000 t debido a un notorio incremento de la producción de Perú y Bolivia (350% y 48% más de producción que en el año 1990, respectivamente) que responde a la demanda de los nuevos mercados. Para este año la producción del Perú (28.191 t) supera a la de Bolivia (23.785 t) pese a contar con menores superficies productivas, sin embargo, existe un importante volumen que no es registrado y que sale de Bolivia hacia el Perú.

En estos últimos años (2009) la producción de la región Andina se acerca a las 70.000 t con casi 40.000 t producidas por el Perú, 28.000 t por Bolivia y 746 t por Ecuador.

Estos datos reflejan que los principales países productores de quinua en la región andina y en el mundo son Perú y Bolivia; hasta el año 2008 la producción de ambos países representaba el 92% de la quinua producida en el mundo (Suca Apaza y Suca Apaza, 2008). En la actualidad (2009) de acuerdo a las estadísticas de la FAO, ambos países producen 68.000 t. La producción en estos dos países ha sido históricamente variable. En el Perú el clima y la política han tenido una alta incidencia en los niveles productivos, los materiales genéticos que se cultivan llegan a ser más vulnerables, sin embargo la participación gubernamental en las políticas productivas han tenido un efecto interesante en la promoción de este cultivo. En Bolivia se cultivan variedades más rústicas y de un tamaño de grano atractivo que responden a la demanda del mercado, sin embargo con bajos rendimientos que en promedio no superan los 600 kg/ha¹. Los altos niveles productivos de este país reflejan principalmente la intensa ampliación de la frontera agrícola de los últimos 30 años. El Ecuador por su parte muestra niveles distintos de producción de la quinua, de acuerdo a las estadísticas de la FAO y en los años analizados, las superficies no han superado las 1.300 ha y la producción es variable y está alrededor de las 1.000 t.

6.1.2. Superficie cultivada y producción en el resto del mundo

Detrás del Perú y de Bolivia los mayores productores de quinua a nivel mundial son: Estados Unidos, Ecuador y Canadá con alrededor del 10% de los volúmenes globales de producción. Los Estados Unidos producen anualmente 3.000 TM que representan el 6% de la producción mundial. La producción en Canadá es más variable y figura entre 30 y 1.000 TM (CAF et al. 2001, Laguna 2003). La superficie reportada en ambos países alcanza las 2.300 ha (Laguna, 2003; Suca Apaza y Suca Apaza, 2008).

La CAF et al. (2001) reporta una producción de 210 TM para Europa. Recientemente la Cooperativa Agrícola del valle de la Loire (CAPL) en Francia ha reportado superficies de 200 ha de quinua con rendimientos de 1080 kg/ha, como fruto de 20 años de trabajo. La idea de este proyecto es llegar a garantizar el consumo de quinua en este país, para lo cual continuarán poniendo a punto aspectos productivos para llegar a su objetivo (Good Planet.info, 2011).

Más adelante, en el Capítulo 7 se dan más detalles acerca de las áreas de expansión de la quinua fuera del área Andina.

¹ Promedio de rendimiento de 20 años (1990-2009): 580 kg/ha (estimado a partir de datos del INE (Instituto Nacional de Estadística de Bolivia 2011))



6.2. Número de productores

En Bolivia el año 2001 se reportaron más de 35.000 hectáreas con quinua comprendidas en aproximadamente 70.000 unidades productivas. Del total de unidades agropecuarias: 55.000 producen irregularmente para el autoconsumo (con pocos excedentes para el comercio), 13.000 producen permanentemente para el mercado y autoconsumo y 2.000 producen esencialmente para el mercado. En este estudio se estimó que la quinua contribuía con 2,35% al valor del PIB agropecuario de origen campesino y las exportaciones registradas representaban el 4,5% de las exportaciones de productos bolivianos netamente campesinos (CAF et al., 2001).

Un 80% de estas unidades se encuentran en la zona de los Altiplanos Norte y Centro en superficies reducidas de producción. Para estos productores, la quinua es importante en términos de nutrición y seguridad alimentaria, ya que entre el 70 y 85% de su producción es destinada a su consumo y el porcentaje restante es comercializado (Brenes et al., 2001, Pérez, 2001, Cáceres et al., 2007).

El Altiplano Sur que contiene 15.000 productores catalogados en su mayoría como pobres, se destina el 60% de su producto a la comercialización y exportación representando para los pobladores el 55 al 85% de sus ingresos. Cuando la agricultura no es la única fuente de ingresos del hogar, la quinua significa un aporte de entre 35 a 50%. Estos montos resultan más evidentes cuando la jefa del hogar es mujer y tiene poco ganado (CAF et al., 2001, Pérez, 2001, Rojas et al., 2004).

La tenencia de tierra de las unidades productoras en el Perú es reducida (áreas menores a 3.000 m²), estas se ubican mayormente en la Sierra con la participación de aproximadamente 60.000 productores. En análisis realizado por Suca Apaza reporta niveles bajos de beneficio de las unidades productivas lo que sugiere una lógica de producción basada en el mantenimiento de la finca para la seguridad alimentaria (CAF et al., 2001, Suca Apaza y Suca Apaza, 2008).

En el Ecuador el 90% de la quinua es producida por pequeños productores de la Sierra, una de las zonas más pobres de la región y con importante presencia de mujeres. En este sentido la quinua resulta un cultivo estratégico para favorecer a poblaciones y zonas vulnerables (Jacobsen and Sherwood, 2002). El 2001 se consideró que 2.500 productores participaban en la producción de quinua (CAF et al., 2001). El aporte del cultivo de la quinua al PIB agrícola del Ecuador fue estimado en 0,05%, poco significativo debido al escaso volumen de producción comparando con los otros productos agrícolas de este país (Vásconez, 2009).

En la principal zona de producción de Chile se reportan menos de 200 productores dedicados al cultivo de la quinua con superficies estimadas de 8 ha el 2007 (en la década de los 90 las superficies por productor eran de 1,6 ha). Los productores superan en su mayoría los 60 años y existe la migración del 75% de los habitantes jóvenes de la región (Bécares and Bazile, 2009).

Dentro del trabajo agrícola relacionado a la quinua, el rol de la mujer es altamente relevante en la zona Andina. En las mayores zonas productivas de Bolivia, la mujer participa prácticamente con la misma intensidad que el hombre en el proceso productivo y los hijos también tienen un alto grado de intervención. Sin embargo, pese los altos niveles de participación de la mujer, aún existen diferencias en cuanto al acceso a los bienes que resultan de las costumbres en las comunidades, patrones relacionados a las uniones conyugales y responsabilidades sociales principalmente (Orosco et al., 2008).



En la novena región de Chile las mujeres cultivan quinua en huertos próximos a sus casas como herencia de su cultura Mapuche. Muchas mujeres conservan el cultivo como regalo o legado al momento de casarse y la mayor parte cultivan para su propio consumo. Es así que en los últimos años se han realizado actividades de promoción de alimentos con identidad propia (Bécares y Bazile, 2009).

6.3. Costos generales, ingresos y beneficios de la producción de quinua

La quinua, como se mencionó anteriormente, es un cultivo altamente rústico que requiere baja inversión en insumos para la producción. Los principales beneficios se obtienen a través de la producción orgánica por lo que actualmente se considera la incorporación de algunos productos orgánicos para la producción. En general los costos de producción de una hectárea de quinua orgánica no llegan a los mil dólares (US\$910) pues no requiere inversiones mayores en labores culturales, los costos de los productos orgánicos de control y el abonado son de bajo costo. Considerando una producción media de 760 kg/ha y un precio de venta de US\$ 120 por quintal, el ingreso bruto es de US\$ 2040.00, generando un Beneficio total de US\$ 1130.00 por Ha/año. Sin embargo, es importante notar que para el caso de productores asociados que pueden articularse horizontalmente con los comercializadores, los precios de venta del grano de quinua pueden ser mayores con rangos que fluctúan entre los US\$ 120 y 180 el quintal.

Cuadro 6. Costos, ingresos y beneficios de la producción de quinua
(Costos expresados en **US\$** Americanos/ha, al 30/12/2010)

ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO Unit.	EGRESOS	INGRESOS
Preparación del Terreno				135,00	0,00
Compra de estiércol	qq	5	7,00	35,00	
Aplicación de estiércol	jornal	2	10,00	20,00	
Roturado manual	jornal	8	10,00	80,00	
Siembra				270,00	0,00
Semilla	kg	8	5,00	40,00	
Siembra manual	jornal	6	10,00	60,00	
Labores culturales				195,00	0,00
Compra de controladores de plagas	Aplicaciones	3	25,00	75,00	
Aplicación de controladores	jornales	12	10,00	120,00	
Cosecha				123,00	0,00
Corte y enparve	jornal	6	10,00	60,00	
Transporte	qq	18	1,00	18,00	
Tilla semimecanizada	Hrs/maq	1,5	30,00	45,00	
Postcosecha				187,00	2.040,00
Beneficiado	qq	17	11,00	187,00	
Venta de quinua	qq	17	120,00		2.040,00
Sub Totales				910,00	2.040,00
TOTAL BENEFICIOS					1.130,00

Si bien los ingresos que se generan por la producción de quinua pueden ser menores en comparación a otros cultivos de alto valor, sin embargo es importante notar que se produce quinua en lugares donde otros cultivos no prosperan. Adicionalmente, dada la rusticidad del cultivo, el riesgo de pérdidas por factores adversos es notablemente menor en comparación con otros cultivos.



En resumen, si se considera que la mayoría de los productores producen entre 10 y 20 has por año, permitiría ingresos superiores a los 10000\$US/año. (Cuadro 6).

6.4. Principales destinos de las exportaciones

Para el año 2009 la FAO reporta 48.136 ha cosechadas con quinua en Bolivia. En el mismo año, los volúmenes de producción de este cultivo figuran entre 28.000 TM (FAO) y 29.000 TM (INE) de los cuales se exportan la mitad (51%) generando un valor que supera los US\$ 43 millones² (IBCE, 2010). El porcentaje restante se comercializa en mercados internacionales pero informales (de producto sin beneficiar por el Desaguadero³) y en menor escala en el mercado interno. El promedio nacional boliviano de consumo de quinua se estima en 4,7 kg/persona/año⁴ siendo los departamentos que más consumen este grano Oruro y Sucre (CEPROBOL 2007). Departamentos como Potosí que producen quinua consumen menos de 2,5 kg/persona/año (Borja y Soraide, 2007).

Uno de los destinos más importantes de la quinua real es la exportación: Bolivia es el primer exportador de quinua a nivel mundial seguido por Perú y Ecuador (Pérez, 2001, Laguna, 2003, FAO, 2011).

Para el año 2009 los principales países importadores de la quinua boliviana en grano⁵ son: Estados Unidos (45% de las exportaciones bolivianas), Francia (16%), Países Bajos (13%), Alemania, Canadá, Israel, Brasil y Reino Unido. Bolivia también exporta harina de quinua principalmente al Brasil, Chile y los Países Bajos; granos aplastados o en copos a Brasil, Canadá y Estados Unidos; y grañones y sémola a Chile (IBCE, 2009, Instituto Boliviano de Comercio Exterior, 2010).

El nicho del mercado orgánico absorbe porcentajes importantes de la quinua boliviana de exportación, que es comercializada por empresas y productores asociados (ANAPQUI, CECAOT, IRUPANA, SAITE, Quinua Food, Andean Valley, entre otros).

De acuerdo a datos del IBCE (Instituto Boliviano de Comercio Exterior 2010), el precio de la quinua orgánica fue US\$ 3,1/kg para el año 2010. En anteriores años el precio de la quinua orgánica alcanzó los US\$ 3,6/kg. El IBCE indica también que para el 2009 el precio del grano de quinua convencional (US\$ 2,3/kg) resultó cinco veces más que la soya (US\$ 0,4/kg) y que el trigo.

Las exportaciones del Perú y Ecuador tienen un rol marginal a nivel mundial. En el año 2007, Perú exportó volúmenes algo mayores a 400 TM de quinua en grano a los Estados Unidos (87%), Finlandia (8%) y Alemania (4%) con valores equivalentes a US\$ 552 mil (PROMPERU Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo, 2008). El 2008 Ecuador muestra niveles de exportación similares: 304 TM equivalentes a US\$ 557 mil (FAO, 2011).

² La entrada de exportación corresponde a la partida "las demás quinuas" (*Chenopodium quinoa*) y es considerada como el grano de quinua como tal. Los productos derivados no se han considerado en este análisis.

³ Población ubicada a orillas del Lago Titicaca en la frontera con el Perú.

⁴ Frente a la papa: 100 kg/persona/año; al fideo: 38 kg/persona/año; o al arroz: 22 kg/persona/año.

⁵ Dato correspondiente a la partida "las demás quinuas" (*Chenopodium quinoa*), es decir quinua en grano beneficiado.



No cabe duda que Bolivia lidera las exportaciones debido sobre todo a la calidad del grano producido, del tipo “Real”, que no se produce con las mismas características en otros países de la región (Laguna, 2003).

6.5. Tendencias del consumo

Los consumidores concentrados mayormente en Norte América y Europa presentan una tendencia de mayor interés hacia el cuidado de la salud, el ambiente y la equidad social. En este sentido los nichos del mercado orgánico y del comercio justo ofrecen interesantes alternativas y mejores precios al productor.

En los países andinos existe una asombrosa variedad de formas de preparados para el consumo de este grano (Jacobsen et al., 2003; Astudillo, 2007) que provienen de las variadas culturas y tradiciones. Países como Perú, que importan grandes cantidades de quinua de su país vecino (Bolivia), tienen niveles elevados de consumo interno. La quinua “Real” convencional boliviana es importada al Perú principalmente para su comercialización, transformación y consumo dentro de los mercados locales; los volúmenes resultan difíciles de cuantificar debido a la ausencia de registros (Laguna, 2003). Asimismo, se conoce que el 60% de su producción es destinada al autoconsumo de los mismos productores y el 40% se comercializa principalmente en mercados locales y en menor proporción en mercados internacionales (Suca Apaza y Suca Apaza, 2008).

En Bolivia, país que se identifica con este grano andino por su origen, tradiciones y exportaciones, son los estratos bajos quienes consumen este grano. Las zonas que producen quinua para su comercialización presentan una clara tendencia de reducción del consumo debido a la priorización de las exportaciones y a la dificultad del proceso de beneficiado en el consumo familiar (Astudillo, 2007). A nivel nacional se ha mencionado que el consumo no supera los 5 kg/persona/año; pese a ser el nivel más alto de consumo per cápita a nivel mundial, estos niveles son considerados aun bajos tomando en cuenta la población del país y los niveles de consumo de otros alimentos.

En países (tales como Perú y Bolivia) donde los niveles de malnutrición son elevados, resulta fundamental realizar esfuerzos para impulsar el consumo de la quinua por todas las propiedades nutricionales que tiene este alimento.



CAPÍTULO 7

Expansión del cultivo de la quinua a países fuera de la región Andina

El cultivo de la quinua ha trascendido fronteras continentales cuando en 1970 se llevó material a Inglaterra y Suecia. Por los años 80 se realizan ensayos en los Estados Unidos y se inician procesos para impulsar este cultivo en el continente Norteamericano. En la década del 90 se realizaron ensayos también en Dinamarca, los Países Bajos, e Italia. Proyectos tales como “The American and European Test of Quinoa” evaluaron el potencial de la quinua fuera de las zonas tradicionales de producción en países de Norte América, Europa, África, Asia y Australia. A continuación se presenta un breve resumen de la expansión del cultivo de la quinua fuera de la región Andina así como su alcance.

7.1. Norte América

Luego de intentar sin éxito importaciones de quinua a los Estados Unidos en 1979, en la década del 80 se inicia un ensayo en 2 ha en el Sur del Estado de Colorado. Los resultados obtenidos con ecotipos del grupo “Costeño” dieron lugar a la creación de una asociación con los productores involucrados con quinua en este país y en el Canadá. Al mismo tiempo se desarrollan programas de investigación y de desarrollo de tecnología para toda la cadena en la Universidad de Colorado (Johnson, 1990; Laguna, 2003). Incluso en 1994 se llega a patentar material genético denominado “Apelawa” esencial para procesos de mejoramiento, la cual fue retirada cuatro años más tarde por no representar una innovación y atentar a la Convención de Biodiversidad. Hasta el año 2000, la investigación para el mejoramiento de híbridos altamente productivos y competitivos seguía en proceso (Laguna, 2003).

En Estados Unidos la quinua se produce en los estados de Colorado y Nevada, y en el Canadá en las praderas de Ontario, sumando una superficie de 2.300 ha (Suca Apaza y Suca Apaza, 2008). En el estado de Colorado se cultiva este grano con rendimientos promedio de 1.000 kg/ha (Jacobsen, 2003) y en el Canadá los rendimientos son más inestables pero pueden llegar a los 830 kg/ha (Laguna, 2003).

7.2. Europa

Varios países de este continente fueron miembros del proyecto “Quinoa un cultivo multipropósito para la diversificación agrícola de los países Europeos⁶” aprobado en 1993. Estudios e introducciones de material genético de quinua fueron realizados en los años 80 y 90 en Europa, y como resultado los materiales chilenos del grupo “Costeño” se adaptaron a estas zonas (Jacobsen, 1998). Por otra parte, importantes proyectos de mejoramiento se han llevado a cabo en quinua llegándose a obtener la primera variedad de quinua europea “Carmen”, variedad enana, de panoja compacta y maduración temprana. El trabajo continúa con el objetivo de incrementar el

⁶ En inglés: “Quinoa – A multipurpose crop for the EC’s agricultural diversification”.

rendimiento, ajustar el ciclo vegetativo y reducir los niveles de saponina y con la generación de nuevas variedades como la “Atlas” (Jacobsen, 2003).

7.3. África

Cultivares de Colombia tuvieron altos rendimientos en semilla (4 t/ha) en Kenya por lo que el cultivo representa una interesante alternativa para la reducción del hambre y la pobreza en este continente (Jacobsen, 2003).

7.4. Asia

Estudios en la región del Himalaya y en las planicies del Norte de la India han mostrado que el cultivo puede desarrollarse exitosamente en esta región con altos niveles de rendimiento (Bhargava et al., 2006). En esta zona, donde la población basa su alimentación en trigo y arroz, la quinua resultaría una alternativa efectiva para combatir el “hambre silenciosa” y los bajos niveles proteicos de las dietas.

7.5. Zonas del mundo donde podría ser cultivada

La producción de quinua no es exclusiva de la zona andina. Otras regiones montañosas como los Himalayas y la región montañosa central de África pueden tener un potencial interesante para la diversificación de los sistemas productivos de los países en vías de desarrollo de estas regiones (Jacobsen 2003; Bhargava et al. 2006).

Zonas tropicales como las sabanas de Brasil dentro del mismo subcontinente sudamericano han experimentado con el cultivo de la quinua desde 1987 y han visto el potencial con la obtención de rendimientos más altos que los de la zona Andina (Spehar y Souza, 1993, Spehar y Santos 2005, Spehar y Santos, 2006).

La experiencia de los países de Norte América y Europa mostró un interesante potencial para la expansión de este cultivo, el aprovechamiento del grano y como forraje. La extensión de mayores áreas de cultivo podría lograrse a través de programas de mejoramiento genético a partir de las variedades adaptadas.

La quinua resulta altamente atractiva en distintas regiones del globo, esto se debe a la extraordinaria capacidad adaptativa que tiene esta planta a condiciones ecológicamente extremas.

La quinua tiene bajos requerimientos hídricos, lo que la destaca como una alternativa potencial para zonas áridas del globo. Recientemente se ha concluido un proyecto para el desarrollo de tecnologías de irrigación⁷, como es el riego deficitario en el Altiplano Boliviano, el cual permite garantizar el establecimiento y desarrollo del cultivo en zonas áridas (García et al., 2011).

Por otra parte, y como se ha visto en capítulos anteriores, la quinua puede cultivarse en varios tipos de suelos con rangos amplios de pH (4,5 a 9,5). La capacidad que tiene esta planta de producir en áreas salinas y de escasa fertilidad permite su establecimiento en áreas no aptas para otros cultivos (una de las principales áreas de producción de quinua en Bolivia circunda precisamente dos zonas salinas: el Salar de Uyuni y el Salar de Coipasa). Otro de los factores

⁷ Estas tecnologías fueron desarrolladas con herramientas como el modelo AQUACROP de la FAO calibrado y validado para el cultivo.



abióticos que tolera la quinua son las heladas antes de la floración, aspecto sobresaliente para las regiones frías (Mujica y Jacobsen, 1999).

Tanto Bolivia como Perú aplican escasa tecnología (comparativamente a otros rubros) para la producción de este cultivo. Ello demuestra nuevamente el potencial que tiene este sector para ser implementado en países con menor acceso a la tecnificación agrícola.



Referencias Bibliográficas

- Agrodata and CEPES. 1997. El Niño de 1983. Efectos Económicos del Fenómeno del Niño. CEPES.
- Ahamed, T., R. Singhal, P. Kulkarni & M. Pal. 1998. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*. Vol. 19. No.1. The United Nations University
- AOAC. 1990 Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*: Washington DC.
- Apaza, S. 2008. Recomendar una estrategia de uso de las EOS importantes en áreas prioritarias. Informe 2007 – 2008. NUS IFAD II. Fundación PROINPA. La Paz – Bolivia. pp 72 -86.
- Astudillo, D. 2007. An Evaluation of the role of quinoa in the livelihoods of the households in the Southern Bolivian Altiplano: a Case Study in the Municipalities of Salinas and Colcha K. Rome: Bioversity International & Fundación PROINPA.
- Aroni, JC., G. Aroni, R. Quispe y A. Bonifacio. 2003. Catálogo de Quinoa Real. Fundación PROINPA. SIBTA – SINARGEAA. Fundación Altiplano. Fundación Mcknight. COSUDE. La Paz, junio 2003. p 51.
- Aroni, JC. 2005a. Fascículo 3 – Siembra del cultivo de quinoa. In: PROINPA y FAUTAPO (eds). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinoa: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinoa Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. pp 45-52.
- Aroni, JC. 2005b. Fascículo 5 – Cosecha y poscosecha. In: PROINPA y FAUTAPO (eds). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinoa: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinoa Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. pp 87-102.
- Ayala, G., L. Ortega y C. Morón. 2004. Valor nutritivo y usos de la quinoa. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathee (eds). *Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 215-253.
- Ayala, G. 1999. Consumo de quinoa (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*) y estrategias para promover su consumo. En, Reunión Técnica y Taller de Formulación del Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos (Mujica, A., J. Izquierdo, J.P. Marathee, C. Moron & S.-E. Jacobsen (eds.)). Arequipa, Perú, 20-24 julio, 1998, p. 115-122.
- Ballon, E., E. Paredes y A. Coca. 1982. Comportamiento de la harina de quinoa, variedades dulces y amargas (En mezclas de harinas compuestas para panificación). En: Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos (Memorias). La Paz, Bolivia. pp 21-28.
- Barriga, P., R. Pessot y R. Scaff. 1994. Análisis de la diversidad genética en el germoplasma de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) recolectado en el sur de Chile. *Agro Sur* 22 (No. Esp.): 4.



- Bécares, D. A. and D. Bazile. 2009. LA QUÍNOA COMO PARTE DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS EN CHILE: 3 REGIONES Y 3 SISTEMAS. *Rev. geogr. Valpso.* 42:61-72.
- Becker, R., K. Wheeler, A. Lorenz, O. Stafford, A. Grosjean, A. Betschart & R. Saunders. 1981. A compositional study of amaranth grain. *Journal of Food Science.* Vol. 46: 1175-1180.
- Bhargava, A., S. Shukla, and D. Ohri. 2006. *Chenopodium quinoa*--An Indian perspective. *Industrial crops and products* 23:73-87.
- Bohorquez, C., A. Riofrio, H. Francisco, and M. E. Romero. 2009. *Producción Y Comercialización De Quinoa En El Ecuador.*
- Bonifacio, A., W. Rojas, R. Saravia, G. Aroni y A. Gandarillas. 2006. PROINPA consolida un programa de mejoramiento genético y difusión de semilla de quinua. *Informe Compendio 2005-2006.* Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 65-70.
- Bonifacio, A., A. Mujica, A. Alvarez y W. Roca. 2004. Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathee (eds). *Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.* FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 125-187.
- Borja, R. and D. Soraide, editors. 2007. *Estudio del Consumo de Quinoa en la Ciudad de Potosí.* Second edition. Fundación AUTAPO, Potosí.
- Bravo, R. y P. Catacora. 2010. Situación actual de los bancos nacionales de germoplasma. In: R. Bravo, R. Valdivia, K. Andrade, S. Padulosi y M. Jagger (eds). *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha en Perú.* Bioversity International, Roma, Italia. pp 15-18.
- Brenes, E., F. Crespo, and K. Madrigal. 2001. El cluster de quinua en Bolivia: Diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas. Instituto Centroamericano de Administración de Empresas, INCAE. Documentos de Trabajo, Proyecto Andino de Competitividad.
- Briceño, O. y Z. Scarpati. 1982. Efecto de la molienda experimental de grano de quinua sobre su comportamiento de nutrientes. En: *Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos (Memorias).* La Paz, Bolivia. pp. 155-156.
- Brinegar, C. & S. Goundan. 1993. Isolation and characterization of chenopodin, the 11S seed storage protein of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 41(2): 182-185.
- Bruin, A. de 1964. Investigation of the food value of quinua and cañihua seed. *J. Food Sci.*, 29:872-876
- Burnouf-Radosevich, M. & N. Delfl. 1984. High performance liquid chromatography of oleanane-type triterpenes. *Journal of Chromatography*, 292:403-409.
- Cáceres, Z., A. Carimentrand, and J. Wilkinson. 2007. 11 Fair Trade and quinoa from the southern Bolivian Altiplano. Page 180 in Taylor and Francis Group, editor. *Fair trade: the challenges of transforming globalization.*
- CAF, CID, and CLACDS INCAE. 2001. *Caracterización y análisis de la competitividad de la quinua en Bolivia.* Proyecto Andino de Competitividad, La Paz.



- Cardenas, M. 1944. Descripción preliminar de las variedades de *Chenopodium quinoa* de Bolivia. Revista de Agricultura. Universidad Mayor San Simón de Cochabamba (Bol.) Vol. 2, No. 2, pp 13-26.
- Cayoja, M.R. 1996. Caracterización de variables continuas y discretas del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma de la Estación Experimental Patacamaya. Tesis de Lic. en Agronomía. Oruro, Bolivia, Universidad Técnica Oruro, Facultad de Agronomía. 129 p.
- CEPROBOL. 2007. Quinoa y derivados: Perfil Sectorial. Ministerio de Relaciones Exteriores y Cultos Viceministerio de Relaciones Económicas y Comercio Exterior, La Paz.
- 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, Perú
- Cossio, J. 2005. Fascículo 1 – Preparación de suelo. In: PROINPA y FAUTAPO (eds). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinoa: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinoa Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. pp 5-28.
- Coulter, L.A. & K. Lorenz. 1991. Extruded corn grits-quinoa blends. I. Proximate composition, nutritional properties and sensory evaluation. Journal of Food Processing and Preservation. 15(4) :231-242.
- Coulter, L.A. & K. Lorenz. 1991 Extruded corn grits-quinoa blends. II. Physical characteristics of extruded products. Journal of Food Processing and Preservation. 15(4): 243-259.
- Cronquist, A. 1995. Botánica Básica. Cuarta reimpression. México D.F.
- Del Castillo, C., Winkel, T., Mahy, G. & J.P. Bizoux. 2007. Genetic structure of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from the Bolivian altiplano as revealed by RAPD markers. Genet Resour Crop Evol 54: 897-905.
- Dini, I., S.-E. Jacobsen, O. Schettino, G. Tenore & A. Dini. 2000. Isolation and characterization of saponins and other minor components in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In, Proceedings of COST 814 Conference, Crop Development for Cool and Wet Regions of Europe, Pordenone, 10-13 May, Italy, p. 46
- Dizes, J. y A. Bonifacio. 1992. Estudio en microscopia electrónica de la morfología de los órganos de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* A.) en relación con la resistencia a la sequía. In: D. Morales y J. Vacher (eds.). Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia. 4-8 de julio de 1991. pp 69-74.
- Espíndola, G. y A. Bonifacio. 1996. Catalogo de variedades mejoradas de quinua y recomendaciones para producción y uso de semilla certificada. Publicación conjunta IBTA/DNS: Boletín No. 2, La Paz, Bolivia. 76 p.
- Espíndola, G. 1986. Respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) al déficit hídrico. Tesis M.Sc., Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo México. 101 p.
- FAO. 2011. FAOSTAT



- FAO/WHO. 2000. Necesidades de Energía y de proteínas. Serie de Informes Técnicos 724. Organización Mundial de Salud. Ginebra.
- Flores, J., E. Mamani, V. Alarcón, V. Paco y W. Rojas. 2008. Caracterización de los conocimientos tradicionales asociados a la agrobiodiversidad en Coromata Media y Santiago de Okola. Informe Octubre 2007 – Junio 2008. NUS IFAD II. Fundación PROINPA. La Paz – Bolivia. pp 129 -143
- Fuentes, F., J. Maughan y E. Jellen y. 2009. Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Revista Geográfica de Valparaíso N° 42/2009. ISSN 0716 – 1905. pp 20-33.
- Fuentes, F., E. Martínez, J. Delatorre, P. Hinrichsen, E. Jellen y J. Maughan. 2006. Diversidad genética de germoplasma chileno de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) usando marcadores de microsatélites SSR. In: A. Estrella, M. Batallas, E. Peralta y N. Mazón (eds). Resúmenes XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 24 al 27 de julio de 2006. Quito, Ecuador.
- Fundación AUTAPO. 2006. Infoquinua.in P. Q. A. Sur, editor. III Feria Quinoa. Fundación AUTAPO, 2006.
- Gallardo, M.G. y J.A. Gonzalez. 1992. Efecto de algunos factores ambientales sobre la germinación de *Chenopodium quinoa* W. y sus posibilidades de cultivo en algunas zonas de la Provincia de Tucumán (Argentina). LILLOA XXXVIII, 55-64.
- Gandarillas, H. 1982. El cultivo de quinoa. CIID – IBTA. La Paz, Bolivia. 22 p.
- Gandarillas, H. 1979b. Genética y origen. In: M. Tapia (ed). Quinoa y Kañiwa, cultivos andinos. Bogotá, Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. pp 45-64.
- Gandarillas, H. 1968a. Caracteres botánicos más importantes para la clasificación de la quinoa. In: Universidad Nacional Técnica del Altiplano (ed). Anales de la Primera convención de Quenopodiáceas quinoa - cañahua. Puno, Perú. pp 41-49.
- Gandarillas, H. 1968b. Razas de quinoa. Bolivia, Ministerio de Agricultura. División de Investigaciones Agrícolas. Boletín Experimental N° 4, 53 p.
- García, M., D. Raes, C. Taboada, R. Miranda, E. Yucra, S. Aliaga, D. Saavedra, J. Condori, and A. Callisaya. 2011. Compendio de Investigación Proyecto QUINAGUA. Informe Final, Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Giusti, K. 1970. El género *Chenopodium* en la Argentina. I. Número de cromosomas. Darwiniana 16: 98-105.
- Good Planet.info. 2011. "Le quinoa, "graine des Incas", pousse désormais dans le Val de la Loire." Retrieved 06/07/2011, 2011, from <http://www.goodplanet.info/Contenu/Depeche/Le-quinoa-graine-des-Incas-pousse-desormais-dans-le-Val-de-Loire/%28language%29/fre-FR>.
- Heisser, C.B. y D.C. Nelson. 1974. On the origin of the cultivated chenopods (*Chenopodium*). Genetic 78: 503-505.
- IBCE. 2009. Perfil de Mercado Granos Nativos Quinoa y Amaranto. La Paz.



- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. 2010. Perfil de Mercado de la Quinoa Grano nativo de los Andes. Comercio Exterior 183:3 - 8.
- Instituto Nacional de Estadística de Bolivia. 2011. Bolivia: Rendimiento agrícola según cultivo (1990 - 2009). Agricultura. INE.
- Jacobsen, S. E. 2003. The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International 19:167-177.
- Jacobsen, S. E. and S. Sherwood. 2002. Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros de quinoa, chocho y amaranto. CIP y FAO Global IPM Facility. Editorial Abya Yala. Quito, Ecuador.
- Jacobsen, S.-E. & A. Mujica. 2000. New elaborated products from quinoa: protein concentrates and colorants. In, Proceedings of COST 814 Conference, Crop Development for Cool and Wet Regions of Europe, Pordenone, 10-13 May, Italy, p. 44
- Jacobsen, S. E. 1998. Developmental stability of quinoa under European conditions. Industrial crops and products 7:169-174.
- Jacobsen, S. y O. Stolen. 1993. Quinoa - Morfology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. Eur. J. Agron. 2(1):19-29.
- Jacobsen, E. 1993. Quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. A novel crop for European agriculture. Department of Agricultural Science. The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark. 145 p.
- Johnson, D. L. 1990. New grains and pseudograins. Advances in New Crops. Timber Press. Portland:122-127.
- Kent, N. 1983. Technology of Cereals. Third Edition. Pergamon Press. Oxford, New York.
- Koziol, M. 1993. Quinoa: A Potential New Oil Crop. New Crops. Wiley, New York. Latinreco. 1990. Quinoa. Hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A. Quito, Ecuador.
- Laguna, P. 2003. La Cadena Global de la Quinoa: un reto para la Asociación Nacional de Productores de Quinoa. Autor.
- Lescano, J.L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos: quinoa, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa Interinstitucional de Waru Waru, Convenio INADE/PELT - COTESU. 459 p.
- Lescano, J.L. 1989. Recursos fitogenéticos altoandinos y bancos de germoplas. In: Curso: "Cultivos altoandinos". Potosí, Bolivia. 17 - 21 de abril de 1989. pp 1-18.
- Llorente, José Ramón. [mk3@dsalud.com] (septiembre, 2008) Quinoa: Un auténtico superalimento. Discovery DSalud. Consulta del 3 de junio, 2011, de <http://www.dsalud.com/index.php?pagina=articulo&c=218>
- Molina, A.V. 1972. Desarrollo de un método de lavado por agitación y turbulencia del grano de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Universidad Nacional Agraria, Lima Perú. Programa Académico de Industrias Alimentarias. Tesis.



- Montoya Restrepo, L.; Martínez Vianchá, L. y Peralta Ballester, J. (2005). Análisis de las variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de la quinua en Colombia. *Revista Innovar*. Edit. Unibiblos: v. 25, p. 103 – 120.
- Mujica, A., A. Cahahua y R. Saravia. 2004. Agronomía de la quinua. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathee. *Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 26-59.
- Mujica, A. & S.-E. Jacobsen. 1999. Tecnología de poscosecha de granos andinos: Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En, *Proc. I Curso taller sobre Producción, Comercialización y Uso de la Quinua para Agricultura de la Zona de Iquique, Chile*. CONADI, Puno, Perú, 5-8/7.
- Mujica, A. and S. Jacobsen. 1999. Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos y su mejoramiento. *I Curso Internacional sobre Fisiología de la Resistencia a Sequía en Quinua*:25-38.
- Mujica, A., J. Izquierdo, J.P. Marathee, C. Moron & S.-E. Jacobsen (eds.). 1999a. Reunión Técnica y Taller de Formulación del Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos. Arequipa, Perú, 20-24 julio, 1998, 187 pp.
- Mujica, A., S.-E. Jacobsen, A. Canahua, G. Ayala & F. Amachi. 1999b. Fortalecimiento de la producción, comercialización y consumo de la quinua en zonas de extrema pobreza, del Perú. En, (Mujica, A., J. Izquierdo, J.P. Marathee, C. Moron & S.-E. Jacobsen (eds.)), *Reunión Técnica y Taller de Formulación del Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos*. Arequipa, Perú, 20-24 julio, 1998, 139-158.
- Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds). *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 129-146.
- Mujica, A. 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo México. 122 p.
- Muñoz O. Ma. Teresa, 2002. Monografía de la Quinua y comparación con el Amaranto, Asociación Argentina de Fitomedicina.
- Nieto, C. y M. Soria. 1991. Procesamiento de quinua en Ecuador. Proyecto 3P-85-0213. Informe final de labores. INIAP-UTA-CIID. Quito, Ecuador. 94 p.
- Nieto, C. y J. Madera. 1982. Evaluación agronómica y calidad farinológica de diez ecotipos de quinua. En: *Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos (Memorias)*. La Paz, Bolivia. pp. 167-179.
- Orosco, M. C., J. C. Aroni, and M. A. Layme. 2008. *Linea Base 2008 Municipios Productores de Quinua Real del Altiplano Sur de Bolivia*. Fundación AUTAPO, Potosí.
- Pacosillo, V. y B. Chura. 2002. Identificación de prácticas de procesamiento y obtención de derivados de cañahua y quinua a nivel familiar. En: *Informe Técnico Anual 2001 - 2002. Año 1. Proyecto "Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos"*. IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. LA Paz, Bolivia. pp. 115-117.



- Peralta, E. 2006. Los cultivos Andinos en el Ecuador. Bancos de germoplasma, Fitomejoramiento y Usos: pasado, presente y futuro. In: A. Estrella, M. Batallas, E. Peralta y N. Mazón (eds). Resúmenes XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 24 al 27 de julio de 2006. Quito, Ecuador.
- Pérez, F. R. C. 2001. La Cadena Productiva de la Quinua.
- Pinto, P, V. Alarcón, JL. Soto y W. Rojas. 2010. Usos tradicionales, no tradicionales e innovaciones agroindustriales de los granos andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, JL. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersity International, Roma, Italia. pp 129-150.
- Przybylski, R., G. Chauhan & N Eskin. 1994. Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) lipids. *Food Chemistry* 51: 187-192.
- Ranhotra, G., J. Gelroth, B. Glaser, K Lorenz & D. Johnson. 1993. Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chemistry*. 70 (3): 303-305.
- Repo-Carrasco, R. 1991. Contenido de aminoácidos en algunos granos andinos. En: Avances en Alimentos y Nutrición Humana. Programa de Alimentos Enriquecidos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Publicacion 01/91.
- Repo-Carrasco, R. 1992. Andean Crops and Infant Nourishment. University of Helsinki. Institute of Development Studies. Report B 25. Finland
- Repo-Carrasco, R. & N. Li Hoyos. 1993. Elaboración y evaluación de alimentos infantiles con base en cultivos andinos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol: 43(2): 168-175.
- Risi, J. 1991. La Investigación de la quinua en Puno. In: L. Arguelles y R. Estrada (eds) *Perspectivas de la investigación agropecuaria para el Altiplano*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Proyecto de Investigación en Sistemas Agropecuarios Andinos. Convenio ACDI-CIID-INIAA. Lima, Perú. pp 209-258.
- Risi, J. 1997. La quinua: actualidad y perspectivas. In: Taller sobre desarrollo sostenible de la quinua. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA, Camara de Exportadores. La Paz, Bolivia. 21 de noviembre de 1997.
- Rivera, R. 1999. Los cultivos nativos: Situación y estrategias para su desarrollo en el Perú. En, Reunión Técnica y Taller de Formulación del Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos (Mujica, A., J. Izquierdo, J.P. Marathee, C. Moron & S.-E. Jacobsen (eds.)). Arequipa, Perú, 20-24 julio, 1998, p. 99-108.
- Robalino, D. y W. Peñaloza. 1988. El uso de la quinua en la elaboración de tempeh. En: VI Congreso Internacional Sobre Cultivos Andinos. Memorias. INIAP. Quito, Ecuador. pp. 20-24.
- Romero, A., A. Bacigalupo & R. Bressani. 1985. Efecto de la extrusión en las características funcionales y la calidad proteica de quinua. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 35.3:148-161.



- Rojas, W., M. Pinto y J.L. Soto. 2010. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. pp 11- 23.
- Rojas, W., M. Pinto, J.L. Soto y E. Alcocer. 2010a. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. pp 151- 164.
- Rojas, W., M. Pinto, A. Bonifacio y A. Gandarillas. 2010b. Banco de Germoplasma de Granos Andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, J.L. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. pp 24-38.
- Rojas, W., J. L. Soto, M. Pinto, M. Jager, and Padulosi. 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia, Roma.
- Rojas, W., M. Pinto y E. Mamani. 2009. Logro e impactos del Subsistema Granos Altoandinos, periodo 2003 – 2008. En Encuentro Nacional de Innovación Tecnológica, Agropecuaria y Forestal. INIAF. Cochabamba, 29 y 30 de junio de 2009. pp 58-65.
- Rojas, W., E. Mamani, M. Pinto, C. Alanoca y T. Ortuño. 2008. Identificación taxonómica de parientes silvestres de quinua del Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos. Revista de Agricultura – Año 60, Nro. 44. Cochabamba, Bolivia, Diciembre 2008. pp 56-65.
- Rojas, W. (ed.) 2008. Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Fase 2003-2008, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 49 p.
- Rojas, W., J. L. Soto, and E. Carrasco. 2004. ESTUDIO DE LOS IMPACTOS SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONOMICOS DE LA PROMOCION DE LA QUINUA EN BOLIVIA. Fundación PROINPA, La Paz.
- Rojas, W. 2003. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. Food Reviews International. Vol. 19 (1-2): 9-23.
- Rojas, W., M.R. Cayoja y G. Espindola. 2001. Catálogo de la colección de quinua conservado en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. La Paz, Bolivia. 128 p.
- Rojas, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis M.Sc., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia - Chile. 209 p.
- Rojas-Beltran, J., A. Bonifacio, G. Botani y J. Maugham. 2010. Obtención de nuevas variedades de quinua frente a los efectos del cambio climático. Informe Compendio 2007-2010. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 67-69.
- Ruales, J. y B.M. Nair. 1992. Effect of processing on the digestibility of protein and availability of starch in quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) seeds. Department of Applied Nutrition, University of Lund, Sweeden. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 23 p.



- Salcines Minaya, F. (2009). Cadena Agroalimentaria de la Quinua y la Maca Peruana y su comercialización en el mercado Español, tesis doctoral Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Saravia, R. y R. Quispe. 2005. Fascículo 4 – Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinua. In: PROINPA y FAUTAPO (eds). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinua: Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinua Orgánica. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. Octubre de 2005. pp 53-86.
- Scarpati de Briceño, Z. 1979. Aislamiento y caracterización de almidón de quinua (*Chenopodium quinoa*) y canihua (*Chenopodium pallidicaule*). Universidad Nacional Agraria, Lima Perú. Congreso Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos. p.30.
- Soria, M., M. Marcial y M. Peñalosa. 1990. Lavado de quinua, procesos y prototipos. Seminario taller sobre investigación en posproducción de quinua en Ecuador. INIAP, UTA, CIID. Quito, Ecuador. pp. 23-34.
- Spehar, R. C. and R. L. B. Santos. 2006. Agronomic performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under two moisture regimes in a brazilian savannah soil. *Bioscience Journal* 22.
- Spehar, C. R. and R. L. B. Santos. 2005. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40:609-612.
- Spehar, C. and P. Souza. 1993. Adaptacao da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Cetral: resultados preliminares.
- Suca Apaza, F. and C. A. Suca Apaza. 2008. Competitividad de la Quinua Una Aplicación del Modelo de Michael Porter. EUMED, Lima.
- Tapia, M. E., editor. 2000. CULTIVOS ANDINOS SUBEXPLOTADOS Y SU APOORTE A LA ALIMENTACION. Second edition. Oficina Regional de la FAO para America Latina y el Caribe, Santiago.
- Tapia, M. 1997. Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Tapia, E.M. 1992. Cultivos marginados de la región andina. In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 123-128.
- Tapia, M. 1990. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO, Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.
- Vásconez. Q. 2009. Análisis de la cadena agroproductiva de la quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd), en las provincias de Chimborazo e Imbabura. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Vera, A., M. Vargas y G. Delgado. 1997. Actividad biológica de las saponinas de la quinua *Chenopodium quinoa* W. En: IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos. (Resúmenes). Cusco, Perú. pp. 85.



Vidaurre, P.J., C. Alanoca, J. Flores, J.L. Soto, M. Pinto y W. Rojas. 2005. Participación y apoyo en ferias de biodiversidad. En: Rojas, W. (Ed.) Proyecto Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Final 2004-05. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp 140-147.

Wood, S., L. Lawson, D. Fairbanks, L. Robison & W. Andersen. 1993. Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*. United Nations University. 6(1) p. 41-44

Wilson, H.D. 1980. Artificial hybridization among species of *Chenopodium* section *Chenopodium*. *Systematic Botany* 5: 253-263.

Zavala, G. L. and M. G. Caputo. 1985. El Sur Andino Peruano y la coyuntura de sequía: 1982-1983. *Desastres naturales y sociedad en América Latina* 4:13.

www.fao.org/regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro10/cap05.htm

www.geocities.com/quinoa2002/saponina.html

www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/es/

www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/HLCdocs/HLC08-inf-6-S.pdf



Coordinación: Wilfredo Rojas, PROINPA

Equipo técnico: Gabriela Alandía
Jimena Irigoyen
Jorge Blajos

Revisión técnica : Tania Santivañez, FAO

Disclosure: Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su (s) autor (es), y pueden no reflejar necesariamente los puntos de vista de la FAO.

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen, no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la limitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.





Oficina Regional para
América Latina y el Caribe

