



**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL**
Subdivisión de Promoción de Inversión y Tecnología

**EL FUTURO DE LOS PRODUCTOS ANDINOS EN LA REGIÓN
ALTA Y LOS VALLES CENTRALES DE LOS ANDES**



INFORME

**GRANOS EN EL ÁREA ALTOANDINA DE
BOLIVIA, ECUADOR Y PERÚ**

Octubre 2006



Subdivisión de Promoción de Inversión y Tecnología
en cooperación con el Centro de Ciencia y Alta tecnología (ICS ONUDI)

Estudio de prospectiva para los productos del altiplano
y los valles centrales de los Andes

Octubre 2006

Consultor: Alejandro Bonifacio

Las denominaciones empleadas en este documento y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la Secretaría de la ONUDI. La mención de empresas en el presente documento no entraña juicio alguno sobre ellas ni sobre sus productos por parte de la ONUDI. La información contenida es responsabilidad exclusiva del autor.

Este documento no ha sido editado formalmente.

I. Cultivos andinos

A. La quinua

1. Importancia y características del cultivo
2. Requerimientos agro climáticas del cultivo
3. Zonas de producción de quinua
4. Aspectos técnicos del cultivo
5. Incidencia de plagas y enfermedades
6. Los productos y subproductos de la quinua
 - 6.1. Grano y derivados del grano
 - 6.2. La saponina y usos potenciales de la saponina
7. Valor nutritivo de la quinua
7. Producción y mercado local
8. Exportación de quinua
9. Certificación orgánica de quinua
10. Lista de empresas distribuidoras de quinua en el mercado externo
11. La cadena productiva de la quinua

II. Otros granos andinos

A. Cañahua

B. Amaranto

C. Consumo y comercialización de cañahua y amaranto

III. Innovación tecnológica

III. Análisis FODA

A. Quinua

B. Otros granos

IV. Sugerencias

Bibliografía

I. Cultivos andinos

En la zona andina los granos andinos son la quinua, cañahua, amaranto y tarwi. Estas especies han sido domesticadas por las culturas predecesoras como la Tiahuanacta e Incaica, por tanto su cultivo es de vigencia milenaria en la región.

El origen de los granos andinos debió estar localizado en uno o varios valles interandinos y el altiplano (León, 1964). El origen y la diversificación de los granos andinos se debieron a la variación genética, la variación ecológica y la participación del hombre. El proceso de domesticación que debió iniciarse hace unos 6000 años, evolucionó hacia el desarrollo de etapas de producción cada vez más laboriosas (Engel, 1982).

Actualmente, las especies cultivadas presentan una diversidad genética amplia y de la misma forma sus parientes silvestres que no siempre es fácil distinguir entre silvestres y domesticadas, existiendo además formas intermedias en proceso de domesticación..

Las principales especies alimenticias andinas que producen granos son la quinua (*Chenopodium quinoa*), Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*), amaranto o millmi o Jatako o alegría (*Amaranthus caudatus*), tarwi (*Lupinus mutabilis*) que es una leguminosa de grano.

Según Gandarillas (1979), la quinua se originó mediante el cruzamiento natural entre dos especies silvestres seguida por un proceso de poliploidización, en la que el hombre andino ha participado seleccionando las plantas de grano blanco y de tamaño grande en comparación a las silvestres que son de grano negro y pequeño.

La domesticación de la cañahua es más específica, teniendo origen en las tierras más elevadas y frías de los Andes (la Puna al sur del Perú y altiplano norte de Bolivia). Actualmente, la cañahua tiene adaptación a altitudes mayores que la quinua. Hay evidencias para afirmar que el origen de la cañahua ocurrió en forma independiente al de la quinua y que aún hoy continúa su domesticación (Tapia, 2000)

El amaranto es una especie que tiene su origen en los valles donde se cultiva con propósitos diversos como grano alimenticio, verdura y adorno u ofrenda a los dioses.

En el caso del tarwi (*Lupinus mutabilis*) existe un elevado número de especies afines a la especie cultivada. Su distribución se encuentra entre los valles interandinos y el altiplano. El tarwi tiene adaptación a zonas más benignas del altiplano, especialmente en las zonas circunlacustres de Perú y Bolivia y los valles interandinos del Ecuador.

La existencia en la región andina de numerosos valles ubicados sobre los 2000 m y muy cercanos a montañas, quebradas y altiplanos, permite no sólo la presencia de una alta diversidad de especies, sino que pudieron darse intensas actividades de intercambio entre estas áreas y lograr de esta manera diversos procesos de domesticación, lo que justifica la presencia de un elevado número de variedades de cada cultivo (Tapia, 2000).

La importancia social de los granos andinos radica en que en el altiplano se concentra la mayor población rural, donde los niveles de pobreza y desnutrición son los más altos.

Los granos andinos se cultivan principalmente en las zonas de pobreza, de agricultura en pequeña escala, donde se emplea la mano de obra familiar (padre, madre, hijos) y en suelos marginales. Estas características de producción constituyen el foco de las metas del milenio que acertadamente está enfocando los programas de las Naciones Unidas.

La importancia económica de estos granos radica en las oportunidades de mercado local y de exportación. Con la participación de la agro industria, las opciones económicas se acrecientan considerablemente.

A. La quinua

1. Importancia y características del cultivo

Durante las civilizaciones Tiahuanacta e Incaica la quinua tenía importancia en la alimentación y como producto de intercambio con productos producidos fuera de la zona altiplánica. En la colonia la quinua fue relegada a un segundo plano, considerado como un cultivo y alimento de las clases pobres e indígenas, situación que continuó en el periodo de la república. Sin embargo, con el redescubrimiento de sus propiedades nutritivas sobresalientes, la quinua ha recobrado su importancia convirtiéndose en producto de exportación.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es una especie que se cultiva principalmente para la producción de grano que se consume en forma similares al arroz o transformado en harinas en forma similar al trigo. Si bien el grano es el principal producto de la quinua, las hojas e inflorescencias tiernas también se consumen frescas o cocidas en formas similares a la espinaca o brócoli. Esto demuestra que los pobladores nativos han desarrollado métodos para aprovechar la quinua en forma diversa y múltiple.

La producción de quinua es vital para seguridad alimentaria y la economía de las comunidades campesinas del Altiplano peruano-boliviano como también en los valles interandinos de Ecuador y Colombia.

La quinua presenta variación en las características de grano, pudiendo encontrar grano de tamaño grande, mediano y pequeño. Por otra parte, la mayoría de los ecotipos presentan granos con presencia de saponina que se conoce como quinua amarga y otros ecotipos y variedades no presentan saponina lo que se conoce como quinua dulce. Entre estos dos extremos, existe una variación atribuible a mezclas mecánicas o debido a cruzamiento entre variedades amargas y dulces.

La saponina le da el sabor amargo al grano quinua. Este compuesto se concentra en la parte externa del grano o más propiamente en el pericarpio. Previo al consumo, la saponina debe ser removida mediante métodos apropiados.

La quinua es una planta anual que puede alcanzar entre 1 m a 3,5 m de altura, según los ecotipos, las razas y las zonas de cultivo (Gandarillas, 1982).

La raíz de la quinua puede tener una profundidad de 0,50 a 2,80 m dependiendo de la raza, el ecotipo, el tipo de suelo. En general la raíz es fuerte como para soportar el peso de la planta.

El tallo de la planta es de sección circular en el cuello de la planta y después es circular en la parte media con la corteza endurecida y la médula suave en plantas verdes y es esponjosa cuando maduran. El tallo puede ser simple (ecotipos del altiplano) o ramificado (ecotipos del valle) que frecuentemente es influido por la densidad de siembra y la fertilidad del suelo. Los hábitos de crecimiento ramificado o simple influyen en los métodos de cosecha.

Las hojas son polimorfas en la misma planta; las de la base son romboides, triangulares las de la parte media y las hojas superiores son lanceoladas. La lámina de las hojas tiernas está cubierta por vesículas de oxalato de calcio que son giroscópicas. Los bordes de las hojas son dentadas y este carácter es empleada para la clasificación en razas (Gandarillas, 1982).

La inflorescencia de la quinua es una panícula y puede ser de tipo amarantiforme, glomerulada e intermedia. La inflorescencia glomerulada es la forma silvestre y la glomerulada la mutante. El tamaño de la inflorescencia esta asociada con el rendimiento del grano.

En una misma inflorescencia se pueden encontrar flores hermafroditas y femeninas o postiladas. Las flores hermafroditas son las que predominan, aunque es posible encontrar plantas andro estériles que son funcionalmente femeninas. La forma de fecundación de la quinua es autogama con polinización cruzada frecuente.

El grano de quinua es un fruto del tipo aquenio cubierto por el perigonio con una sola semilla. El perigonio se desprende con facilidad al frotarlo cuando esta seco. La semilla esta cubierta por capas de células conocidas como pericarpio y el epispermo, este último a su vez cubre el perisperma almidonoso. El embrión rodea al perisperma en forma de anillo

En la diversidad genética de la quinua, particularmente en lo que corresponde al grano, se puede distinguir quinua marga y quinua dulce debido a la presencia o ausencia de un compuesto denominado saponina.

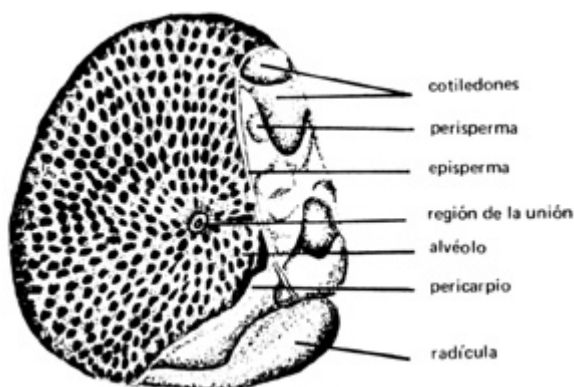


Figura 1. Estructura anatómica del grano de quinua (Gandarillas, 1982)

En las variedades amargas, la saponina se localiza en el pericarpio y cuyo contenido varía según la variedad y el tratamiento dado en la trilla. En las variedades dulces, la presencia de saponina es nula. La presencia o ausencia de saponina está determinado por un simple gen, siendo dominante la presencia y recesiva la ausencia de saponina. Aunque algunos autores sugieren que la herencia de la presencia de saponina es poligénica en razón de una variación gradual en el contenido de saponina observada en las variedades de quinua amarga. Sin embargo, la variación gradual puede ser atribuible a mezclas mecánicas o grados de pulimento ocurrido durante la trilla o por la intemperización del grano antes de la cosecha.

La distribución de quinuas amargas es amplia, se encuentra en distintas zonas agroecológicas del altiplano y valles interandinos, pero, las quinuas dulces están concentradas a orillas del lago Titicaca, muy poco en los valles y ausente en el altiplano Sur de Bolivia.

2. Requerimientos agroclimáticos del cultivo

La quinua se encuentra adaptada a las condiciones climáticas y suelos del altiplano y valles interandinos. La domesticación en ambientes poco favorables para otros cultivos, hace de esta especie casi exclusiva de las partes altas de los Andes.

Gonzales *et al.* (1994) y Vacher *et al.* (1994), al estudiar las quinuas del altiplano sostienen que la quinua presenta características fisiológicas que les confiere tolerancia a la sequía, aunque las quinuas de valle son relativamente diferentes en cuanto a requerimientos hídricos.

Gandarillas (1968), agrupa a la quinua en razas, designando 18 razas según las zonas de producción y rasgos morfológicos. Por su parte Tapia (2000), ha agrupado a la quinua según la zona agroecológica donde se cultiva, designándolos como quinua del altiplano, del valle, de los salares, quinua de la costa y de los Yungas.

Las quinuas del grupo de la Raza Real o quinua de los salares que se cultiva en el altiplano Sur de Bolivia están adaptadas a condiciones xerófitas extremas y no ocurre así con las quinuas de valle que tienen mayores requerimientos de agua. Las quinuas de la costa están más adaptadas a climas húmedos y con temperaturas más regulares. Las quinuas de los Yungas que es un grupo muy reducido se han adaptado a las condiciones más húmedas y calurosas a alturas entre los 1500 y 2000 msnm (Tapia, 2000). Las condiciones de precipitación y temperatura requeridos para la quinua se presenta el Cuadro 1

Cuadro 1. Requerimientos de humedad y temperatura, según los grupos agro ecológicos de quinua

Grupo agro ecológico	Precipitación (mm)	Min.	Precipitación Max. (mm)	Temperatura mínima (°C)
Valle	700		1 500	3
Altiplano	400		800	0
Salares	250		400	-1
Nivel del mar	800		1500	5
Yungas	1 000		2000	7

Fuente: Tapia 2001

En cuanto al requerimiento de suelos, la quinua prefiere suelos francos a franco-arenosos, profundos a semi profundos, con buen drenaje y buen contenido de materia orgánica (Tapia, 2000). La quinua no soporta el anegamiento, en cuestión de 48 o mas horas se produce la asfixia de raíces y la marchites de la planta, razón por la cual un buen drenaje del suelo es importante para el cultivo de la quinua.

La quinua prospera mejor en suelos con pH cercano al neutro o ligeramente alcalina. La respuesta de la quinua al nitrógeno es muy efectiva (niveles de 80-0-0, 80-80-0), sin embargo, los productores no fertilizan la quinua, puesto que la quinua le sigue a la papa en rotación y la fuente de nutrientes para la quinua proviene de los nutrientes aplicados al cultivo de la papa. Sin embargo, la rotación solo es posible en zonas con diversidad de cultivos. En el altiplano Sur, la quinua es el único cultivo, por lo que no hay rotación alguno, sino años de descanso del suelo.

3. Zonas de producción de quinua

La quinua se cultiva ampliamente en la región andina, extendiéndose desde Colombia hasta el norte de la Argentina ocupando los zonas altas y valles interandinos, pero también se cultiva a nivel del mar en Chile (Tapia, 2001).

La diversidad genética de la quinua conduce a una adaptación en las diferentes microzonas del altiplano. La quinua Real muy conocida y preferida en el mercado nacional y de exportación se cultiva en la zona Sur del altiplano de Bolivia que es seca y árida donde solo la quinua puede ser cultivada. En esta zona, existen unos 20 ecotipos que se cultivan para fines de exportación. Otro grupo de ecotipos y variedades se cultiva en las zonas circundantes al lago Titicaca (Perú y Bolivia) donde tradicionalmente se cultiva la quinua dulce y amarga que presenta el grano mediano a pequeño que no es la más preferida en el mercado. Otra zona de cultivo constituye la sierra del Ecuador y valles interandinos de Bolivia y Perú donde se cultiva un grupo de ecotipos y variedades caracterizados por el ciclo largo y tamaño de grano mediano y pequeño.

Bolivia y Perú poseen un gran potencial agro ecológico y tecnológico, principalmente en manos de pequeños agricultores con una cultura agrícola milenaria en la producción y consumo de quinua. Los sistemas de producción tradicional se han adaptado durante miles de años a las condiciones específicas de los ecosistemas que actualmente son valoradas por la utilización racional, eficiente y diversificada en armonía con el ecosistema y adaptados para soportar las inclemencias climáticas y factores adversos de suelo. La producción tradicional de quinua es compatible con la producción orgánica.

Por tanto, los ecosistemas andinos permiten obtener alimentos sanos y nutritivos.

El altiplano Perú-Boliviano es la mayor zona de producción de quinua, sin embargo, los valles interandinos de Perú, Bolivia y Ecuador son también zonas de producción importantes.

En Bolivia, las zonas de producción de quinua han sido divididas en altiplano Sur, Altiplano Central, altiplano Norte y los valles, donde unos 75000 pequeños productores se dedican al cultivo de la quinua.

El Altiplano Sur es la zona mas seca y más fría en relación a otras zonas, la precipitación pluvial oscila entre 60 y 200 mm por año y el periodo de lluvias comprende desde 25 de diciembre hasta 15 de febrero. Allí la producción de quinua es la única que genera ingresos y proporciona seguridad alimentaria a la población de escasos recursos. No hay otros cultivo que pueda participar en la rotación, siendo el monocultivo de quinua el que predomina. Las variedades que se cultivan se conocen como Quinua Real. La raza Real esta integrada por una veintena de ecotipos que se caracterizan por el grano grande y amargo. En esta zona el problema de plagas esta dado por el ataque de insectos y roedores.

El altiplano Central es mucho más benigno que el altiplano Sur, la precipitación anual es alrededor de 400 mm con suelos relativamente fértiles donde la quinua rota después de la papa. Las variedades que se cultivan en estas zonas son las de grano amargo y dulce, todas las nativas del altiplano central son de grano mediano a pequeño. Sin embargo, las mejoradas son de grano grande similares a la quinua Real. Los principales problemas fitosanitarios se traducen en el ataque de plagas (insectos, roedores) y enfermedades (mildiu de la quinua).

El altiplano Norte es la zona circunlacustre donde las condiciones de clima y suelo son más favorables. En esta zona se cultiva una diversidad de especies y la quinua entra en rotación después de la papa y otros tubérculos o leguminosas. Las variedades nativas que predominan son las dulces aunque también se tiene variedades de grano amargo, pero pureza de ambos materiales es baja, pudiendo encontrarse mezclas en color de planta, color de grano, tipo de grano, etc. Las principales enfermedades son el mildiu (*Peronospora farinosa*) y la mancha marrón (*Pseudomonas* sp.). Las variedades mejoradas y adaptadas a esta zona son de grano grande y tienen resistencia genética contra la enfermedad del mildiu.

Cuadro 2. Superficie, producción y autoconsumo de la quinua (Bolivia)

Variables	Altiplano Sur	Altiplano Central	Altiplano Norte	Valles
Superficie (ha)	10,712	9,968	14,890	295
Producción (Tn)	6,709	6,160	8,817	163
Autoconsumo (Tn)	2,683	5,236	6,172	140

Fuente: Extractado de CLACDS- INCAE, 2001

En el Perú, la principal zona de producción de quinua constituye el altiplano de Puno (25100 ha) que concentra el 80% de la producción, Ayacucho (1690 ha), Cusco (511 ha) y Apurímac (101 ha), con un total de 27450 hectáreas, aunque n hay reportes de su cultivo en Junín.

Las variedades de quinua cultivadas en el Perú generalmente son de grano pequeño a mediano, pudiendo encontrarse variedades o ecotipos de de grano amargo o dulce.

En Ecuador, la quinua se produce en las parte altas y valles inter andinos. Las provincias productoras de importancia son Imbabura, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Caniar.

Las variedades ecuatorianas se caracterizan por el ciclo largo y el grano de tamaño mediano a pequeño. Existen variedades amargas y dulces.

4. Aspectos técnicos del cultivo

La quinua es un cultivo a secano, es decir, se cultiva con la precipitación pluvial de la época. La humedad del suelo es de suma importancia en el momento de la siembra ya que se trata de semilla pequeña y requiere de buenas condiciones de suelo para emerger. La época de siembra coincide con la época más seca, por lo que se debe adoptar métodos de siembra eficientes para preparar el suelo y asegurar el establecimiento del cultivo.

La preparación de suelo debe incluir criterios orientados a la conservación de la humedad, esto implica preparar a finales del periodo lluvioso y permitir que el suelo reciba la humedad de la lluvia y pueda ser conservada hasta la época de siembra.

En el altiplano Peruano Boliviano, la siembra se realiza con las primeras lluvias en los meses de septiembre y octubre. Las escasas lluvias permiten proporcionar humedad y que junto a la humedad almacenada en el suelo facilitan la siembra de la quinua.

En el altiplano Sur de Bolivia, la siembra es completamente particular y especializado, allí la siembra se efectúa en el mes de septiembre generalmente sin que ocurra lluvia alguno. La siembra es posible mediante el retiro de la tierra seca hasta encontrar suelo húmedo y depositar la semilla removiendo dicho suelo húmedo y cubriendo con tierra seca de espesor variable entre 10 y 15 cm.

Una vez emergida y enraizada la quinua puede soportar factores adversos como la sequía y heladas.

La densidad de siembra varía según la zona de producción y las técnicas empleadas para la siembra. En el altiplano Boliviano la siembra se realiza empleando la densidad de 7 y 8 kg/ha, en cambio en el altiplano peruano la densidad es de 4 a 6 kg/ha. En condiciones de valle y suelos fértiles, la densidad puede ser mucho más alta.

La quinua se cosecha cuando las plantas llegan a la madurez fisiológica que se distingue por el cambio de color de verde amarillo y el grano ofrece resistencia al ser presionado con las uñas. La quinua alcanza la madurez según el grado de precocidad de las variedades. Generalmente su ciclo varia entre 5 y 8 meses (Tapia, 2000), aunque existen variedades que maduran en 4 meses y medio como también en 200 días.

La cosecha de la quinua se realiza mediante métodos tradicionales y mejorados. El método tradicional es el arrancado desde la raíz y junto a la raíz se acarrea piedrecillas

que contaminan posteriormente el grano. El corte con hoz o con segadora evita la contaminación del grano con piedrecillas y con arena.

El material cosechado se somete a secado en montones pequeños y para completar el secado se procede a formar parvas o arcos o gavillas según la zona.

La trilla tradicional consiste en golpear con un palo las panojas sobre una superficie de suelo compactada. La trilla sobre lonas o mantas permite obtener un producto de mayor pureza. La trilla mecanizada con equipos previamente adaptados, ha dado resultados satisfactorios. La trilla mecanizada consiste en el empleo de trilladoras estacionarias o trilladoras combinadas.

La separación del grano de los restos de tallos, hojas y perigonios se realiza mediante el venteo. El venteo tradicional consiste en aprovechar la fuerza del viento y haciendo caer un choro de grano trillado desde una altura variable (1 a 1.2 m). Últimamente se emplea venteadoras manuales o a motor con buenos resultados.

El almacenamiento de la quinua debe ser adecuado, puesto que los roedores prefieren el grano de quinua. Un almacén debe ser seco, frío y ventilado. Una forma de evitar el ataque de ratones es el empleo de cilindros metálicos con tapa o silos.

Rendimiento de la quinua es variable dependiendo de la variedad, la zona de cultivo, la época de siembra, fertilidad del suelo, las labores de cultivo practicados, etc. El rendimiento en grano para el altiplano de Bolivia es de 800 a 1000 kg/ha, pudiendo ser de 600 kg/ha en suelos pobres y 1300 kg/ha en suelos fértiles. Los rendimientos en Perú son mucho mayores en razón de las mejores condiciones relativas del suelo y humedad, registrándose promedio de 1500 kg/ha a nivel comercial (Tapia, 2000).

La aplicación de fertilizantes puede elevar los rendimientos hasta los 3000 kg/ha o mucho mayores, de la misma forma. El contenido de proteínas varía según la variedad y el nivel de fertilidad del suelo, por lo que esta clara la influencia de la fertilidad del suelo sobre el contenido de proteína principalmente.

El rendimiento de los subproductos de trilla y venteo (broza y jipi) oscila alrededor de 5000 kg/ha, lo cual es constituye una buena cantidad de material forrajero.

5. Incidencia de plagas y enfermedades

En el sistema tradicional de cultivo, es decir cultivos diversificados y en menor superficie, no existen problemas fitosanitarios. En cultivos extensivos y puros junto a las condiciones de sequía y calor se presentan plagas, en cambio en condiciones de alta humedad relativa se presentan enfermedades que afectan negativamente a la quinua.

Las plagas de la quinua son del tipo de cortadores, minadores o destructores de grano y masticadores de hojas. Los gusanos cortadores son conocidos como ticonas o ticuchis que pertenecen al compelo de especies integradas por *Feltia experta*, *Spodoptera sp.* *Copitarsa turbata*, *Agrotis ipsilon*, *Heliotis titicaquensis*. Los gusanos minadores y destructores de grano esta integrada por una sola especie de polilla *Eurysacca melanocampa*, aunque otros autores lo clasifican como *Eurysacca quinoae*. Los

insectos masticadores de hoja son el karwa o allpacho o padre kuro *Epicauta latitarsis* y la pulguilla *Epitrix subcrinita*.(Ortiz y Zanabria, 1979)

La presencia de estas plagas es más acentuada en el altiplano Sur de Bolivia, donde el control de estas se complica en razón de que la producción es casi enteramente para exportación y por tanto debe ser orgánico.

Ante la necesidad del control de plagas en la producción orgánica, se ha desarrollado estrategias que incluyen el uso de trampas (luz y feromonas), insecticidas orgánicos, extractos naturales, insecticidas biológicos aceptados en la certificación orgánica.

Otras plagas son las aves que atacan en diferentes estados de desarrollo de la planta. Los pájaros ocasionan daños durante la emergencia de plántulas o fase cotiledonal y durante la madurez (grano lechoso a masoso). El ataque de pájaros (palomas, tortolas, gorriones) en fase de madurez es más intensa sobre las variedades dulces.

Los roedores que más atacan son los ratones quienes inciden durante la etapa de emergencia de plántulas. Las liebres que resulta una plaga introducida, atacan en toda la fase vegetativa.

Los métodos de control de plagas existentes son las tradicionales basados en el saber local, siendo muy poca las alternativas de control efectivas y prácticas. Falta mucho por investigar sobre los métodos control orgánico de plagas en la quinua.

Según Ortiz y Zanabria (1979), entre las enfermedades que afectan a la quinua se destaca el mildiu de la quinua provocada por el hongo *Peronospora farinosa*. Esta enfermedad se presenta en condiciones de mayor humedad relativa del ambiente, es así que es endémica en las zonas circundantes al lago Titicaca y los valles. La enfermedad del mildiu no es frecuente en el altiplano Sur de Bolivia. El control de esta enfermedad es posible mediante el uso de variedades resistentes y la aplicación de medidas agronómicas y sanidad de semilla.

Las enfermedades menos frecuentes son la mancha foliar (*Ascochyta hyalospora*), podredumbre del tallo (*Phoma exigua*), mancha ojival del tallo (*Phoma sp.*) y mancha bacteriana.

6. Los productos y subproductos de la quinua

6.1. Grano y derivados del grano

El principal producto de la quinua es el grano de quinua, que tiene una serie de usos tradicionales, pero con la participación de la agro industria y combinación del arte culinario tradicional y moderna, los usos de la quinua son diversos. Además del grano, de la quinua se aprovecha las hojas e inflorescencias tiernas en la alimentación humana.

Los principales productos de la quinua son: quinua perlada, quinua graneada, hojuela de quinua, quinua expandida, harina, pastas o fideos, extrudidos, almidón de quinua y otros. Los productos transformados se emplean en repostería, tales como en galletas, queques, panqueques, refrescos, jugos, quinua instantánea (grano y hojuela), etc.

Los otros usos de la quinua se concentran en la alimentación animal. Los subproductos de cosecha, trilla y beneficiado de la quinua son empleados en la alimentación de animales domésticos, especialmente los camélidos, ovinos y cerdos. Considerando la escasez de material forrajero en las zonas altas, secas y frías, los subproductos de la quinua complementan la producción pecuaria proporcionando forraje localmente producido.

En suma, la quinua es un cultivo multipropósito, aunque los usos distintos al grano frecuentemente no son apreciados.

A continuación se presenta los productos y derivados de la quinua (Mujica, *et al.* (2006):

Quinua perlada

La quinua perlada es el grano seleccionado y desaponificado. La quinua perlada se obtiene mediante procesos distintos que pueden ser mecánicos, físicos y manuales.

La desaponificación por vía seca consiste en el escarificado del grano haciendo pasar por una maquina pulidora, mediante el cual se elimina o se reduce el contenido de saponina (0.04 a 0.25%). El desaponificado por vía seca es un sistema económico pero tiene la desventaja de que en el intento de eliminar la saponina se pierde parte del embrión, lo cual significa la reducción del contenido de proteína.

La desaponificación combinado consiste en hacer pasar la quinua por una pulidora en el que se elimina la mayor parte de la saponina y las impurezas, luego se lava con agua para completar el proceso de remoción de la saponina (0.06 a 0.12%).

Una vez desaponificada, la quinua se somete al secado, este proceso debe ser rápido para evitar la germinación. Los métodos de secado emplean diferentes fuentes de calor y ventilación.

Quinua graneada

La quinua graneada es el resultado de la desaponificación empleando el calor, luego pasando por un pulido, el lavado y el secado. El proceso implica el pre tostado del grano hasta el punto en que el pericarpio se desprende ligeramente del epispermo, luego se somete a un pulido mediante pisoteo, para luego ventear para separar las partes finas y finalmente lavar el grano para completar el proceso. La quinua así procesada se puede cocinar de inmediato o hacer secar para luego guardar como el arroz.

La quinua graneada se emplea casi exclusivamente para preparar platos similares al arroz graneado y forma parte del plato fuerte en las comidas.

Hojuela de quinua

La hojuela de quinua es la quinua perlada que ha pasado por un proceso de laminado o compresión. El espesor de la hojuela varía entre 0.1 y 0.5 mm. El procesamiento de la hojuela es similar al de la avena (Quaker). El producto se obtiene sometiendo el grano a la presión entre dos rodillos que giran en sentido contrario uno al otro y toma la forma de láminas circulares de color blanquecino.

La ventaja de la hojuela es su amplio uso que va desde las sopas, jugos, refrescos y repostería en general. La preparación de alimentos a base de hojuela de quinua tiene la ventaja de la rápida cocción.

Expandidos de quinua o pop quinua

Los expandidos de quinua se obtienen después de que el grano perlado ha pasado por un proceso de expansión. La expansión se consigue mediante el paso brusco de temperatura y presión. La expansión ocurre cuando la humedad residual del grano se calienta a alta presión por la que ocurre la vaporización explosiva del agua al interior de material alimenticio.

El proceso de expansión tradicional es la elaboración de tostado o “pisankalla” de quinua empleando variedades de usos específico para este propósito. Una de ellas la variedad “pisankalla” que es de grano café especial para pop de quinua. En la expansión mediante el uso del cañón tostador alcanza altas presiones y temperaturas y la descompresión y cambio brusco de temperatura provoca la expansión sin importar el tipo de grano o variedad.

Harina

La harina de quinua se obtiene de la molienda de la quinua desaponificada y secada, adquiriendo la forma de harina integral que luego de un proceso de tamizado en mallas apropiadas se obtiene un producto de características granulométricas similares a la harina industrial. El porcentaje de extracción de harina de quinua varía entre 75 y 85%

La harina de quinua puede ser utilizada en mezclas con harina de trigo en razón de que la harina de quinua no tiene propiedades para formar una buena masa por carecer de glutelinas. En las mezclas para panificación se puede adicionar 10, 15, 20 y 40%, en la elaboración de pastas hasta un 40%, en bizcochos hasta 60% y en galletas hasta 70%.

Pastas y fideos

Los fideos o pastas son el resultado del amasado de harina de trigo duro (70 partes) y agua (30 partes) y moldeado sin previa fermentación. Las pastas poseen formas diversas tales como redondeadas, tubulares, planas, etc.

La elaboración de fideos con quinua comprende cuatro etapas que son mezclados, amasado, moldeado, secado y envasado.

Almidones

Los almidones son polisacáridos vegetales que se encuentran principalmente en granos de cereales y en los tubérculos. Los almidones son fuente de calorías en la alimentación humana y debido a sus propiedades físico-químicas se emplea como agente espesante, estabilizante, ligante y de relleno. El contenido de almidón en la quinua varía entre 58 y 68% dependiendo de la variedad y el método de determinación.

Extruidos

Los extruidos de quinua se obtienen mediante un proceso de cocción a alta temperatura y corto tiempo utilizado como medio para reestructurar el material alimenticio que contiene almidón y proteínas y de esta forma obtener alimentos texturizados.

La quinua se puede extruir sola o combinada en mezclas. El proceso de extrusión combinada abarca los siguientes pasos: formulación de mezclas, premezclado y acondicionamiento, cocción, extrusión, producto final y embolsado.

Otros productos derivados del grano

Entre la serie de productos elaborado de quinua o que incluyen la quinua como componente son los siguientes: leche de quinua, malteado de quinua, néctar de quinua, germinado de quinua, etc.

6.2. La saponina y usos potenciales de la saponina

La saponina se encuentra en el pericarpio del grano de quinua y es responsable del sabor amargo e indeseable al gusto en las variedades amargas. La presencia de saponina limita el consumo porque requiere de un proceso previo de beneficiado antes del consumo. La saponina de la quinua es un glucósido triperpenoidal y tiene efectos alomonicos contra especies fitofagas. En humanos, la saponina es toxica, altera la permeabilidad de la pared celular de los eritrocitos produciendo hemólisis y afecta el nivel de colesterol en el hígado y sangre.

La saponina de la quinua tiene propiedades detergentes, espumantes y características acidas. A nivel tradicional, la saponina se emplea para lavar prendas de vestir hechas de fibra de camélido especialmente y también para lavar el cabello. Por sus propiedades espumantes se emplea en la elaboración de cerveza, compuestos para extintores, cosmética (shampoo) y farmacéutica.

A pesar de conocerse los usos de la saponina, actualmente no hay información disponible sobre los métodos de aislamiento o concentración de saponina y su aprovechamiento, es decir, no se ha concretado nada respecto a la utilización de las saponinas como producto secundario (subproducto)

7. Valor nutritivo de la quinua

La quinua ha adquirido importancia internacional por ser rico en proteínas y llevar en su composición todos los aminoácidos esenciales para la nutrición del ser humano, además posee vitaminas (B1, B2, B3 y C) y minerales (calcio y hierro).

El contenido de proteínas varía entre 12 y 16%, aunque hay reportes de valores cercanos al 20%.

Cuadro 3. Composición de algunos granos andinos, en comparación con el trigo (g/100g)

Composición	Quinoa (a)	Qañiwa (a)	Amaranto	Trigo
Proteínas	11,7	14,0	12,9	8,6
Grasas	6,3	4,3	7,2	1,5
Carbohidratos	68,0	64,0	65,1	73,7
Fibra	5,2	9,8	6,7	3,0
Ceniza	2,8	5,4	2,5	1,7
Humedad %	11,2	12,2	12,3	14,5

Fuente: Tapia, 2000

En el Cuadro 3 se ve que el contenido de proteína en la quinua es de 11.6%, lo cual es menor a los reportados por otros autores. Sin embargo, los datos obtenidos no especifican el tipo de material empleado para los análisis, probablemente se trate de quinua desaponificada por vía seca que pudo haber provocado pérdidas parciales del embrión y consecuentemente la reducción del contenido de proteínas. Otro aspecto que pudo haber influido es las condiciones de fertilidad del suelo donde se ha cultivado la quinua.

Por otra parte, los valores extremos en el contenido de proteínas de la quinua en amplia, lo cual puede atribuirse a efectos varietales, a factores ambientales donde se ha producido la quinua o a procesos mecánicos de trilla y desaponificado.

Cuadro 4. Valores máximos y mínimos de compuestos del gran de quinua (g/100g)

Compuesto	Rango Mínimo-Máximo	Variación
Proteínas	11.0 - 21.3	10.3
Grasas	5.3 - 8.4	3.1
Carbohidratos	53.5 - 74.3	20.8
Fibra	2.1 - 4.9	2.8
Ceniza	3.0 - 3.6	0.6
Humedad	9.4 - 13.4	4.0

Fuente: Extractado de Tapia, 2000 con datos de Junge, 1975

Las proteínas de los granos andinos difieren de la contenida en los cereales no sólo en cantidad, sino también en calidad representada por la presencia balanceada de aminoácidos esenciales.

El contenido de los principales aminoácidos limitantes es claramente mayor en la quinua frente al del trigo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Contenido de lisina, metionina, treonina y triptófano en granos andinos y en trigo (mg de aminoácidos/g de proteínas)

Aminoácidos	Quinoa (a)	Qañiwa (a)	Amaranto (a)	Trigo (b)
Lisina	68	59	67	29
Metionina	21	16	23	15
Treonina	45	47	51	29
Triptófano	13	8	11	11

Fuente: Tapia, 2000.

7. Producción y mercado local

En los últimos años, se ha incrementado la superficie de cultivo. En el caso de Bolivia, la superficie sembrada ha alcanzado 35 mil hectáreas cultivadas por unas 70 a 75 mil familias de pequeños productores asentadas principalmente en el altiplano, siendo la producción total aproximada de 24700 toneladas por año.

Según CLACDS-INCAE (2001), 55000 unidades familiares se dedican a la producción de quinua para el autoconsumo, 13000 producen para el autoconsumo y el mercado y 2000 producen exclusivamente para el mercado. De lo anterior se deduce que 15000 familias pobres dependen de la quinua para la generación de ingresos y asegurar su alimentación. En las zonas del altiplano Sur, la quinua contribuye entre 55 y 80% de los ingresos y en otras zonas contribuye con 35 a 50% de los ingresos. La exportación de quinua genera 2.7 millones de dólares en ventas registradas y 2.4 millones en ventas como contrabando, siendo 2.35 millones la participación del PIB agrícola (CLACDS-INCAE, 2001)

Genéricamente la producción de quinua se clasifica en dos grupos, un grupo de quinua de grano grande y amarga se conoce como quinua Real y otro grupo de quinua de grano pequeño se conoce como quinua dulce, aunque no necesariamente el segundo grupo esta integrado por quinua sin saponina en su totalidad.

Los principales mercados de la quinua en Bolivia son Challapata, Oruro, La Paz – El Alto, Desaguadero y Cochabamba. Challapata se constituye en el principal centro de acopio y limpieza de la quinua Real, Oruro como centro de acopio y beneficiado de la quinua Real y Dulce. Las ciudades de La Paz y El Alto como centro de acopio, beneficiado y transformación de la quinua Real y Dulce. El Desaguadero se constituye en el principal centro de acopio y exportación legal y de contrabando al Perú tanto de quinua Real como de Quinoa Dulce. La ciudad de Cochabamba se constituye en centro de transformación de la quinua Real y Dulce

Los mayores mercados de la quinua en el Perú son Juliaca, Puno y Lima. Siendo la mayor parte del producto comercializado del tipo convencional. La quinua orgánica es producida, acopiada y comercializada por los productores asociados o por empresas bajo acuerdos con productores.

Para 2001, la quinua Real ha sido sembrada en una Superficie: 4359 hectáreas con una producción de 4072 Tn. En cambio la quinua dulce fue sembrada en una superficie de 5887 hectáreas con una producción de 3546 Tn.

El destino de la producción de quinua Real al mercado internacional oficial fue de 1234 Tn en 2001 y para la quinua dulce 800 Tn. En cambio el contrabando de quinua Real es 2000 Tn el contrabando de quinua dulce 300 Tn; en tanto que el mercado domestico ha absorbido 834 Tn de quinua Real y 2446 Tn de quinua dulce (CLADS-INCAE, 2001). Estos datos reflejan la importancia comercial de la quinua en Bolivia, siendo la quinua Real la preferida para el mercado de exportación y la quinua dulce para el mercado local.

La agroindustria de la quinua presenta escasa participación en la producción nacional. Para el año 2001, la producción de quinua alcanza a 2.2% del PIB agrícola de Bolivia, sin embargo, la producción de quinua tiene trascendencia social y económica porque los productores son pequeños, pobres y trabajan frente a riesgos de inseguridad de cosecha.

Bolivia es el mayor productor de quinua con un 46% de la producción mundial, seguido por Perú con un 42% y Estados Unidos con 6,3%. Según la Corporación Andina de Fomento (CLACDS-INCA, 2001), la producción nacional de quinua en los años 70 era de aproximadamente 9000 tm/año en una superficie de aproximadamente 12.000 ha cultivadas. En los últimos años se ha incrementado a un promedio de 22000 Tn/año, producidas en una extensión de cerca de 36000 hectáreas.

En la producción mundial, Bolivia produce el 45.6% y Perú el 42.2% y el restante de los países producen 12.3% en total.

Los rendimientos promedio por unidad de superficie varían de zona a zona o de país a país. En Bolivia el rendimiento promedio es de 0.6 a 0.8 Tn/ha, mientras que en Perú y Ecuador los rendimientos promedio son de 1.0 a 1.3 Tn/ha.

La producción de Bolivia oscila alrededor de 22000 toneladas al año, aunque hay datos de mayor producción en años excepcionales. Pero de esta producción, solo el 15% es legalmente exportado, el resto se destina al consumo local y al contrabando.

8. Exportación de quinua

La exportación de quinua en Bolivia se inició en la década del 80 principalmente a Estados Unidos, posteriormente se amplía a Alemania, Francia, Holanda y Japón.

Cuadro 6. Relación de países productores y exportadores de quinua en el mundo

País o Región	Número de Agricultores	Producción Tn	Exportación Tn
Bolivia	70000	21900	3500
Perú	60000	20250	1800
Ecuador	2500	1200	270
Estados Unidos		3045	
Canadá		1380	
Europa		210	

Fuente: Elaborado con datos de CLADS-INCAE, 2001

El precio de exportación promedio por tonelada de quinua orgánica ha registrado un aumento gradual. Por ejemplo, en 1990 el precio de exportación por tonelada fue de 882 dólares y en 1993 ascendió a 1300 dólares, aunque hay información de 1500 dólares FOB para la quinua Real. En general, el precio promedio es de 1000 dólares. El precio exportación de la quinua convencional es de 530 por tonelada.

Los principales exportadores de quinua en Bolivia son ANAPQUI, CECAOT, Jatary, Quinua-bol, Quinua Foods, Andean Valley, Saite, Sánchez Corrales Félix y Coronilla. Otras empresas pequeñas venden su producción a Perú.

En Ecuador los productores son ERPE (Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador), INAGROFA, asociación Jambi Kiwa, Marianexa. Las comercializadoras y exportadoras son INCAFOOD, Asociación Jambi Kiwa, ONGs (UCDEP, CEDIN, CEDERENA, FEPP)

Las empresas distribuidoras de quinua en Europa son PRIMEAL, MARKAL, GEPA, CELNAT, CORREFOUR y otros, mientras que en Estados Unidos Quinoa Corporation es la principal empresa distribuidora y últimamente Natural Foods.

Según Laguna (2006), el desarrollo de la producción ecológica en Bolivia ha sido liderado por las Organizaciones de Productores Ecológicos que toman como base el rescate y revalorización de los sistemas de producción tradicional de las culturas andinas. En 1970-80, los productores se organizan en asociaciones, cooperativas, y empresas campesinas con la finalidad de la comercialización directa de sus productos. En 1988 a 1990, se inicia la exportación de la quinua dirigido a mercados ecológicos y solidarios (Fair Trade). En 1991, las organizaciones de productores conforman la Asociación de Organizaciones de Productores Ecológicos de Bolivia (AOPEB), desde entonces la AOPEB lidera y promueve la producción ecológica en Bolivia. AOPEB agrupa a más de 50 organizaciones que representan a 30000 productores ecológicos y en transición.

Entre 1985 y 1990 la demanda de quinua convencional en los países del Norte (mercado dietético y el solidario), mostraba una reducción en volumen debido a los cambios en la preferencia del producto. En la década del 90, la demanda de quinua Real en Estados Unidos y Europa cambió su requerimiento, tornándose casi exclusivamente orgánica (a partir de 1995 en Europa y de 1999 Estados Unidos).

La demanda de quinua orgánica requería mecanismos que pudieran garantizar al consumidor que los productos orgánicos ofrecidos por los pequeños productores bolivianos respondían a criterios de calidad normalizados y aceptados internacionalmente. Ante esta necesidad se crea la Asociación de Organizaciones de Productores Ecológicos de Bolivia (AOPEB) cuya función es la de promover el desarrollo de la agricultura orgánica y elaborar las normas bolivianas para su producción y transformación. Estas normas carecían del reconocimiento por un país tercero. Luego AOPEB creó BOLICERT como una empresa certificadora orgánica boliviana que tiene por misión verificar el cumplimiento de las normas para la producción ecológica de AOPEB. En 1990, Bolicert ha establecido normas propias en conformidad con los estándares de la norma IFOAM de la Unión Europea y a partir del 2002, concordantes con el del *Orgánica Foods Production Act* de Estados Unidos y el *Japanese Agricultural Standard* del Japón. La adecuación de los criterios estándares

concordantes le ha permitido a BOLICERT obtener acreditación ante la Unión Europea, Estados Unidos y Japón. Consecuentemente, la certificación orgánica les ha permitido a los miembros de AOPEB exportar su producto a los países de Estados Unidos, Europa y Japón.

El 2005, de acuerdo a los productores de sur, la exportación representó 3000 Tn lo que equivale al 25 por ciento del total de la exportación de quinua boliviana. El resto, es decir, el 75 por ciento, se comercializa al exterior de forma ilegal. La quinua orgánica se exporta principalmente a Estados Unidos, Ecuador, Francia, Alemania, Holanda e Italia. Perú, que es el mayor consumidor del mundo, lo importa de manera ilegal de los pequeños productores del altiplano boliviano a bajos precios. La Razón, 7 mayo 2006

En 1992, ANAPQUI estableció el PROQUINAT(Programa de Producción de Quinua Natural) para hacer conocer las normas de la producción orgánica vigentes en los países del Norte, difundir las técnicas de cultivo compatibles e implementar un sistema interno de certificación de los productores orgánicos. Esta experiencia fue seguida por CECAOT (Central de Cooperativas Agropecuarias Operación Tierra) que a partir de 1996 ingreso en la producción y comercialización de quinua orgánica.

Entre 1990 y el 2004, según datos oficiales del gobierno boliviano (IMPEX-Bolivia y SIVEX-Bolivia), el valor anual de las exportaciones registradas de quinua se había incrementado considerablemente, pasando de más 292.000 a 4.200.000 US\$, lo que corresponde a un salto de 344 a 3.700 toneladas por año. Estas exportaciones están esencialmente destinadas hacia Francia, Estados Unidos, Países Bajos y Alemania (Laguna, s/a).

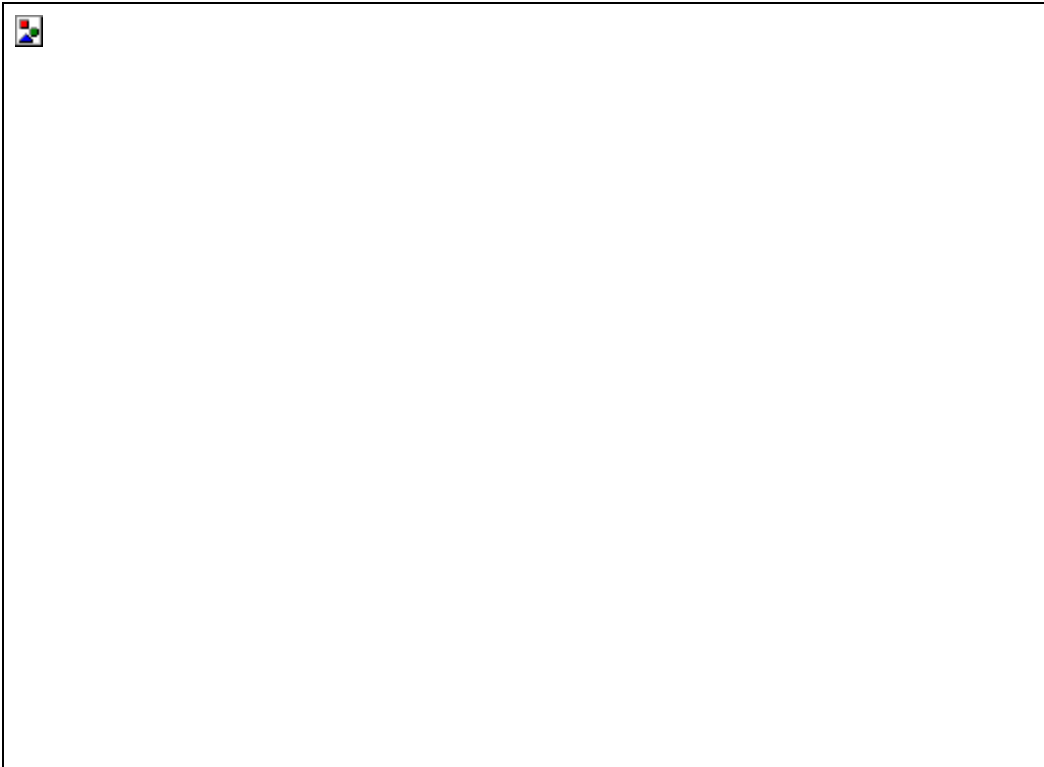


Figura 2. Evolución de las exportaciones andinas de quinua (Tomado de laguna, 2006)

Fuente: Laguna *et al.* 2006 con datos de IMPEX (1985-1994) y SIVEX (1995-2004); Ecuador: Banco Central del Ecuador; Perú: Aduanas del Perú.

Según Laguna *et al.* (2006), en 1998 Quinoa Corporation empezó a adquirir de ANAPQUI quinua Real con certificado orgánico. El nacimiento de nuevas empresas privadas exportadoras en Bolivia en 1999 debilitó la relación comercial entre ANAPQUI y Quinoa Corporation, por lo que a partir del año 2000, Quinoa Corporation pasó a proveerse quinua de ANAPQUI y de ANDEAN VALLEY.

Variación de los precios nominales pagados al productor de quinua Real convencional y orgánico en el altiplano Sur (US\$ por qq)

Cuadro 7. Relación de precio por quinua convencional y quinua orgánica (Bolivia)

Año	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Convencional	18.2	12.1	13.8	24.0	24.4	25.7	28.3	29.6	32.8
Orgánica					28.0	29.0	30.9	30.0	34.7
Año	19978	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Convencional	36.4	36.3	33.3	18.8	16.1	8.7	14.7	28.3	
Orgánica	38.2	37.2	36.7	25.0	22.0	20.0	23.6	30.2	

Fuente: Laguna *et al.* (2006)

A fines de la década de 1990 se constataba la caída de las exportaciones de quinua orgánica de ANAPQUI y CECAOT y aumentaba el poder de las empresas beneficiadoras/exportadoras de quinua de contrato. Aunque cuenten con un comprador seguro bajo contrato, los productores no logran negociar un precio de venta de su producción al momento de firmar el contrato, sólo obtienen la seguridad de una remuneración mayor al precio de mercado de quinua convencional. El precio que las empresas pagan al productor se sitúa entre el pagado por la quinua convencional en Challapata y el pagado por ANAPQUI a sus socios por el grano orgánico.

Perú y Bolivia son los productores de quinua más importantes al nivel global, proveen el 54% y el 43%, respectivamente, de la cosecha mundial. Actualmente Bolivia es el país líder en las exportaciones mundiales de quinua (Laguna, s/a), 2006). En el Perú la superficie sembrada con quinua (2004) alcanzó a 27450 hectáreas, siendo los departamentos productores de quinua Puno con 25000 hectáreas, Ayacucho con 1690 hectáreas, Cusco con 511 hectáreas y Apurímac con solo 101 hectáreas.

La exportación de quinua del Perú fue variable en los años 2000 a 2003. El año 2000 Perú exportó por un valor de 329000 US\$, el 2001 191000 US\$, el 2002 la exportación fue de 288000 US\$, y el 2003 ascendió a 381000 US\$.

El año 2003, Perú ha exportado quinua a Estados Unidos el 65.7% de su exportación, le sigue Alemania con 13% y porcentajes menores a otros países europeos y asiáticos.

Cuadro 8. Exportación de Quinua el año 2003 (Perú)

País Destino	Valor FOB (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje FOB
Estados Unidos	249.947	199.430	203.775	65,7
Alemania	49.850	51.703	52.118	13,1
España	46.124	36.092	37.199	12,1
Japón	15.984	18.120	18.350	4,2
Canadá	12.600	12.000	12.005	3,3
Italia	4.787	2.727	3.590	1,3
Australia	1.134	536	580	0,3
Reino Unido	122	220	221	0,0
Chile	100	100	102	0,0
Panamá	32	24	33	0,0
Nueva Zelanda	9	5	5	0,0
Aruba	1	1	1	0,0
Los demás	0	0	0	0,0
Total -->	249.947	320.957	327.978	100

Fuente: Sagarnaga, 2004

La producción del Ecuador es menor en relación a los países productoras como Bolivia y Perú. Según CORPEI-CBI (2001), la producción de quinua entre 1995 y 2000 ha variado entre 304 y 938 Tn por año. Sin embargo, se tienen información sobre incrementos considerables en los últimos tres años.

Cuadro 9. Participación de Ecuador en la producción mundial de quinua

Producción (Tn)	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Bolivia	18814	23490	26360	20291	22498	25000
Ecuador	408	555	304	938	938	938
Perú	16846	16070	23612	28614	28439	30000
Total	36068	40115	50276	49843	51875	55938
% participación	1.13	1.38	0.61	1.88	1.8	1.67

Fuente: CORPEI-CBI, 2001

Las exportaciones del Ecuador son principalmente a Estados Unidos, Países Bajos y Alemania.

9. Certificación orgánica de quinua

En Bolivia, la certificación de productos orgánicos orientado al mercado de exportación se realiza en función de procedimientos y exigencias de las normas internacionales (Unión Europea, USA o Japón) que resultan costosas y mas exigentes, debido al incremento de oferta y demanda de productos ecológicos certificados en dichos mercados.

Las empresas certificadoras con presencia legal en Bolivia Boliviana de Certificación (BOLICERT), IMO LA y Biolatina. Estas certificadoras cuentan con acreditación ante la Unión Europea, USA y Japón. Además de las anteriormente mencionadas, otras empresas de certificación tienen presencia eventual en Bolivia son las certificadoras internacionales como ECOCERT de Francia, SKAL de Alemania, OCIA de Estados Unidos, QAI de Estados Unidos, BCS OKO, ECO GRESS de Europa, OIA de Argentina, Instituto Biodinámica de Brasil y otros.

La certificación para el mercado local ha sido implementado por la Asociación de Productores Ecológicos de Bolivia mediante un sistema participativo y alternativo (control interno) para la certificación nacional de productos ecológicos. Mediante este procedimiento, los productores pueden obtener el sello AOPEB, lo que permite comercializar productos en la red de micro-mercados Súper Ecológico establecidos en las principales ciudades de Bolivia.

En Bolivia se han consolidado 23 exportadoras que en 2003 percibieron por sus ventas un total de 3.09 millones de dólares por casi 2700 toneladas exportadas. En 2004 se superaron los envíos a más 3000 toneladas y se lograron 3.3 millones de dólares. Si a esto se suman las estimaciones del contrabando y algún consumo interno, la producción bordea las 15 mil toneladas.

De las 23 empresas o asociaciones, por lo menos siete son capaces de exportar más de 100 toneladas anuales. ANAPQUI que agrupan a cerca de 5000 pequeños productores de Oruro y Potosí, vende un promedio de 750 toneladas de Quinoa Real a EEUU, seis países de Europa, Chile y Brasil. Jatariy exporta 1200 toneladas y es la proveedora de la segunda cadena de supermercados más importante del mundo, la Carrefour que tiene filiales en 35 países...

Industrias Irupana junto a PPQS han llegado a una producción de casi 1500 toneladas que exporta a Japón, Israel y EEUU. La empresa Andean Foods (ANFE) exporta 10 toneladas mensuales a Corea del Sur y tiene en perspectiva subir a 60. SAITE vende también a diversos países de Europa cerca de 950 toneladas. CECAOT envía casi 160 toneladas de Quinoa Real a Alemania, Holanda y Bélgica.

Según los exportadores, la demanda excede a la oferta y generalmente el mercado les busca lo cual es una oportunidad interesante para la exportación de quinua...

Los valores de exportación de la Quinoa (Prodiversitas, 2003) entre 1995 y 2001, se han incrementado, aunque en el ultimo año la exportación ha decrecido probablemente a las mayores exigencias de calidad de la quinua y la reducción del consumo local.

Cuadro 10. Exportación de Quinua y consumo local entre 1995 y 2001 (Bolivia)

Año	\$US exportación	\$US consumo local
1995	35560.00	35560.00
1996	234487.00	95850.00
1997	425625.00	120565.00
1998	245460.00	105300.00
1999	501400.00	150530.00
2000	328500.00	7395.89
2001	286151.75	58970.20
Promedio	293883.39	82024.44

Fuente: Extractado de Prodiversitas 2003

Como se puede evidenciar por los valores de la tabla, la exportación de Quinua ha crecido vertiginosamente entre 1995 y 1999, pero al 2001 ha descendido notablemente, porque se han incrementado las exigencias del mercado internacional. El consumo local también se ha reducido.

Cuadro 11. Lista de productores y exportadores

Productores, Bolivia	Exportadores, Bolivia
ANAPQUI CECAOT Productores individuales	ANAPQUI, CECAOT, JATARY QUINUABOL, SAITE, ANDEAN VALLEY QUINUA FOODS, CORNILLA IRUPANA, SANCHEZ CORRALES ANFE
Productores, Ecuador	Exportadores, Ecuador
ERPE: Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador Asociación Jambi Kiwa INAGROFA	Asociación Jambi Kiwa Marianexa, INCAFOOD, UCDEP, CEDIN, CEDERENA, ERPE IMP & EXP PRODUSA, CAMARI MARIO N. OSORIO, FLORELOY
Productores, Perú	Exportadores, Perú
Asociación de productores de Puno Asociación de Productores de Ilave Productores individuales	ALISUR, ALPROSA, GLORIA, TRES OSITOS, INKA SUR

10. Lista de empresas distribuidoras de quinua en el mercado externo

PRIMEAL
MARKAL,
GEPa,
CELNAT
CORREFOUR
Quinoa Corporation
.United Natural Food

Lista de certificadoras

BOLICERT
BIOLATINA
GEPA
IMO CONTROL
BIOLATINA
ECOCERT
SKAL
OCIA
QAI BCS OKO,
ECO GRESS
OIA
BIODINAMICA.

11. La cadena productiva de la quinua

La cadena productiva de la quinua esta conformado por actores directos como los productores, acopiadores, procesadores y consumidores y otros actores institucionales como el Estado y las instituciones de apoyo.

Los productores de quinua por lo general son nativos del altiplano y se encuentran asociados en organizaciones cooperativas, asociaciones o son productores individuales que manejan unidades familiares. Los productores se caracterizan por tener el terreno y la técnica (tradicional o apropiada o mejorada) pero que tienen escaso capital de operación o carecen simplemente de capital. Algunos productores son residentes y delegan la labor agrícola a terceras personas generalmente ancianos, mientras que el propietario solo llega a la finca en épocas de siembra, control de plagas y a la cosecha.

Los acopiadores son personas que conocen las zonas de producción y a los demandantes que generalmente son agroindustriales o acopiadores mayoristas. Los acopiadores tienen el capital destinado para el acopio de la quinua. Los acopiadores son los que establecen los precios de venta. Los acopiadores visitan a la unidad productiva o recorre por los centros de acopio como ser Challapata o Desaguadero y otra feria menores.

En caso de una producción a contrato, la producción se entrega directamente a la agroindustria o mediante algún agente comisionado para este propósito.

Las OECAS que tienen plantas de beneficiado propios son los que acopian la producción de sus asociados y someten el producto a la transformación propia.

La agroindustria generalmente se encuentra alejada de las zonas de producción, ubicándose principalmente en Oruro, La Paz, y Cochabamba, por lo que se proveen mediante acopiadores o mediante contratos de entrega de materia prima. La agroindustria de la quinua esta integrada por Unidades de tipos social (ANAPQUI, CECAOT) y empresas privadas como JATARY, QUINUABOL, ANDEAN VALLEY, QUINOA FOOD, ANFE, SAITE y otras pequeñas agroindustrias. Se observa una competencia entre las empresas y las OECAS por acceder a mercados del exterior, hecho que ha conducido a rebajas en el precio de exportación.

La agroindustria del Perú esta localizado en Juliaca, Puno y Lima. Estas agroindustrias se proveen de la materia prima de Bolivia y de la producción local, para ello tienen acopiadores que acuden a la feria de Challapata en Bolivia o a la feria de Desaguadero en la frontera Perú- Boliviana.

Los comercializadores de quinua son los que se encargan de distribuir el producto cuando se trata del mercado domestico. Los comercializadores tienen un complejo sistema de entrega a tiendas y estos venden el producto adicionando un porcentaje que les asegure su utilidad.

Cuando se trata de consumidor del exterior, la agroindustria llega a los consumidores mediante broker, quienes entregan el producto a cadenas de tiendas de productos saludables o tiendas del mercado solidario.

Los proveedores de insumos y servicios son los que participan con la provisión de semilla no siempre en todos los casos, agroquímicos orgánicos, prestación de servicio de preparación del suelo y siembra, crédito, investigación y asistencia técnica en las distintas etapas de producción.

El Estado es un agente que dicta políticas sobre el rubro, construye infraestructura de comunicación y canaliza la cooperación internacional.

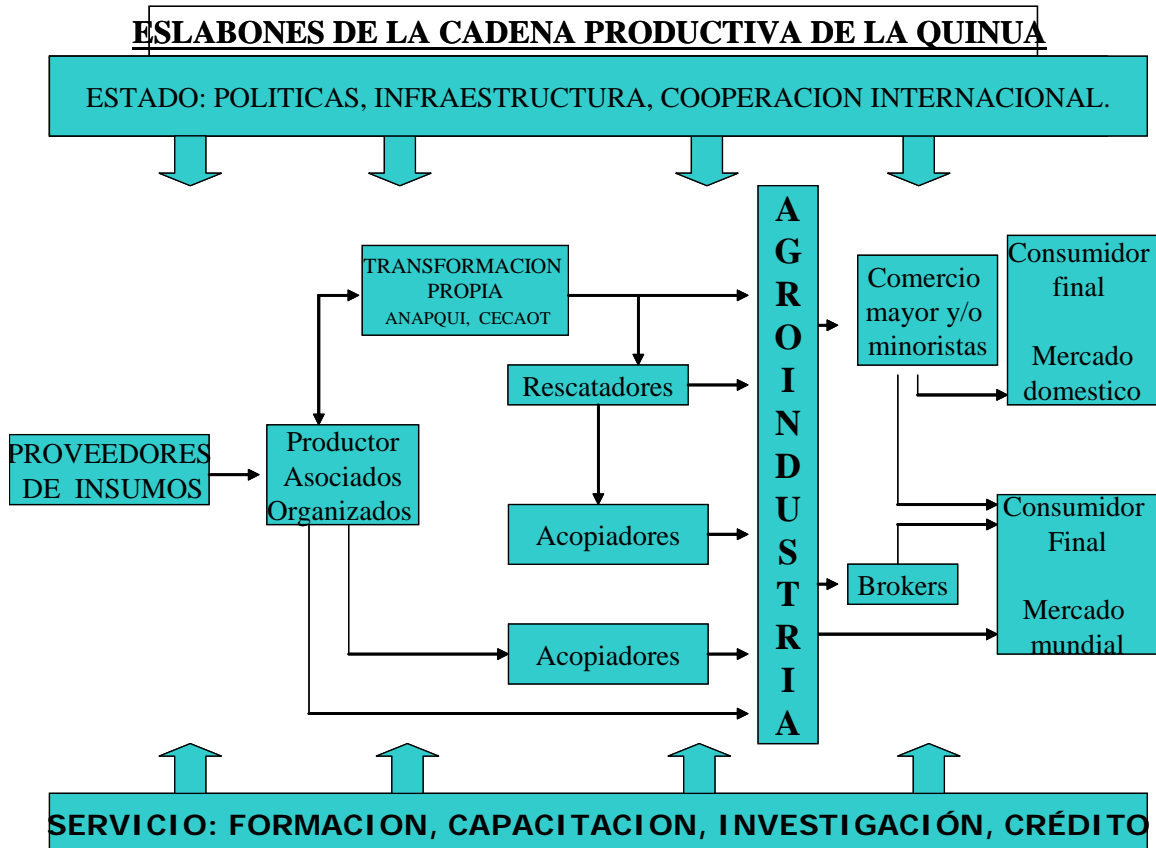


Figura 3. Cadena productiva de la quinua (Adapado de CLACDS-INCAE, 2001)

B. Otros granos andinos

Aparte de la quinua, los otros granos andinos son la cañahua y el amaranto. El tarwi si bien es una leguminosa, forma parte del acervo genético de los Andes y constituye la fuente de productos alimenticios del poblador andino.

Estos granos también importantes durante las civilizaciones Tiahuanacota e Incaica, han sido marginados durante la colonia. Actualmente, la cañahua y el amaranto recién están recobrando su importancia, pero su desarrollo es mucho menor comparado con la quinua.

1. Cañahua

La cañahua se cultiva principalmente en las zonas altas y frías del altiplano. Su cultivo esta restringido a Perú y Bolivia, siendo inexistente o insignificante en Ecuador y Colombia.

Este cultivo se adapta a mayores altitudes que la quinua y puede tolerar mejor las heladas, aunque el cultivo es relativamente exigente en humedad y fertilidad del suelo. La alta precocidad de la cañahua confiere la propiedad de escape de sequías y heladas.

El cultivo de la cañahua esta restringido a zonas de alta pobreza que se registra en el altiplano y zonas de cordillera, donde juega un rol estratégico en la seguridad alimentaria.

La cañahua se cultiva para la producción de grano que es empleado en la alimentación humana y aves de corral. La ausencia de saponina hace que su usos sea más directo en relación a la quinua que previamente hay que desaponificar.

El rendimiento de grano de cañahua es de 1000 kg/ha, aunque en buenas condiciones de suelo el rendimiento puede duplicarse o triplicarse.

Lo más importante de la cañahua es la calidad nutritiva expresada por la presencia de aminoácidos y minerales como el hierro. Los usos medicinales de la cañahua son varias, siendo los importante en la cura de la anemia, mal de altura, para quitar la fiebre, etc.

Los productos derivados del grano de cañahua son: expandidos de cañahua, el “pito” de cañahua, barras energéticas, hojuela, harina, pastas y fideos, etc.

El expandido de cañahua o tostado se emplea para los derivados principales. El primer uso de la cañahua expandido constituye el “pito” que es el grano tostado (expandido) y luego molido. Hasta ahora, el “pito” es el principal uso de la cañahua a nivel tradicional. Este producto es seco y se consume de a poco ensalivando en la boca previo a la deglución o mejor se acompaña con líquidos como el refresco, el te, el mate o café.

El “pito de cañahua tiene además otros usos como bebida instantánea y refrescante. El pito se emplea en las faenas duras y caminatas largas. Tradicionalmente se empleo en las caminatas desde el altiplanica hasta los valles y los Yungas con propósitos de intercambio de productos.

La hojuela de cañahua se emplea en diversas preparaciones como jugo con frutas y cañahua con leche. En ambos casos, la presentación del producto tiene una apariencia interesante y muy particular y el sabor es agradable.

Las barras energéticas son elaboradas en base a cañahua expandida junto a aglomerantes y bañadas en chocolate o miel de abeja.

Los subproductos de cañahua son básicamente restos de cosecha y trilla que se emplean en la alimentación de camélidos y ovinos.

Los diferentes colores de la cañahua ofrecen alternativas para la obtención de colorantes naturales.

2. Amaranto

El amaranto, kiwicha o millmi se cultiva en las zonas de valles o cabeceras de valles interandinos. El amaranto se cultiva asociado con el maíz o en rotación después de la papa.

La superficie cultivada es muy pequeña, en algunos casos se reduce a siembras de bordura o como ornamentales en el patio o jardín.

El amaranto se cultiva principalmente para la producción de grano que es empleado en la alimentación humana, sin embargo, las hojas tiernas se emplean en la alimentación como verdura fresca o cocida.

El rendimiento del amaranto supera los 1000 kg/ha, teniéndose reportes de 4000 kg/ha en buenas condiciones de suelo y con variedades de ciclo tardío.

Los derivados del amaranto son: grano expandido, barras energéticas, harina, pasta o fideos y otros.

El amaranto es el grano mas apropiado para los expandidos. Esto proviene del saber local, es decir, los productores nativos han desarrollado la técnica para expandir el grano de amaranto. El amaranto es el grano relativamente fácil de ser expandido probablemente por las características del almidón.

Cuadro 12. Contenido de lisina, metionina, treonina y triptófano en granos andinos y en trigo (mg de aminoácidos/g de proteínas)

Aminoácidos	Quinoa (a)	Qañiwa (a)	Amaranto (a)	Trigo (b)
Lisina	68	59	67	29
Metionina	21	16	23	15
Treonina	45	47	51	29
Triptófano	13	8	11	11

Fuente: Tapia, 2000

3. Consumo y comercialización de cañahua y amaranto

Por tratarse de cultivos ignorados por siglos, la cañahua y el amaranto ni siquiera figuran en las estadísticas agropecuarias de los países de Bolivia y Perú, aunque últimamente se conoce de datos sobre volúmenes exportados a países del norte y Europa.

Las agroindustrias han solicitado materia prima para procesar, esto en razón de la demanda que esta en rapid crecimiento. El precio de compra a nivel nacional generalmente es más alto que el de la quinua.

Los países productores de amaranto son Perú, Ecuador Bolivia en orden de importancia.

Según el Portal Agrario del Perú, la exportación de Amaranto se realiza principalmente a Estados Unidos (Cuadro 13)

Cuadro 13. Exportación de Kiwicha del Perú (2003)

País Destino	Valor FOB (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje FOB
ALEMANIA	510.349	437.250	441.574	47,2
ESTADOS UNIDOS	346.930	305.001	308.179	32,1
JAPON	160.551	126.180	128.435	14,8
HOLANDA	26.930	25.000	25.100	2,5
BELGICA	20.600	20.000	20.000	1,9
CANADA	8.260	7.000	7.005	0,8
ESPAÑA	7.848	7.241	7.310	0,7
ITALIA	352	191	204	0,0
NUEVA ZELANDA	12	5	5	0,0
REINO UNIDO	0	0	0	0,0
LOS DEMAS	0	0	0	
TOTAL -->	1.081.832	927.869	937.812	100,0

La producción peruana de amaranto es de 825 kg, siendo el rendimiento de 877 kg/ha (Reynoso, s/a).

II. Innovación tecnológica

Todos los países andinos excepto Bolivia tienen un sistema nacional de investigación agropecuaria.

Perú tiene el INIA con acciones en todas las regiones incluyendo las zonas productoras de quinua, Su función es la generación, validación y difusión de tecnología agrícola. Las universidades estatales tienen la función de enseñanza, investigación y extensión. Tanto el INIA como las Universidades con sede en las regiones productoras de quinua coordinan acciones y tienen sus áreas geográficas y áreas temáticas de intervención.

En Ecuador, el INIAP es la entidad oficial de investigación y generación de tecnología agrícola. Para el caso de quinua, el INIAP tiene su principal centro de investigación en Santa Catalina. En este centro se conserva el banco de germoplasma de quinua y otros

cultivos andinos. Con base a este recurso genético, se realizan los trabajos de mejoramiento genético para la obtención de variedades mejoradas.

En Bolivia, el IBTA que era el instituto nacional de investigación oficial del gobierno ha sido cerrado por la ley de descentralización administrativa puesta en práctica en la década del 90. Después de varios años de estudio, se ha creado el SIBTA que tiene a su programa del SINARGEA, PIENs, PITAs. EL SINARGEA es el Sistema Nacional de Recursos Genéticos de uso Agrícola, los PIEN son los Proyectos de Innovación Estratégica Nacional y los PITA son los Proyectos de Innovación Tecnológica Agropecuaria. Esta última es manejada por fundaciones privadas con participación del gobierno, la cooperación internacional y los productores. Actualmente, la Fundación PROINPA es la encargada de conservar los recursos genéticos de los cultivos andinos y se ha adjudicado varios PIENs y PITAs.

La dinámica social de los productores, los cambios climáticos, el deterioro del medio ambiente, el mercado de los productos y otro, obligan a tomar reajustes programáticos de los institutos de investigación y de las universidades. La conservación, caracterización y aprovechamiento diversificado de los recursos genéticos, las prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, las tecnologías de producción orgánica, la calidad de los productos para la agroindustria, la calidad nutritiva, la nutraceutica, la investigación participativa, etc. son las nuevas prioridades de acción para los centros de investigación.

En el marco del programa del Gobierno Nacional, se está analizando y estudiando la posibilidad de constituir un Centro de Investigación para la innovación tecnológica agropecuaria, con la inclusión del área agro ecológico.

III. Análisis FODA

A. Quinua

Fortalezas

Cultivo originario y adaptado a las tierras altas de clima y suelo
Existencia de una gran diversidad genética en la quinua
Existencia de variedades con resistencia a plagas y enfermedades que permiten reducir o evitar el uso de agroquímicos y plaguicidas.
Cultura agrícola milenaria de los productores de quinua.
Los costos de producción son bajos
Producción tradicional se enmarca en los estándares de la producción orgánica
Agroindustria con equipos de alto rendimiento
Experiencia de productores y procesadores en la exportación de quinua orgánica
Talleres equipados y habilidades de técnicos para la adaptación de maquinas para pos cosecha
Hábito de consumo de la quinua vigente en países andinos
Producto imperecedero en las condiciones del altiplano
Mayor demanda de productos orgánicos y limpios.
Programas alimentarios nacionales (desayunos)
Más de 150 mil familias de pequeños productores dedicadas al cultivo de la quinua
Producto de alto valor nutritivo

Programas de sanidad e inocuidad alimentaria (certificación)
Normas de calidad aprobadas y en vigencia

Debilidades

Debilidad o inexistencia de institutos de investigación de la quinua
Ausencia de programas de asistencia técnica fuertes y continuos
Dificultad en el acceso de crédito
El monocultivo de quinua Real deteriora los suelos y estimula la proliferación de plagas y enfermedades
Suelos erosionados y en proceso de erosión.
Incipiente tecnología poscosecha e infraestructura de almacenamiento
Falta de tecnología accesible al pequeño productor
Exportación de materia prima sin valor agregado
Organizaciones y asociaciones de productores con escasa capacidad de gestión y negociación
No hay instituciones de apoyo efectivo a los productores.
Incumplimiento de contratos (volúmenes, calidad)
Falta de decisiones empresariales y de competitividad
Deficiente infraestructura de caminos y almacenamiento

Oportunidades

Suelos apropiados para la producción orgánica y convencional
Apoyo del gobierno a los productores y organización económicas campesinas
Diversidad genética de usos actual y potencial
Crecimiento del turismo y ecoturismo
Mercado interno a nivel país
Gran mercado en la región andina
Mayor demanda por productos ecológicos en el mercado internacional
Opciones de dar valor agregado en países andinos
Presencia de organismos nacionales e internacionales interesados en seguridad alimentaria y soluciones a la pobreza.
Diversificación de productos en base a quinua

Amenazas

Productos de donación
Competencia de cereales producidos con subvención
Productos importados sustitutivos de la quinua
Promoción de productos exóticos en los medios masivos de comunicación
Riesgos climáticos adversos
Producción en el Norte (Estados Unidos y Canadá)
Producción en Sud América (Brasil y Argentina)
Cambios climáticos adversos

B. Otros granos

Fortalezas

Cultivo originario y adaptado zonas altas y frías

Material genético resistente a plagas y enfermedades que permiten reducir o evitar el uso de agroquímicos y plaguicidas.

Bolivia y Perú, son los únicos productores de cañahua

Ecuador y Perú mayores productores potenciales de amaranto.

Los costos de producción son bajos en razón de la mano de obra barata en las zonas de producción

Producto natural sin plaguicidas producido por etnias de tradición milenaria

Experiencia exportación de quinua puede ayudar a la exportación de cañahua y amaranto

Producto imperecedero en las condiciones del altiplano

Producto de alto valor nutritivo por el contenido de hierro y aminoácidos

Debilidades

Inexistencia de programas y proyectos de investigación de cañahua y amaranto

Ausencia de programas de asistencia técnica

Incipiente tecnología poscosecha

Productores no organizados

Falta de equipos de cosecha y trilla

Pérdida de los hábitos de consumo

Olvido de las técnicas de preparación de alimentos

Oportunidades

Apoyo del gobierno a los productores en zonas de pobreza

Diversidad genética de usos actual y potencial

Crecimiento del turismo y ecoturismo

Opciones de dar valor agregado en países andinos

Presencia de organismos nacionales e internacionales interesados en cultivos subutilizados

Diversificación de productos

Amenazas

Productos de donación como la harina de trigo

Productos importados sustitutivos de los granos andinos

Riesgos climáticos adversos

Cambios climáticos adversos

IV. Sugerencias

Impulsar la producción orgánica de quinua para la exportación y fortalecer la producción tradicional para el autoconsumo y para el mercado regional

Promover programas cooperativos a nivel regional sobre los granos andinos con participación estrecha de los actores de la cadena productiva.

Desarrollar tecnologías de producción orgánica para los granos andinos.

Revalorar los granos andinos hasta ahora poco utilizadas como la cañahua y el amaranto.

Facilitar el encuentro entre el saber local y el saber académico sobre cultivos andinos

Desarrollar normas de calidad para la exportación de granos andinos

Promocionar los productos andinos con certificado de origen e identidad cultural andina.

Estudiar los usos alternativos y subproductos de los granos andinos (adornos, colorantes, medicamentos, etc.)

Promover el valor agregado en los países productores.
Aprovechar en forma multipropósito a los cultivos andinos

Bibliografía

CLACDS-INCAE. 2001. Caracterización y análisis de la competitividad de la quinua en Bolivia. CAF-CID-INCAE.

CORPEI-CBI, 2001. Quinoa and organic quinoa. Products profile. Exportable supply expansion of Ecuador. Quito, Ecuador.36 p.

Engel, F. 1982. Quince años de actividad antropológica del Centro de Investigaciones de Zonas Áridas o UNA. Zonas Aridas N° 1, pp. 17-36. Mendoza, Argentina

Gandarillas, H. 1968. Razas de quinua. Boletín Experimental N° 34. Ministerio de Agricultura. La Paz, Bolivia.

Gonzalez, J.A. *et al.* 1989. Efecto del stress hídrico sobre la distribución de asimilados y crecimiento en *Chenopodium quinoa*. En: Resúmenes presentados al VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile

Laguna, P. s/a. Competitividad, externalidades e internalidades: Un reto para las organizaciones económicas campesinas. Debate Agrario (34):

Laguna, P., Cáceres, Z. y Carimentrand, A. 2006. Del Altiplano Sur Bolivariano hasta el mercado global: Coordinación y estructuras de gobernancia de la cadena de valor de la quinua orgánica y del comercio justo. *Agroalim*. [online]. jun. 2006, vol.11, no.22. p.65-76. Disponible en la World Wide Web: <<http://www.scielo.org.ve/>

León, J. 1964. Plantas alimenticias andinas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Boletín Técnico N° 6, Lima, Perú.

Mujica, A. Ortiz, R., Bonifacio, A., Corredor, G. Romero, A. y Jacobsen, S-E. 2006. Agroindustria de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los países andinos. PNUD, Puno, Peru. 113 p.:

Ortiz, R. y Zanabria, E.. 1979. Plagas. En: Quinoa y kañiwa, cultivos andinos, CIID. Bogotá, Colombia. Serie: Libros y Materiales educativos.

Rea, J. 1969. Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa*). Publicación. IICA N° 19 (1): 91-96. Turrialba, Costa Rica.

Reinos, J. s/a. Estrategias de mercadeo de la quinua, amaranto, y tarwi en Perú: Comercialización de granos andinos. 5 p.

Sagarnaga, C. 2004. La quinua en el Perú. www.monografias.com

Tapia, M. 2000. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO, Santiago de Chile.

Vacher, J.J. *et al.* 1994. Comportamiento hídrico y fotosíntesis de cultivos andinos frente a la sequía en el altiplano boliviano. En: Resúmenes de trabajos presentados al VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Universidad Austral de Chile. Valdivia.