

Ritva Repo-Carrasco-Valencia

VALOR NUTRICIONAL Y
COMPUESTOS BIOACTIVOS
EN LOS CULTIVOS ANDINOS
Re-descubriendo los tesoros olvidados



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

DR. JESÚS ABEL MEJÍA MARCACUZCO
Rector

DR. JORGE LUIS ALIAGA GUTIÉRREZ
Vicerrector Académico

MG.SC. EFRAÍN DONALD MALPARTIDA INOUYE
Vicerrector de Investigación

DR. JOSÉ CARLOS VILCAPOMA
Jefe del Fondo Editorial

Ritva Repo-Carrasco-Valencia
VALOR NUTRICIONAL Y COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LOS CULTIVOS ANDINOS
Re-descubriendo los tesoros olvidados
Lima: Fondo Editorial - UNALM. 2014; 112 p.

© Ritva Repo-Carrasco-Valencia
© Universidad Nacional Agraria La Molina
Av La Universidad s/n La Molina

Derechos reservados
ISBN: N° 978-612-4147-34-0
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú:
Registro: N° 2014-08701

Primera Edición: julio de 2014 - Tiraje: 500 ejemplares
Impreso en Perú – Printed in Peru

Coordinación editorial:
José Carlos Vilcapoma

Editor (AH):
Obed Caro Meza

Diseño y diagramación de carátula:
Roxana Perales Flores

Diseño, diagramación e impresión :
Q y P Impresores S.R.L
Av. Ignacio Merino 1546 Lince
E-mail: qypimpresores2005@yahoo.com

Queda terminantemente prohibida por la Ley del Perú la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, químico, óptico, incluyendo sistema de fotocopiado, sin autorización escrita de la Universidad Nacional Agraria La Molina y de los Autores.

Todos los conceptos expresados en la presente obra son responsabilidad de los autores.

*A mi esposo Alfonso y
a mi hijo Tuomas*

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
PRÓLOGO	9
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II	
GRANOS ANDINOS	15
2.1. Quinoa	15
2.1.1. Información general	15
2.1.2 Composición y valor nutricional	17
2.1.3. Usos tradicionales, procesamiento y situación actual	26
2.2 Kañiwa	34
2.2.1 Información general	34
2.2.2 Composición y valor nutricional	36
2.2.3 Usos tradicionales, procesamiento y situación actual	38
2.3 Kiwicha	39
2.3.1 Información general	39
2.3.2 Composición y valor nutricional	42
2.3.3 Usos tradicionales, procesamiento y situación actual	47
CAPÍTULO III	
LEGUMINOSAS	51
3.1 Tarwi	51
3.1.1 Información general	51
3.1.2 Composición y valor nutricional	52
3.1.3 Usos tradicionales, procesamiento y situación actual	57
3.2. Otras leguminosas nativas	58

CAPÍTULO IV	
TUBÉRCULOS	61
4.1 Papas nativas	61
4.2 Oca	63
4.3 Olluco	64
4.4 Mashua	64
CAPÍTULO V	
RAÍCES	67
5.1 Maca	67
5.2 Yacon	70
5.3 Arracacha	71
5.4 Mauka	72
5.5 Ahip	72
CAPÍTULO VI	
FRUTAS NATIVAS	73
6.1 Aguaymanto	73
6.2 Papayas andinas	74
6.3 Tomate de árbol	75
6.4 Otros frutales andinos	76
CAPÍTULO VII	
PIMIENTOS	79
CAPÍTULO VIII	
COMPUESTOS BIOACTIVOS BENEFICIOSOS PARA LA SALUD EN LOS CULTIVOS ANDINOS	83
8.1 Fibra dietética	83
8.2 Aceites	85
8.3 Compuestos fenólicos y otros compuestos menores	86
8.4 Efectos hipoglicémicos y hipocolesterolémicos	90
Capítulo IX	
“NOVEL FOODS” VS. ALIMENTOS TRADICIONALES: ¿CAMBIANDO LAS REGLAS?	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

PRESENTACIÓN

La Universidad Nacional Agraria La Molina se complace en presentar el libro titulado *Valor Nutricional y Compuestos Bioactivos en los Cultivos Andinos: Redescubriendo los Tesoros Olvidados*, el cual constituye un valioso aporte al desarrollo de la ciencia y una contribución a la seguridad alimentaria. Esta publicación se realiza dentro del programa de publicaciones del Fondo Editorial de la UNALM, el cual viene editando libros de las diferentes especialidades que abarca la universidad y cuyos autores son profesores de este centro superior de estudios.

La Dra. Ritva Repo de Carrasco, autora del libro, profesora Principal del Departamento de Ingeniería de Alimentos y Productos Agropecuarios de la Facultad de Industrias Alimentarias, es una prestigiosa profesional con una amplia experiencia en el campo de la Ingeniería de Alimentos, autora de numerosas publicaciones sobre temas relacionados a su área de especialidad.

El libro comprende una revisión actualizada acerca de los beneficios nutricionales de los compuestos bioactivos presentes en las más importantes especies alimenticias domesticadas en el área andina, con énfasis en su valor nutricional. Los granos andinos, las leguminosas, tubérculos y otras plantas de la misma procedencia presentan niveles inusualmente altos de compuestos nutritivos, los cuales normalmente son producidos por otras plantas en muy pequeñas cantidades. Allí radica su importancia pues contienen proteínas de alto valor biológico, así como aceites de alta calidad (ácidos grasos esenciales), vitaminas y aminoácidos; y son libres de gluten. Son asimismo excelentes fuentes de minerales esenciales: hierro, calcio y zinc, y de compuestos bioactivos: flavonoides, polifenoles y fibra dietética.

Paralelamente se estudian los beneficios relativos a la salud: estudios epidemiológicos demuestran los efectos protectores de la fibra vegetal dietética soluble actuando como prebiótica en beneficio de la salud intestinal. Especialmente rica en este tipo de fibra es la raíz del yacón (*Smallanthus sonchifolius*), mientras que las papas nativas lo son en pigmentos antioxidantes y reducen el riesgo del cáncer y las enfermedades crónicas, como diabetes y cardiovasculares.

La Universidad Nacional Agraria La Molina agradece a la autora por su valioso aporte a la producción editorial de esta casa de estudios, mediante la publicación de este excelente libro.

Dr. Jesús Abel Mejía Marcacuzco
Rector
Universidad Nacional Agraria La Molina

PRÓLOGO

El área andina de América del Sur es un centro muy importante de domesticación de plantas alimenticias. Esta región es el origen botánico de la papa, el maní y el tomate. Otras plantas menos conocidas como la quinua (*Chenopodium quinua*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*), fueron también domesticadas por los antiguos agricultores andinos. Estos cultivos tienen una larga historia de consumo por parte de las poblaciones locales y han contribuido a la nutrición y el bienestar de la población durante cientos de años. Muchos estudios han dado cuenta del valor nutricional de los granos andinos: contienen proteínas que son de alto valor biológico con una composición balanceada de aminoácidos, aceites de alta calidad y minerales esenciales; por ejemplo hierro, calcio y zinc. Son fuentes potenciales de compuestos bioactivos tales como polifenoles y fibra dietética.

El principal objetivo de este libro es presentar una revisión actualizada sobre los beneficios nutricionales de cultivos andinos y dar a conocer los resultados de nuevas investigaciones con especial énfasis en el análisis de los compuestos bioactivos.

En su conjunto, los estudios presentados demuestran que los granos andinos son excelentes fuentes de minerales, flavonoides y fibra dietética. Su inclusión en la dieta tiene el potencial de mejorar la ingesta de minerales y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud. Estos granos también pueden ser interesantes para la producción de alimentos dietéticos o funcionales, siendo fuentes de componentes naturales que favorecen la salud. La quinua, kañiwa y kiwicha son granos consumidos ampliamente en los países andinos pero tienen también un significativo potencial para el resto del mundo.

Este libro se basa en una investigación doctoral realizada en la Universidad de Turku, Finlandia. Una parte de los experimentos fueron ejecutados en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, y otra parte en Buenos Aires, Argentina. La Tesis fue realizada en cooperación con el departamento de Bioquímica y Química de Alimentos de la Universidad de Turku, Finlandia. Una parte de la investigación fue hecha en MTT AgriFood Research de Finlandia. Agradezco por el aporte financiero para la parte experimental a las siguientes instituciones: Concytec, Cyted (Project 106PI0297) y Biota Tech. También quiero agradecer al Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia y MTT por su apoyo para la preparación de este libro. Finalmente, doy gracias a la Universidad Nacional Agraria La Molina, por hacer posible la publicación de este libro.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La región andina de América del Sur es un importante centro de domesticación de plantas alimenticias. Esta región tiene una gran variedad de zonas agroecológicas, debido a la presencia de varios microclimas y diferencias altitudinales (1500-4200 msnm). En este sentido es diferente a otras regiones del mundo donde también se ha dado una domesticación de plantas. Aquí no existen extensas planicies de tierras fértiles y bien irrigadas como en Asia, Europa o Medio Oriente. Por el contrario, hay una ausencia notable de suelos planos, fértiles y con buen acceso al agua. Los habitantes andinos casi siempre han cultivado sus plantas en pequeñas parcelas generalmente en angostos andenes ubicados por encima de los 2000 msnm.

Al momento de la invasión española, los Incas cultivaban casi tantas especies de plantas como los campesinos en toda Asia o Europa. Se ha estimado que los nativos andinos domesticaron hasta 70 especies cultivables (1). En andenes de hasta 4 mil metros de altura a lo largo de todo el continente y en zonas climáticas que van desde lo tropical al frío extremo, ellos cultivaban granos, legumbres, vegetales, frutas, maní, etc. Durante la época de los Incas, el Perú ocupaba un territorio próspero basado en la agricultura con una población estimada en 10 millones de habitantes y en el cual la malnutrición era prácticamente inexistente. El cultivo y uso de muchas de estas plantas se redujo dramáticamente luego de la llegada de los españoles. Hasta hace poco muchas de estas plantas han recibido poca atención de parte de los investigadores, así como han sido consideradas de poca importancia comercial. Sin embargo ellas incluyen en realidad varias plantas con buen sabor y con componentes extremadamente nutritivos. Los granos andinos tales como la quinua (*Chenopodium quinua*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*) son ricos en proteínas de alta calidad. Son buenas fuentes de fibra dietética y de aceites con ácidos grasos poli-insaturados. La fibra dietética es especialmente importante en las dietas que procuran para reducir riesgos de enfermedades crónicas, como es la diabetes y las enfermedades cardio-vasculares. Algunos componentes de la fibra dietética soluble actúan como pre-bióticos que son beneficiosos para la salud intestinal. El yacón (*Smalanthus sonchifolius*), una raíz andina, es especialmente rica en este tipo de fibra. Algunas variedades de granos andinos son buenas fuentes de compuestos fenólicos, que

podrían actuar como antioxidantes naturales para la prevención de algunas enfermedades específicas como el cáncer.

Las papas nativas son ricas en pigmentos que también podrían ser considerados antioxidantes naturales, teniendo además un impacto en la nutrición y la salud humana. Una alta variedad, no sólo de colores y formas, sino también en términos de sus constituyentes nutricionales principales y compuestos bioactivos han recientemente sido reportados. Las propiedades saludables de los cultivos andinos, frecuentemente mencionadas por la población local, podrían estar parcialmente atribuidas a la presencia de estos compuestos bioactivos.

Tradicionalmente, la quinua, kiwicha y kañiwa y se consumen principalmente en las zonas rurales y en las ciudades entre los inmigrantes de las zonas altas. El consumo de la quinua en Lima, entre los inmigrantes de los Andes, era de aproximadamente 30 kg / familia / año en el 2000 (2) y en las localidades andinas llegaba hasta 80 kg / familia / año (3). Sin embargo, tanto el consumo de la quinua como también el de la kiwicha han aumentado en los últimos años. Su crecimiento se ha dado sobre todo a partir de su inclusión en los programas de apoyo social (por ej. desayunos escolares). Adicional a ello, en los últimos años ha habido un gradual

“re-descubrimiento” de estos cultivos, por lo que su situación como cultivos marginados está cambiando. Los alimentos funcionales que contienen compuestos bioactivos se están convirtiendo en parte importante de la dieta de todos los grupos étnicos para la prevención, reducción o el tratamiento de numerosas enfermedades crónicas, y se está buscando determinar cuál es el aporte de los granos andinos en ese sentido. Las tendencias en cuanto a los alimentos nutracéuticos y alimentos funcionales que contienen sustancias naturales bioactivas están ahora focalizadas en plantas exóticas o extractos de plantas.

Los compuestos bioactivos son componentes que normalmente se producen en pequeñas cantidades en las plantas. Ellos están siendo intensamente estudiados para evaluar sus efectos sobre la salud. Muchos estudios epidemiológicos han demostrado los efectos protectores de las dietas basadas en vegetales frente a las enfermedades cardiovasculares (ECV) y el cáncer. Como resultado de investigaciones recientes, muchos compuestos bioactivos han sido descubiertos en los cultivos andinos, los cuales serán descritos en esta investigación.

Existe además un creciente interés comercial por los alimentos “exóticos” o étnicos en los países desarrollados. Varios factores están detrás de este interés por los alimentos del mundo en desarrollo. La creciente preocupación por la contaminación de los alimentos y la búsqueda de lo “orgánico”, junto con el cambio demográfico (el envejecimiento de la población), entre otros factores han dado lugar a una demanda cada vez mayor por nuevos productos que tengan atributos de saludables, alimentos funcionales, etc. Muchas de las especies tradicionales de alimentos de los países en desarrollo resultan adecuadas para satisfacer estas necesidades cambiantes de los mercados de los países desarrollados. Atributos de interés en el caso de los granos andinos incluyen un valor nutricional particularmente alto (contenido de vitaminas o nutrientes funcionales, proteínas de buena calidad, ausencia de alérgenos conocidos como el gluten, etc.); poseen además apariencia

atractiva, y son producidos promoviendo sistemas de producción ambientalmente sostenibles y gestionados éticamente (a menudo certificados como “orgánicos” o productos de “comercio justo”) (4). Recientemente, la cocina peruana y las tradiciones asociadas a la misma se han vuelto más ampliamente conocidas. Esto ha contribuido a la creciente demanda por los productos de este país y sus ingredientes alimenticios por parte de los mercados internacionales.

El objetivo principal de este libro es hacer una revisión sistemática de la información existente respecto al valor nutricional de los cultivos andinos, con especial énfasis en los granos andinos y presentar resultados recientes de investigaciones sobre sus componentes bioactivos. La revisión de la literatura recoge la información acerca de estos cultivos hasta hace poco descuidados o menospreciados, con el objetivo de difundir a un público más amplio la información científica más actualizada respecto a su valor nutritivo y sus usos.

CAPÍTULO II

GRANOS ANDINOS

Los principales granos andinos que se cultivan en la región andina de América del Sur son tres: quinua, kañiwa y kiwicha

2.1. Quinua

2.1.1. INFORMACIÓN GENERAL

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es una planta de la familia *Chenopodiaceae*. Era un cultivo muy importante para los Incas, quienes la llamaron “la madre del grano”, *chisiya mama* en quechua, la lengua nativa de los incas (1). La domesticación de la quinua se llevó a cabo al menos hace 8000 años en el altiplano de los Andes cerca del lago Titicaca (5). Hoy en día, la quinua es cultivada principalmente en la región andina desde Colombia, hasta norte de la Argentina, siendo Perú y Bolivia los más importantes productores. La quinua es una planta anual, dicotiledónea y por lo general de alrededor de 1-2 m de altura. La planta puede estar ramificada o no ramificada, dependiendo de la variedad, y pueden ser de color verde, amarillo, rojo o púrpura (ver Figura 1). La inflorescencia (panícula) puede ser *amarantiforme* o *glomeruliforme* (10). Las flores son pequeñas en general, y auto-fértiles.

En el altiplano andino, los diversos sistemas de producción donde crece la quinua son conocidos como *aynokas* (campos comunales), *waru warus* (camas altas), canchas (campos rodeados por muros de piedra), *cochas* (lagos pequeños alrededor de los campos) y andenes (terrazas). La quinua se siembra después de la rotación de cultivos de papa, a veces en los campos de otros cultivos. En los valles, la quinua es sembrada en asociación con frijol, papa, cebada y tubérculos andinos, sobre todo para evitar los riesgos de factores climáticos adversos como sequías, heladas, granizo, la alta salinidad y las inundaciones (9).

Hay diferentes tipos de quinua, ecotipos, que se han adaptado en diferentes zonas agroecológicas (6). La quinua se puede cultivar a nivel del mar, en los valles interandinos, en el altiplano (meseta alta), y aún en lugares como las planicies saladas en Bolivia. Las variedades que crecen en el altiplano boliviano resisten temperaturas bajas (-8 ° C),

los suelos alcalinos (pH 8) y la salinidad de 52 mS /cm. El principal mecanismo de supervivencia de la quinua a las heladas es evitar la formación del hielo por una reducción interna de la temperatura. La quinua tiene un elevado contenido de azúcar soluble, que puede causar disminución del punto de congelación y por lo tanto contribuye a reducir la temperatura letal del tejido de la hoja (7). Se sugiere que el nivel de azúcares solubles puede ser utilizado como un indicador de la resistencia a las heladas (8).

Figura 1. Quinua



Se presenta un ejemplo para clasificar la quinua en cinco principales tipos según su adaptación ecológica en el cuadro 1. (2).

Cuadro 1. Los principales tipos de quinua según su adaptación ecológica

Tipo de quinua
Quinuas de valle
Quinuas de altiplano
Quinuas de salares
Quinuas del nivel del mar
Quinuas de la selva

Las semillas de la quinua son pequeñas, con un diámetro de entre 1 a 2.5mm. El fruto está rodeado por un perianto que se puede quitar fácilmente. El grano está envuelto en un pericarpio de dos capas. Esta capa contiene saponinas, sustancias amargas que deben ser retiradas antes de que la quinua pueda ser consumida. El color del pericarpio puede ser transparente, blanco, amarillo, naranja, rosa, rojo, gris, violeta o negro (ver la **Figura 2**). Debajo del pericarpio está la cubierta de la semilla (epispermo) que puede ser transparente, blanco, marrón o negro. El epispermo cubre la perisperma rica en almidón. El embrión de la semilla (donde se concentra la mayor parte de las proteínas de la quinua) forma un anillo alrededor del perispermo y su proporción del peso del grano entero es de aproximadamente el 30%. Cabe señalar que la proporción del embrión de trigo es de sólo 1% del grano entero. En los cereales, como el maíz y el trigo, las reservas de almidón para el desarrollo del embrión se almacenan en el tejido del endospermo, pero en la quinua el tejido del endospermo se reduce a una o dos capas que rodean el eje hipocótilo-radícula. El almidón de la quinua se almacena en el perispermo que ocupa alrededor del 40% del volumen de la semilla (11).

Según Mujica et al. (9), la quinua tiene un alto potencial de rendimiento, es posible aumentar la producción y la productividad mediante el uso de variedades mejoradas, semillas de mayor calidad y prácticas agronómicas más apropiadas, aún sin aumentar el área de producción.

Figura 2. Granos de quinua de diferentes colores



2.1.2 COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRITIVO

El **cuadro 2** muestra la composición química del grano de la quinua. La quinua es una fuente excelente de proteínas, lípidos e hidratos de carbono. El embrión ocupa una mayor proporción de la semilla que en los cereales comunes, por lo que el contenido de proteína y aceite son relativamente altos.

Cuadro 2. Composición química de la quinua según diferentes autores

Componente	Ref. (12)	Ref. (13)	Ref. (14)	Ref. (15)
Proteína g/100 g	11.2	14.4	14.1	14.5
Grasa cruda g/100 g	4.0	6.0	9.7	5.2
Fibra g/100 g	n.d.	4.0	n.d.	14.2**
Ceniza g/100 g	3.0	2.9	3.4	2.7
Carbohidratos g/100 g	32.6*	72.6	72.5	64.2

* contenido de almidón

** fibra dietaria

n.d. = no determinado

Hay una diferencia significativa entre los valores de fibra en las referencias 13 y 15. Esta diferencia se debe en parte al uso de técnicas de análisis diferentes: la primera es un análisis de la fibra cruda y la segunda es un análisis de la fibra dietética. Los valores de fibra dietética son siempre más altos que los valores de fibra cruda. Por otro lado, Repo-Carrasco (13) analizó la quinua sin saponinas. Esta quinua ha perdido sus capas externas durante el proceso de eliminación de saponinas y por lo tanto el contenido de fibra se reduce.

PROTEÍNAS

La mayor concentración de proteínas en la quinua se encuentra en el embrión. Se trata principalmente de albúminas y globulinas con globulina 11 S (también llamado chenopodin) como principal grupo molecular, con pesos moleculares aparentes de las subunidades A y B de 22-23 kDa y 32-39 kDa, respectivamente, y la composición de aminoácidos similar a la globulina leguminosas (11, 16.). Hay muy pocos estudios sobre la composición de aminoácidos de los granos andinos. El **cuadro 3** muestra la composición de aminoácidos de la quinua, kañiwa, kiwicha, arroz y trigo. La importancia de las proteínas de la quinua descansa en el hecho de que el contenido de lisina es alto. La lisina es el primer aminoácido limitante en los cereales comunes, y como puede verse en la Tabla 3, el contenido de lisina es el doble en comparación con su contenido en el trigo.

Cuadro 3

Contenido de aminoácidos en granos andinos, arroz y trigo (g amino ácido/16 g N) (13)

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

* Aminoácidos esenciales

Los aminoácidos esenciales –los cuales se encuentran en abundancia en las proteínas de alta calidad nutricional, deben ser consumidos todos días porque el organismo humano no los puede producir. Un método para evaluar la calidad de proteínas en la dieta es mediante la determinación del cómputo químico, es decir, la comparación entre la cantidad del aminoácido esencial en una dieta de prueba en relación al correspondiente aminoácido en un *patrón de referencia*. Las recomendaciones internacionales para un aminoácido patrón de referencia se han determinado por separado para las diferentes edades (bebés, niños en edad preescolar, adultos) (17). Con el método de cómputo químico se puede determinar el amino ácido *limitante* de una proteína. El amino ácido limitante es aquel amino ácido que no se encuentra en la proteína en cantidades suficientes según el requerimiento humano. El cómputo químico es una estimación útil de la calidad de las proteínas de los alimentos y puede ser utilizado en lugar de los ensayos con animales (18). La leucina y la treonina son los primeros aminoácidos limitantes para algunas variedades de quinua, mientras que algunas variedades, como la “Amarilla de Marangani”, no tienen aminoácidos limitantes (ver **cuadro 4**).

Cuadro 4

El contenido de aminoácidos esenciales y el cómputo químico de tres tipos de quinua

Aminoácido (g/16 g N) (19)	Nariño	Amarilla de Marangani	Quinua comercial	FAO/WHO/UNU 1985 Patrón de referencia para los niños pre-escolares (17)
Histidina	2.6	2.8	2.7	1.9
Isoleucina	3.7	3.9	3.4	2.8
Leucina	6.4	6.9	6.1	6.6
Lisina	6.4	6.3	5.6	5.8
Metionina + cisteína	3.9	3.7	4.8	2.5
Fenilalanina + tirosina	6.8	7.2	6.2	6.3
Treonina	3.3	3.4	3.4	3.4
Triptofano	1.2	1.1	1.1	1.1
Valinea	4.5	4.6	4.2	3.5
Computo químico	0.97	1.00	0.92	
Aminoácido limitante	Leucina	-	Leucina y lisina	

La proteína de la quinua cumple con los requerimientos de los niños según el patrón de FAO/WHO/UNU (17). La calidad de proteína ha sido estudiada en pruebas biológicas. La eficiencia de proteína (PER = *The Protein Efficiency Ratio*) de la quinua es similar al PER de la caseína (20, 21). La digestibilidad de la proteína de la quinua es excepcionalmente alta (92 %) mientras la utilización neta y valor biológico de la proteína parecen ser de un valor moderado a alto (76% y 83 %, respectivamente (22).

Los péptidos bioactivos o péptidos con actividad biológica son producidos durante la digestión o la preparación de alimentos. Pueden ejercer un importante papel en la regulación metabólica, teniendo potencial para ser usados como nutracéuticos o como parte de alimentos funcionales para promover la salud general y prevenir enfermedades. En los últimos años, se han destinado muchos esfuerzos al estudio de los diferentes efectos beneficiosos que estos péptidos bioactivos pueden tener sobre el organismo. Estos efectos incluyen propiedades antihipertensivas, hipocolesterolemiantes, antioxidantes, antimicrobianas e inmuno-moduladoras, así como el efecto opiáceo. En el amaranto, se han identificado péptidos bioactivos. La quinua tiene proteínas similares (globulinas 11S, albúminas y glutelinas) al amaranto y es probable que sus péptidos también posean estas propiedades. En unos ensayos recientes, se ha encontrado que la quinua negra tiene una actividad antihipertensiva importante medida con el método de inhibición de actividad de ACE.

La quinua tiene una ventaja adicional al ser libre de gluten, siendo útil para ampliar el restringido número de preparaciones disponibles para pacientes con enfermedad celiaca. Normalmente los productos para los celíacos son pobres en fibra y proteína, y la incorporación de la quinua en estos productos podría mejorar sustancialmente su valor nutricional.

LÍPIDOS

El contenido de aceite en la quinua es mayor que en los cereales comunes (ver Cuadro 2). El aceite está principalmente localizado en el embrión. Este aceite es rico en ácidos grasos poliinsaturados (linoleico y linolénico), pero también en ácido oleico (ver Cuadro 5). El nivel de ácidos grasos insaturados es excelente, con respecto a la nutrición: el ácido graso esencial, ácido linoleico, entrega 10% de la energía total. De acuerdo con la Sociedad Americana de Pediatras, los alimentos para los lactantes deben contener al menos 2,7% de la energía en la forma de ácido linoleico (23). Además, el ratio de ácido linoleico/linolénico es el adecuado. Una dieta con una alta relación n-6/n-3 (proporción de ácidos linoleico / linolénico) promueve la patogénesis de muchas enfermedades degenerativas tales como las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, la osteoporosis, así como enfermedades inflamatorias y autoinmunes. Un aumento de la ingesta de ácidos grasos n-3 reduce los marcadores biológicos asociados con las enfermedades arriba mencionadas. El ratio actual n-6/n-3 en los países occidentales ha sido estimado que se ubica en el rango de 14:01-20:01 y está lejos de los niveles recomendados de 05:01-10:01. La relación n-6/n-3 de Quinua, con un 6,2, está dentro de los valores recomendados (15).

Cuadro 5. Composición de ácidos grasos y otras características del aceite de quinua

Característica	Ref. (24)	Ref. (11)	Ref. (25)	Ref. (15)
Ácidos grasos (% de la fracción de los lípidos)				
Mirístico (C14:0)	-	0.1	0.2	
Palmitico (C16:0)	9.59	9.7	9.9	11.0
Palmitoleico (C16:1)	-	0.2	0.1	
Estearico (C18:0)	0.1	0.6	0.8	1.1
Oleico (C18:1)	26.04	24.5	24.5	26.7
Linoleico (C18:2)	50.24	50.2	50.2	48.2
Linolénico (C18:3)	4.77	3.9	5.4	8.3
Araquídico (C20:0)	-	0.4	2.7*	0.6
Cis-11,14-Eicosadiénico (C20:2)	-	-	-	1.4
Docosanoico (all C22s)	-	-	2.7	-
Tetrasanoico (all C24s)	-	-	0.7	-
Gravedad específica	0.930	0.891	n.d.	n.d.
Índice de yodo (Wijs) (g I ₂ /100 g)	128	129	n.d.	n.d.
Materia no saponificable (%)	5.01	5.2	n.d.	n.d.

*todas C20s

n.d. = no determinado

El índice de yodo sirve para la determinación de la cantidad de insaturaciones contenidas en los ácidos grasos. Esta insaturación está en la forma de dobles enlaces que reaccionan con compuestos de yodo. Cuanto mayor sea el número de yodo, mayor es la presencia de los lazos de ácidos grasos insaturados en una grasa. En el caso de quinua, tenemos valores relativamente altos debido a su contenido de ácidos grasos insaturados. La determinación de materiales no grasos distintos del agua se realiza por la saponificación de la grasa por calentamiento con soda cáustica sólida o una solución de potasa hasta que todos los triglicéridos se hayan descompuesto en glicerina y jabón. Esto se denomina el material no saponificable y es un indicador de la presencia de compuestos tales como tocoferoles, escualeno y esteroides en el aceite. Este valor para el aceite de quinua es alto y se sabe que el aceite de quinua es rico en tocoferoles, lo que lo hace estable frente a la oxidación (11).

LOS HIDRATOS DE CARBONO

El principal carbohidrato de la quinua es el almidón. El almidón de la quinua se encuentra principalmente en el perispermo y se produce tanto en forma de gránulos pequeños individuales así como en grandes gránulos compuestos que contienen cientos de gránulos individuales (11). Los gránulos individuales son poligonales con un diámetro de 1,0-2,5 micras y los gránulos compuestos son de forma ovalada, con un diámetro de 6.4-32 micras (26). El almidón de la quinua tiene un bajo contenido de amilosa en comparación con los almidones comunes (11-12.2%) (26, 27). Es rico en amilopectina y se gelatiniza a temperaturas relativamente bajas (57-71 °C) (26, 27). El almidón tiene una alta viscosidad y se hincha en un solo fase en el rango de temperaturas de 65 a 95 °C (28). Este almidón tiene una excelente estabilidad en congelación-descongelación la cual está relacionada con el hecho de que es rico en amilopectina (11).

FIBRA DIETÉTICA

El contenido de fibra dietética en la quinua es similar al que existe en los cereales comunes. Sin embargo, hay diferencias entre las variedades de quinua con relación al contenido de fibra dietética. **(Cuadro 6)**. Esto es común en los granos. Gebruest et al. (2008) (29) encontraron una variación sustancial en el contenido de fibra dietética entre los diferentes tipos y variedades de trigo. También se obtuvieron resultados similares para los tipos y variedades de avena, y cebada (30, 31). Parte de esta variación puede estar relacionada con las condiciones ambientales, tales como el estado del suelo y los nutrientes y la disponibilidad de agua. Por otra parte, puede haber interacciones entre el genotipo y entorno, resultando en impactos diferentes en las concentraciones de componentes (32).

Cuadro 6. El contenido de la fibra dietaria en granos andinos y cereales comunes

Espece/variedad	IDF %	SDF %	TDF %	Ref.
Quinua				
La Molina 89	14.4	2.5	16.9	33
Blanca de Juli	12.2	2.4	14.6	33
Sajama	12.0	2.5	14.5	33
Kcancolla	12.7	2.3	15.0	33
Salcedo INIA	23.5	3.1	26.5	33
Kiwicha				
Centenario	14.9	2.4	17.3	33
Kañiwa				
Cupi	23.5	4.1	27.6	33
LP1	21.9	4.4	26.3	33
Ramis	23.1	4.2	27.3	33
Avena	n.d.	n.d.	10-23	32
Cebada	n.d.	n.d.	15-24	31
Trigo	n.d.	n.d.	10-18	29

n.d. = no determinado, IDF = fibra dietaria insoluble, SDF =fibra dietaria soluble, TDF = fibra dietaria total

LAS VITAMINAS Y LOS MINERALES

Los minerales de la quinua se concentran en las capas de salvado exteriores, como en los cereales comunes (11). La quinua es rica en calcio, magnesio, hierro y fósforo (véase **Cuadro 7**). Posee 2 veces más cantidad de magnesio que el arroz y el trigo (246,5 mg vs 120 y 118 mg y supera al frijol en más del 20% (200 mg). Consumiendo 20 gramos de harina de quinua se cubre el 10% de los requerimientos de magnesio en infantes, adolescentes y adultos, por lo que es considerada buena fuente de este micronutriente. Sin embargo, la disponibilidad de estos minerales puede ser afectada por algunos componentes de la quinua, principalmente por saponinas y el ácido fítico. Konishi et al. (34) estudiaron la distribución de los minerales en el grano de la quinua. Se encontró que el fósforo, potasio y magnesio se localizan principalmente en el tejido embrionario; el calcio y el potasio están presentes en el pericarpio, probablemente asociados con la pectina. También estudiaron el efecto de descascarillado del grano para el contenido de minerales y se descubrió que el contenido de calcio se redujo después del descascarado.

Cuadro 7. Contenido de minerales en la quinua

Mineral	Ref. (25) (mg/kg base seca)	Ref. (12) (%)	Ref. (35) (mg/kg muestra)	Ref. (34) (mg/100g)	Ref. (15) (mg/100 g base seca)	Ref. (36) (mg/100 g)
Calcio	200-3900	0.1020	860	86.3	32.9	56.5
Magnesio	1300-4600	n.d.	2320	502	206.8	176.0
Sodio	12-425	0.06125	930		n.d.	26.6
Fosforo	1290-6300	0.140	220	411	n.d.	468.9
Hierro	5-321	0.01050	26	15	5.5	14.0
Cobre	6-87	n.d.	76		n.d.	0.2
Zinc	12-99	n.d.	38	4	1.8	2.8
Potasio	5000-19800	0.82250	7140	732	n.d.	1193.0

n.d. = no determinado

El contenido de tiamina y riboflavina en la quinua es similar al de los cereales comunes (37). La quinua es una buena fuente de tiamina: con 22 gr de quinua entera o en harina (0,12 mg de tiamina) se cubre hasta el 20% del requerimiento de niños de 1 a 8 años y el 10% de los requerimientos de adultos y adolescentes.

Sin embargo, en comparación con los cereales comunes, la quinua parece ser una de las mejores fuentes de vitamina E. Es también una fuente excelente de γ -tocoferol, del cual contiene aproximadamente 5 mg/100 g, (23). El contenido de γ -tocoferol es de relevancia biológica en particular debido a su potencial anticancerígeno y anti-inflamatorio (38). La quinua contiene cantidades significativas de vitamina C, la cual no es común en los cereales. El contenido vitamínico de la quinua se presenta en la **Cuadro 8**.

Cuadro 8. Contenido de vitaminas en la quinua

Vitamina	Ref. (23)	Ref. (39)	Ref. (15)
Tiamina (mg/100 g grano)	0.4	n.d.	n.d.
Riboflavina (mg/100 g grano)	0.2	n.d.	n.d.
Acido folico (μ g/100 g)	78.1	n.d.	n.d.
Vitamina C (mg/100 g grano)	16.4	12-13	n.d.
α -tocoferol (mg/100 g grano)	2.6	n.d.	24.7*
Vitamina A (mg RE/100 g)	0.2	n.d.	n.d.

*contenido total de tocoferol