

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, Y TECNOLÓGICAS
DE QUINOAS (*Chenopodium quinoa Willd*) PROCEDENTES DE
PERÚ Y BOLIVIA”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre-2018

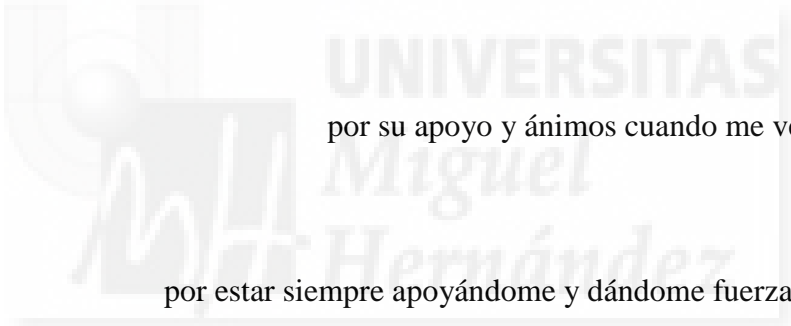
Autor: Cristina Artiaga Serna.

Tutor/es: Juana Fernández López.

Raquel Lucas González.



AGRADECIMIENTOS



A mis padres,
por su apoyo y ánimos cuando me veía abrumada.

A mi familia,
por estar siempre apoyándome y dándome fuerzas para acabar,
y poder lograr un trabajo que me guste.

A mi tutora Juana Fernández López,
por su ayuda y paciencia a lo largo de este trabajo.

Así como a Manuel Viuda Martos,
por su ayuda a lo largo del proceso experimental.

A mis amigas,
Por cuando he estado agobiada han sabido sacarme una sonrisa
Y ayudarme a desconectar, así como darme ánimos.

A las personas que me han ayudado a mejorar en estos años de universidad.

AGRADECIMIENTOS

“La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España a través del Proyecto de Investigación AGL2016-75687-C2-2-R (AEI/FEDER/UE)”.



**PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TECNOFUNCIONALES DE QUINOAS
(*Chenopodium quinoa Willd*) PROCEDENTES DE PERÚ Y BOLIVIA.**

Se pretende dar constancia de la historia e importancia de la quinoa a lo largo de los años y su amplitud geográfica actualmente. Así como, recabar información de sus características generales, los tipos y colores, la variedad Quinoa Real y su uso industrial actual. En este estudio se trabajará con semillas comerciales de Quinoa Real procedentes de Perú y de Bolivia, por ser los principales países de producción. Se analizará la composición proximal de ambas muestras, así como sus propiedades fisicoquímicas y tecnofuncionales. Los resultados obtenidos proporcionarán información necesaria para poder comparar la calidad de ambas semillas y determinar la influencia del origen en dicha calidad.

**PHYSICOCHEMICAL AND TECNOFUNCTIONAL PROPERTIES OF
QUINOAS (*Chenopodium quinoa Willd*) FROM PERU AND BOLIVIA.**

It is intended to give proof of the history and importance of quinoa throughout the years and its geographical extent today. Moreover, we will gather information about its general characteristics, types and colors, the Quinoa Real variety and its current industrial use. In this study we will work with commercial Quinoa Real seeds from Peru and Bolivia, as they are the main producing countries. The proximal composition of both samples will be analyzed, as well as their physicochemical and techno-functional properties. The obtained results will provide necessary information to be able to compare the quality of both seeds and determine the influence of the origin in the above-mentioned quality.

Palabras Clave	Keywords
Quinoa	Quinoa
Composición	Composition
Tecno-funcional	Techno-functional
Calidad	Quality
<i>Chenopodium quinoa</i>	<i>Chenopodium quinoa</i>

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. HISTORIA	8
1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA QUINOA	9
1.2.1. Planta de quinoa.....	9
1.2.2. Estructura y composición de la semilla de quinoa.....	12
1.2.3. Compuestos bioactivos de la quinoa.....	16
1.3. PRODUCCIÓN DE QUINOA	17
1.3.1. Principales países productores de quinoa	17
1.3.2. La quinoa en España.....	20
1.4. VARIEDADES Y COLORES DE LA QUINOA	21
1.5. USO INDUSTRIAL DE LA QUINOA.....	23
1.5.1. Productos procesados de quinoa (a partir del grano).....	24
1.5.2. Productos industriales de la quinoa (a partir de sus subproductos)	27
2. OBJETIVOS.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. MUESTRAS	28
3.2. COMPOSICIÓN PROXIMAL.....	28
3.2.1. Humedad.....	28
3.2.2. Cenizas.....	29
3.2.3. Proteínas	29
3.2.4. Lípidos	30
3.2.5. Fibra dietética total	30
3.2.6. Hidratos de carbono.....	30
3.3. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS.....	30
3.3.1. pH	30
3.3.2. Actividad de agua (a_w)	31
3.3.3. Color	31
3.4. PROPIEDADES FÍSICAS	31
3.4.1. Tamaño de las semillas	31
3.4.2. Densidad	32
3.4.3. Porosidad	32
3.5. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS.....	32

3.5.1. Capacidad de retención de agua (CRA).....	32
3.5.2. Capacidad de retención de aceite (CRO).....	33
3.5.3. Capacidad de retención de bilis (CRB)	33
3.5.4. Capacidad de gelificación y precipitado en fase oleosa	34
3.5.5. Actividad emulsificante (AE)	34
3.5.6. Estabilidad de la emulsión (EE)	35
3.5.7. Capacidad de hinchamiento (SWC).....	35
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL.....	36
4.2. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.....	38
4.3. PROPIEDADES FÍSICAS	40
4.4. PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES	41
5. CONCLUSIONES	44
6. BIBLIOGRAFIA	45



1. INTRODUCCIÓN

1.1. HISTORIA

La quinoa, *Chenopodium quinoa Willd* es una planta andina (Figura 1) que se originó en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia. La quinoa fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población de ese entonces.



Figura 1: Planta de distintos tipos de quinoa (Fuente: zdravoslovni-hrani.net)

La evidencia histórica disponible señala que su domesticación por los pueblos de América pudo haber ocurrido entre los años 3.000 y 5.000 antes de Cristo. Existen hallazgos arqueológicos de quinoa en tumbas de Tarapacá, Calama y Arica, en Chile, y en diferentes regiones del Perú. A la llegada de los españoles, la quinoa tenía un desarrollo tecnológico apropiado y una amplia distribución en el territorio Inca y fuera de él. El primer español que reporta el cultivo de quinoa fue Pedro de Valdivia, quien al observar los cultivos alrededor de Concepción menciona que, entre otras plantas, los indios siembran también la quinoa para su alimentación. Garcilaso de la Vega describe en sus comentarios reales que la planta de quinoa es uno de los segundos granos que se cultivan sobre la faz de la tierra denominada quinoa y que se asemeja algo al mijo o arroz pequeño y hace referencia al primer envío de semillas hacia Europa, que desafortunadamente llegaron muertas y sin poder germinar, posiblemente debido a la alta humedad reinante durante la travesía por mar. (Mujica et al., 2001)

La quinoa silvestre probablemente se usó por sus hojas y semillas para la alimentación. Una evidencia temprana de su morfología se encuentra en la cerámica de la cultura Tiahuanaco, que representa a la planta de quinoa con varias panojas distribuidas a lo largo del tallo, lo que mostraría una de las razas más primitivas de la planta. Desde el punto de vista de su variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple. La región andina, especialmente las orillas del Lago Titicaca, muestra la mayor diversidad y variación genética de la quinoa.

Durante la domesticación de la quinoa, y como producto de la actividad humana, hubo un amplio rango de modificaciones morfológicas. Entre ellas: la condensación de la inflorescencia en el extremo terminal de la planta, el incremento del tamaño de la planta y la semilla, la pérdida de los mecanismos de dispersión de la semilla, así como altos niveles de pigmentación.

Durante la domesticación los pueblos andinos seleccionaron los genotipos por el tipo de uso y por la tolerancia a factores adversos tanto bióticos como abióticos, llegando a obtener las actuales plantas y ecotipos con características diferenciales, tales como las quinoas "chullpi" para sopas, las quinoas "pasankalla" para tostado, las "coyotos" para harina, las "reales" para la "pissara" o graneado, la "utusaya" para resistir a la salinidad, las "witullas" y "achachinos" para resistir el frío, las "kcancollas" para resistir la sequía, las "quellus" o amarillas para alto rendimiento, las "chewecas" para resistir el exceso de humedad, las "ayaras" por valor nutritivo (alto balance de aminoácidos esenciales y proteína), y las "ratuquis" por precocidad (Mujica et al., 2001).

1.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA QUINOA

1.2.1. PLANTA DE QUINOA

La quinoa es un pseudocereal, se trata de especies dicotiledonas que producen semillas parecidas a los granos con funciones y composición similar a los formados por cereales. Los pseudocereales son esencialmente cultivos amiláceos que pueden contener cantidades significativas de proteínas y aceite (Reguera y Haros, 2017). En la figura 2 se presenta un esquema con las diferentes partes de la planta de quinoa.



Figura 2. Partes de la planta de quinoa (Fuente: http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/planta/es/?no_mobile=1)

Raíz

Es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, lo que le da resistencia a la sequía y buena estabilidad (FAO, 2013).

Tallo

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones. Su grosor varía de 1 a 8 cm. Existen variedades ampliamente ramificadas y otras de tallo único.

El color básico del tallo en la época de floración, puede ser verde, verde-amarillo, naranja, rosado, rojo y púrpura. A la madurez el color del tallo, en general, se torna de un color crema o rosado con diferentes intensidades (FAO, 2013).

Hojas

Las hojas son alternas, su coloración es variable: del verde al rojo con diferentes tonalidades y puede hasta 15 cm de largo y 12 cm de ancho. Las hojas están cubiertas por cristales (oxalato de calcio) que le permite captar la humedad ambiental por las noches, controlar la excesiva transpiración y disminuir el calentamiento de las hojas por la radiación solar (FAO, 2013).

Inflorescencia

Es una panoja típica, constituida por un eje central que puede ser compacta o laxa. Su longitud varía entre los 30 y 80 cm y su diámetro entre 5 a 30 cm. El número de semillas por panoja varía de 100 a 3.000. Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en laxas o amarantiformes y compactas o glomeruladas (FAO, 2013).

Flores

Son muy pequeñas, alcanzan un tamaño máximo de 3 mm están desprovistas de pétalos, pueden ser hermafroditas, femeninas (pistiladas) o con esterilidad masculina (androestériles). La fecundación de las flores puede ser por autopolinización (autogamia, con polen de la misma flor o de la misma planta) y por polinización cruzada (allogamia) (FAO, 2013).

Fruto

Es un aquenio, que tiene forma cilíndrica, levemente ensanchado hacia el centro, contiene una sola semilla de coloración variable, con un diámetro de 1,5 a 4 mm. El fruto está cubierto por una membrana llamada perigonio sepaloide o las envolturas florales, la cual se desprende con facilidad a la madurez; sin embargo, en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la cosecha y el procesamiento industrial de los granos. El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla. El pericarpio está adherido a la capa de las semillas y el nivel de adherencia es variable, tiene alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano (FAO, 2013).

Semilla

Es el fruto sin perigonio (membrana que envuelve la semilla). Su color varía dependiendo de la variedad, pudiendo tomar matices del blanco, amarillo, rojo o negro (FAO, 2013).

1.2.2. ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA SEMILLA DE QUINOA

Estructuralmente, la semilla de quinoa está compuesta de tres partes principales incluyendo el endospermo, embrión y la cubierta de la semilla (figura 3). El endospermo es la porción de almacenamiento primario de almidón y también contiene proteínas. El embrión es la porción de almacenamiento del aceite, alta en proteínas y minerales. La cubierta de la semilla, también llamada pericarpio o salvado está formada principalmente por celulosa y hemicelulosa con algunas proteínas y lignina (Baltensperger, 2003).

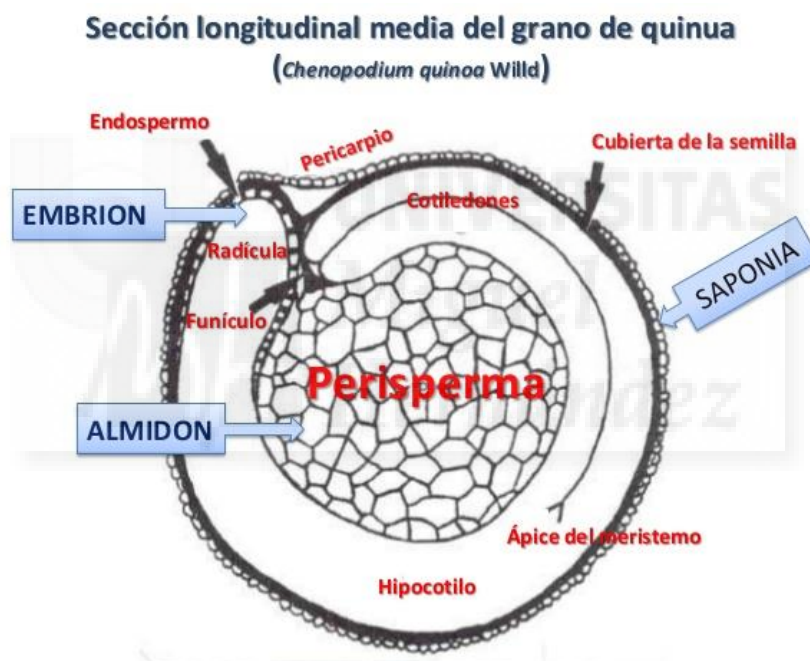


Figura 3. Sección longitudinal media del grano de quinoa (Fuente:

<https://es.slideshare.net/IvanHinojosa1/05-proc-quinua>)

La característica más distintiva de la quinoa es el contenido y calidad de sus **proteínas**; el contenido de proteína de la quinoa varía entre 13,81 y 21,9% dependiendo de la variedad. Presenta un adecuado balance de aminoácidos destacándose entre estos: lisina, histidina, metionina y cisteína, cuyas concentraciones son en general mayores a las de los cereales tradicionales (Galwey, 1993). Cien gramos de quinoa contienen casi el quíntuple de lisina, más del doble de isoleucina, metionina, fenilalanina, treonina y valina, y cantidades muy superiores de leucina (todos ellos aminoácidos esenciales junto con el

triptófano) en comparación con 100 gramos de trigo. Además, supera a éste en las cantidades de histidina, arginina, alanina y glicina además de contener aminoácidos no presentes en el trigo como la prolina, el ácido aspártico, el ácido glutámico, la cisteína, la serina y la tirosina (todos ellos aminoácidos no esenciales). La digestibilidad de la proteína o biodisponibilidad (digestibilidad verdadera) de los aminoácidos de la quinoa varía según la variedad y el tratamiento a que son sometidas (Alandia et al., 2011).

Los aminoácidos esenciales se encuentran en el núcleo del grano, a diferencia de los cereales que los tienen en el exosperma o cáscara, como el arroz o trigo. Sin embargo, a pesar de su buen contenido de nutrientes, los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. Estas sustancias son los glucósidos denominados saponinas (Alandia et al., 2011).

Es importante destacar que la quinoa, como no es un cereal, no contiene **gluten**. No solo no aporta gluten, sino que también se ha descubierto que la quinua ayuda a que los celíacos puedan regenerar la tolerancia al gluten. Un equipo de investigadores del King's College de Londres comprobaron que si un celíaco lleva una dieta sin gluten, pero rica en quinoa, puede recuperar la función del intestino en mucho menos tiempo (Alandia et al., 2011).

El aporte de **lípidos** puede oscilar entre 2,05 a 10,88% con un promedio de 6,39%. El mayor porcentaje de ácidos grasos presentes en este aceite es el ácido linoleico (omega 6) con un 50,24%. El ácido oleico (omega 9) se encuentra en segundo lugar, con un 26,04%. A continuación, estarían el ácido palmítico con 9,59% y el ácido linolénico (omega 3) con un 4,77%. Otros ácidos grasos se encuentran en pequeña proporción, como el ácido esteárico y el eicosapentaenoico.

La quinoa ayuda a reducir el colesterol LDL (o colesterol malo) del organismo y elevar el colesterol HDL (o colesterol bueno) gracias a su contenido en ácidos grasos omega 3 y omega 6. El contenido de grasa de la quinoa tiene un alto valor debido a su alto porcentaje de ácidos grasos insaturados (Alandia et al., 2011).

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

Por lo que respecta a la **fibra** supone el 6% del peso total del grano y es la que hace que la ingesta de quinoa favorezca el tránsito intestinal, regule los niveles de colesterol, estimule el desarrollo de flora bacteriana beneficiosa y ayude a prevenir el cáncer de colon. Posee un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), produce sensación de saciedad. Los cereales en general, y la quinoa en particular, tienen la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago por lo que de esta forma se logra plenitud con poco volumen de cereal (Alandia et al., 2011).

La quinoa es un alimento rico en **minerales**, como son (Llorente, 2008):

- Calcio, fácilmente absorbible por el organismo, contiene más del cuádruple que el maíz, casi el triple que el arroz y mucho más que el trigo (46 a 340 mg/100 g de materia seca.)
- Hierro, contiene el triple que el trigo y el quíntuple que el arroz.
- Potasio, contiene el doble que el trigo, el cuádruple que el maíz y ocho veces más que el arroz.
- Magnesio, en cantidades bastante superiores también al de los otros tres cereales (270 mg/100 g de materia seca, aproximadamente).
- Fósforo: los niveles son parecidos a los del trigo, pero muy superiores a los del arroz y, sobre todo, a los del maíz.
- Zinc: casi dobla la cantidad contenida en el trigo y cuadruplica la del maíz (4,8 mg/100 g de materia seca, aproximadamente).
- Manganeso: sólo el trigo supera en este mineral a la quinoa, mientras el arroz posee la mitad y el maíz la cuarta parte.
- Pequeñas cantidades de cobre y de litio.

Respecto a las **vitaminas** de la quinoa, las más importantes son la vitamina A, vitamina E, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico, los cuales se encuentran en las cantidades que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Rango de vitaminas presentes en la quinoa (Fuente: Ayala et al., 2004).

Vitaminas	Rango (por 100g quinoa)
Vitamina A	0,12-0,53 ug
Vitamina E	4,60-5,90 mg
Tiamina	0,05-0,60 mg
Riboflavina	0,20-0,46 mg
Niacina	0,16-1,60 mg
Ácido ascórbico	0,00-8,50 mg

La quinoa, es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos y vitaminas y no contiene gluten.

Existe una gran variabilidad en la composición química y física del grano de quinoa, dependiendo de varios factores, tales como la variedad genética, las condiciones de cultivo, las características edáficas y del medio ambiente (Alandia et al., 2011).

Además de los compuestos nutritivos, también hay que destacar la presencia de **factores antinutricionales** en la quinoa. Ruales (1992) destacó la presencia de los siguientes compuestos antinutricionales en la quinoa: las saponinas y el ácido fítico.

Las **saponinas** son sustancias orgánicas de origen mixto, ya que provienen tanto de glucósidos triterpenoides (de reacción ligeramente ácida), como de esteroides derivados de perhidro 1,2 ciclopentano fenantreno. Estas moléculas se encuentran concentradas en la cáscara de los granos y representan el principal factor antinutricional en el grano. El contenido de saponina en la quinoa varía entre 0,1 y 5%. Aunque las saponinas, en la actualidad, constituyen principalmente un desecho industrial, cuentan con un interesante nicho en la industria farmacéutica, de cosméticos, en detergentes y en la industria minera (Alandia et al., 2011).

El principal efecto de la saponina es producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y la sangre, por lo que podría producirse un detrimento en el crecimiento, a través de la acción sobre la absorción de nutrientes (Puentes, 2006). No obstante, parece que el efecto tóxico de la saponina de quinoa sobre el organismo humano está en discusión. A pesar de ello, la saponina debe ser eliminada de la quinoa antes de su consumo porque el sabor amargo resultante del glucósido es un estorbo para los consumidores (Puentes, 2006).

Los granos de quinoa contienen cantidades significativas de **ácido fítico** o sus sales (fitatos). La ingesta del ácido fítico tiene efectos favorables, como su función antioxidante, prevención de enfermedades coronarias y efecto anticarcinogénico, los cuales se desarrollan a partir de sus productos de hidrólisis (Kumar et al., 2010). No obstante, es bien conocido como inhibidor de minerales, y de la biodisponibilidad de proteínas y elementos traza (Hurrell et al., 2003). Los fitatos tienen una carga negativa muy fuerte y por ello tienen un excelente potencial para unirse a cationes multivalentes cargados positivamente tales como el Ca, Mg, Zn, Cu y Fe. Esta característica tiene efectos adversos sobre la biodisponibilidad de estos minerales, debido a la formación, a valores fisiológicos de pH, de complejos insolubles, que no son absorbibles en el tracto gastroentérico (López et al., 2001). Estos efectos negativos sobre la salud de los fitatos son más significativos en países en desarrollo y en poblaciones de riesgo debido a la alta incidencia de deficiencias en la ingesta de minerales.

Junto con las saponinas, son los dos principales antinutrientes presentes en las semillas de quinoa. Los fitatos en la quinoa están presentes principalmente en el cuerpo de las proteínas de las células embrionarias del grano, donde se localizan el 60% del total de los fitatos (Ando et al., 2002). El contenido en fitatos varía dentro de un amplio rango (entre 9,3 y 20,3 moles de ácido fítico/g), lo cual puede explicarse por que su contenido está afectado por muchos factores (Bohn et al., 2008; Haros y Schoenlechner, 2017).

1.2.3. COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA QUINOA

Aparte de los macro y micronutrientes presentes en la quinoa, también es importante su composición en compuestos bioactivos, es decir, metabolitos secundarios de las plantas que contribuyen a diversas actividades fisiológicas antimicrobianas, antiinflamatorias, antitumorales y efectos anticancerígenos. Concretamente en la quinoa se destaca su composición en compuestos bioactivos de naturaleza hidrofílica como los ácidos fenólicos y flavonoides y las betalainas, cuyo contenido y por lo tanto su actividad antioxidante y su potencial beneficio para la salud pueden diferir según los ecotipos (grupos de cultivares definidos de acuerdo a su distribución, ecológica, agronómica y morfológica) (Valencia et al., 2017).

Diferentes autores han reportado que el contenido en compuestos fenólicos totales en la quinoa varía entre 1.59-374 mg GA/100 g en diferentes variedades de quinoa, con importantes diferencias entre ellas. En cuanto a la composición de estos compuestos

fenólicos, mayoritariamente se encontraron los ácidos fenólicos, cuyo contenido varía entre 16.8 y 59.7 mg/100 g, siendo los ácidos mayoritarios el ácido caféico, el ferúlico, el p-cumarínico, el benzoico p-OH y el vanílico (Pellegrini et al., 2018).

La quinoa también es una fuente importante de flavonoides, principalmente glicosidos de los flavonoles quercetina y quercetina (Alvarez-Jubete et al., 2010). También se han encontrado en la quinoa isoflavonas, concretamente la daidzeína y la genisteína. Estos compuestos están implicados en la fisiología de la planta (protección frente a patógenos) y se les atribuyen efectos sobre la salud, como la reducción de la resistencia arterial y la mejora de la densidad ósea además de sus propiedades antioxidantes (Haros y Schoenlechner, 2017).

1.3. PRODUCCIÓN DE QUINOA

1.3.1. PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE QUINOA

En los últimos años, se constata un progresivo aumento de la producción de quinoa, especialmente en los países que han sido tradicionalmente los principales productores, esto es Bolivia, Perú y Ecuador, y se estima que más del 80% de la producción mundial de quinoa se concentra en esos tres países. El cultivo se está expandiendo a otros continentes y actualmente se está cultivando en varios países de Estados Unidos, Europa y de Asia con altos niveles de rendimiento (Furche et al., 2014).

Los tres principales países productores (promedio de producción entre 1994-2016) de quinoa son Perú (39.435,96 toneladas) en cabeza, Bolivia (34.441 toneladas) y Ecuador (1.753,26 toneladas), como se puede observar en la figura 4.

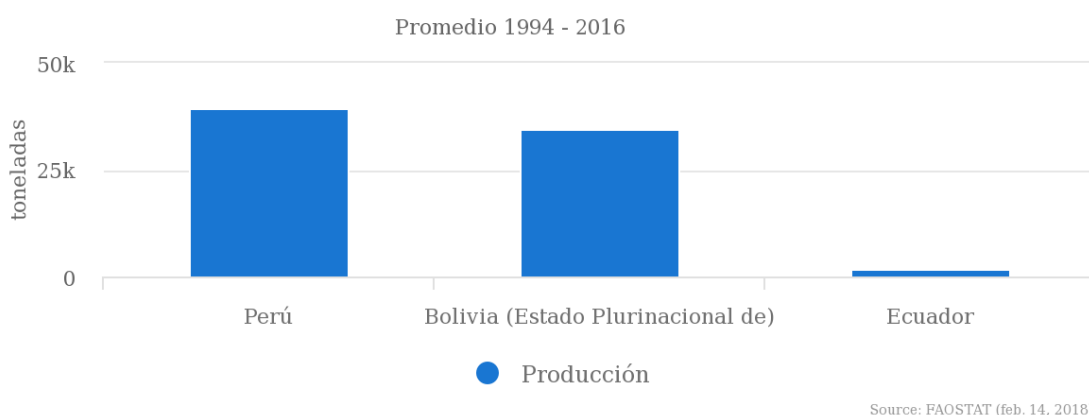


Figura 4. Promedio de los principales países productores desde 1994 a 2016 (en toneladas). Fuente: elaboración propia a partir de datos de FAOSTAT (2018)

En la actualidad el cultivo de la quinoa se encuentra difundido a nivel mundial y comercialmente con alta demanda en el mercado Europeo por sus bondades nutricionales y calidad culinaria. A esta gran expansión ha contribuido que su cultivo se haya adaptado fácilmente a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y culturales, pero también que importantes organizaciones mundiales estén promocionando sus bondades. Así por ejemplo, la FAO (Federación de Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas) declaró el año 2013 como el año internacional de la quinoa con el ánimo de fomentar su cultivo, puesto que al ser muy nutritiva ha sido elegido como uno de los mejores alimentos que podrían paliar el hambre mundial en el futuro; también la NASA que ha elegido a la quinoa como una de las 3 semillas que llevaran los astronautas en sus viajes tripulados a Marte, por su aporte nutricional y proteico (Iglesias, 2015).

Los cinco cultivos más importantes para la alimentación mundial son el trigo, el maíz, el arroz, la patata y el sorgo. La quinoa aún es un cultivo menor para la agricultura y la alimentación mundial, pero hay que tener en cuenta que, si en los años 70 solo se cultivaba en América Latina, en cinco o seis países de los Andes, en este momento la mitad de los países del mundo cultivan quinoa o están experimentando su cultivo (Iglesias, 2015). Esto significa que puede pasar a ser un cultivo de gran importancia para la alimentación mundial en los próximos años. La expansión del cultivo de la quinoa es parecida a la que hubo en su momento con la patata o el arroz (Iglesias, 2015).

La quinoa entró en Europa gracias a la PAC (Política Agraria Comunitaria), a comienzos del 2000, en los países del sur de Europa (Grecia, Italia, España) como cultivo alternativo al tabaco. Ahora puede ser una alternativa a otros cultivos. Además, se trata de un cultivo con alto rendimiento en semillas, que no necesita mucha agua (Iglesias, 2015).

El comercio mundial de la quinoa ha experimentado un crecimiento significativo en el pasado reciente, pues como se puede observar en la figura 5, es a partir del año 2006 cuando se aceleran las exportaciones. Tanto el área de cosecha como la producción de quinoa han ido aumentando, considerablemente, de 1994 hasta 2016, desde unas 50 toneladas a unas 200 toneladas.

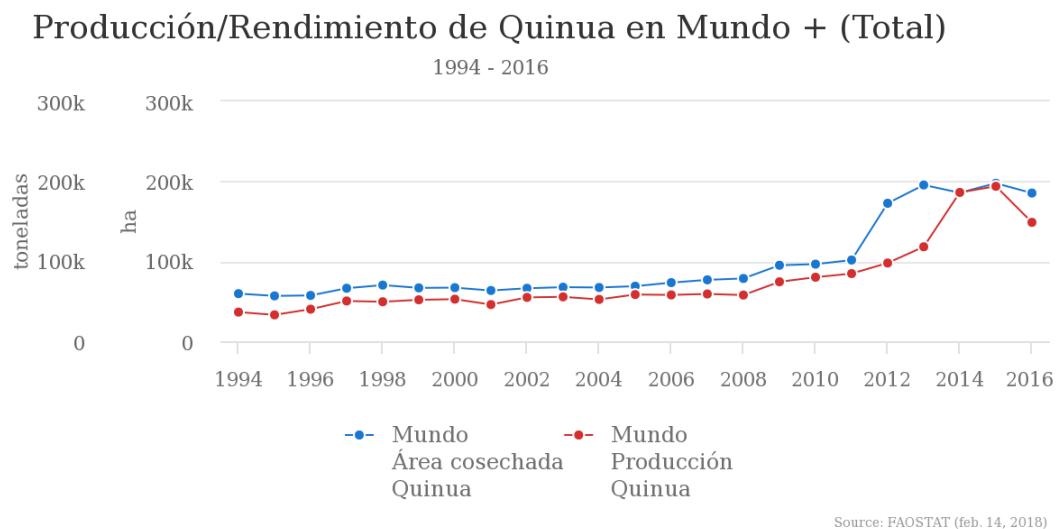


Figura 5. Producción de quinoa (en toneladas) en el mundo desde 1994 a 2016 (con intervalo de dos años). Fuente: elaboración propia con datos de FAOSTAT (2018).

Las razones que explican este aumento en la superficie cultivada, así como en los volúmenes de producción son variadas, aunque las más importantes son las siguientes:

- a) La revalorización de las culturas originarias y las políticas de gobierno puestas en ejecución para estimular su cultivo.
- b) La adaptabilidad del cultivo a una gran diversidad de situaciones ecológicas, de manera que si bien es en otros países de la región, como Argentina, Chile y Colombia se registran igualmente algunas áreas de producción, pero en escala mucho menor que la de los tres principales países productores.
- c) La validación y difusión de las cualidades nutritivas de la quinoa, que es aceptada de manera cada vez más amplia como una fuente saludable de proteínas, energía y micro elementos nutritivos.
- d) El hecho de que se trata de un cultivo desarrollado casi exclusivamente por pequeños productores, generalmente en condiciones de producción orgánica, lo que le otorga características especiales cada vez más valoradas en el comercio internacional.
- e) Asociado a lo anterior, la posibilidad de utilizar el producto en una amplia gama de alternativas de preparación e industrialización, lo que permite también una segmentación de los mercados de consumo.

f) La apertura de oportunidades de exportación, principalmente a Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea, lo que ha favorecido una dinamización de la producción local, otorgando posibilidades de vinculación a mercados (Furche et al., 2014). Este fenómeno, ha determinado que la Organización Mundial de Aduanas haya introducido en la Enmienda 2012 del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías una apertura especial para este producto (Furche et al, 2014).

1.3.2. LA QUINOA EN ESPAÑA

El hecho de que el consumo de arroz baje en Asia, junto con que en Europa y Estados Unidos se dispare el consumo de quinoa, ha llevado a que las principales empresas comercializadoras de arroz en España hayan introducido la comercialización de la quinoa en su oferta comercial (Placer, 2017). Así, el grupo Ebro Foods, uno de los principales fabricantes de arroz del mundo (2.500 millones de euros en facturación) ha entrado de lleno en el negocio de la quinoa desde el año pasado. El producto era residual en algunas de sus empresas, pero desde el año pasado forma parte importante de su negocio de alimentación saludable, que la compañía espera que alcance (junto con otros productos saludables) las ventas del arroz y la pasta (sus dos principales pilares) en pocos años (Placer, 2017). Este grupo lanzó el arroz integral SOS con quinoa, uno de los que mayor éxito ha tenido en los últimos meses, aunque uno de los productos estrella han sido los vasitos de quinoa Brillante que se cocinan en un minuto en el microondas (Placer, 2017).

También la empresa italiana La Finestra Sul Cielo ha desarrollado, desde su sede en Montmeló (Barcelona), el negocio de uno de sus productos estrella, Quinoa Real, una marca comprada en Brasil y que comercializa una cotizada variante de la quinoa cosechada en Bolivia (Placer, 2017).

Lo que empezó como una moda ahora es algo mucho más serio. La cadena de tiendas General Mills, en Estados Unidos, ha lanzado el cereal Cheerios con “granos ancestrales”, entre los que incluyen espelta, avena y, por supuesto, quinoa (Placer, 2017). España ya cuenta con dos fábricas en Sevilla y Málaga.

El productor de algodón español Algosur acaba de crear una empresa productora de quinoa que ya cuenta con más de 1.300 hectáreas de cultivo y una procesadora propia. Ahora, quiere extender su cultivo que requiere climas secos y condiciones muy especiales en Extremadura (Placer, 2017).

Mercadona ha llenado sus estanterías con ensaladas con quinoa, quinoa de la marca italiana Colfiorito (para cocinar), los exitosos vasos de quinoa para microondas de la marca Brillante y platos novedosos preparados como ensalada de quinoa, pavo y queso.

Amazon, que vende decenas de productos diferentes de quinoa (blanca, roja, negra, boliviana, peruana o chilena) también promociona a la quinoa dentro de su nueva campaña “Summer in March” con la que destaca los productos con mejor tendencia de ventas, la bebida de quinoa real. También cuenta con decenas de libros con recetas de quinoa, desde ensaladas hasta postres y bebidas (Placer, 2017).

El año pasado, el fabricante malagueño de vegetales en conservas, Alsur, lanzó los pimientos con quinoa, los pimientos y atún con quinoa y la ensañada de pimientos rojo y verde con quinoa, tres productos impensables en su línea de negocios. Hoy, la empresa ha ido mucho más allá y avanza en la puesta en marcha de la mayor fábrica de quinoa de Europa (Placer, 2017).

Todos estos datos dan una idea de la fuerza con la que la quinoa se ha introducido en nuestro país.

1.4. VARIEDADES Y COLORES DE LA QUINOA

Existe una gran variabilidad en la composición química y física del grano de quinoa, dependiendo de varios factores, tales como la variedad genética, las condiciones de cultivo, las características edáficas y del medio ambiente; cuenta con más de tres mil variedades o ecotipos, tanto cultivadas como silvestres, que se resumen en cinco categorías básicas según el gradiente altitudinal: ecotipos del nivel del mar, del altiplano, de valles interandinos, de los salares y de los Yungas (Calandri et al., 2011). En la figura 6 se presentan diferentes variedades de quinoa, con diferentes coloraciones, lo que da una idea de la diversidad de la misma.

Las características físicas de los granos, tales como forma y tamaño, densidad, porosidad, peso y propiedades organolépticas, son parámetros importantes para el análisis de calidad de los granos y para la aplicación de las normas nacionales e internacionales (Machado Ospina, 2002). Con respecto a la calidad que exigen los consumidores, se puede decir que ellos prefieren quinoa de grano grande, de color claro y limpio, pero si el producto va a ser molido y vendido como harina el tamaño de la quinoa deja de ser importante (Calandri et al., 2011).



Figura 6. Diversidad de los colores de granos de quinoa (Fuente: FAO, 2016).

En función de la coloración, los tipos más comerciales de quinoa son (Figura 7):

1. **BLANCA:** De todas las variedades de quinoa, la blanca es la más conocida. La versión clásica tiene el sabor más delicado y gracias a su textura ligera queda más esponjosa una vez cocinada (Spratt, 2015).
2. **ROJA:** En comparación con la blanca, la quinoa roja proporciona un poquito más de proteínas y también es más rica en riboflavina. Cocinada, esta variedad tiene un color amarronado y un sabor comparativamente más intenso que la blanca, con un toque más fuerte a nueces. La roja es especialmente rica en ácido fólico y contiene algo más de fibra y carbohidratos. Requiere aproximadamente 3-4 minutos de cocción más que la blanca (Spratt, 2015).
3. **NEGRA:** La quinoa negra es considerada más rara que la blanca y la roja. La variedad negra es más rica en litio, un mineral esencial que ayuda a regular el sistema nervioso. La quinoa negra destaca por su contraste de sabor a tierra junto con un toque dulce sutil. Requiere aproximadamente 5-6 minutos de cocción más que la blanca (Spratt, 2015).



Figura 7. semillas de quinoa negra, blanca y roja (Fuente: www.conasi.eu).

La **quinoa real** es una variedad de quinoa que se cultiva solamente en el altiplano boliviano en la zona salina de Uyuni, situada a más de 3.600 metros de altura. Los métodos utilizados para su cultivo son los mismos que utilizaban los Incas hace miles de años. La preparación del suelo es totalmente manual, el abono utilizado es estiércol de llama (típico animal de la zona) y las plagas se controlan utilizando extractos de plantas autóctonas. Para la siembra, la cosecha, el almacenamiento y la molienda del grano también se utilizan métodos artesanales, únicos en la zona (Anónimo, 2014).

Aunque varios países como Brasil, Colombia, Méjico, Francia e Inglaterra también cultivan quinoa, la Quinoa Real boliviana es un tipo de quinoa de más calidad con un único sabor y textura. Todas estas características han permitido que recientemente la CAN (Comunidad Andina de Naciones, formada por Perú, Colombia, Bolivia y Ecuador) haya reconocido la designación de denominación de origen a esta variedad de quinoa.

1.5. USO INDUSTRIAL DE LA QUINOA

La quinoa es un producto del cual se pueden obtener, además del grano de quinoa, una serie de subproductos de uso alimenticio, cosmético, farmacéutico y otros. En la figura 8 se presentan los diferentes productos obtenidos a partir del grano de quinoa y de sus subproductos (saponina).

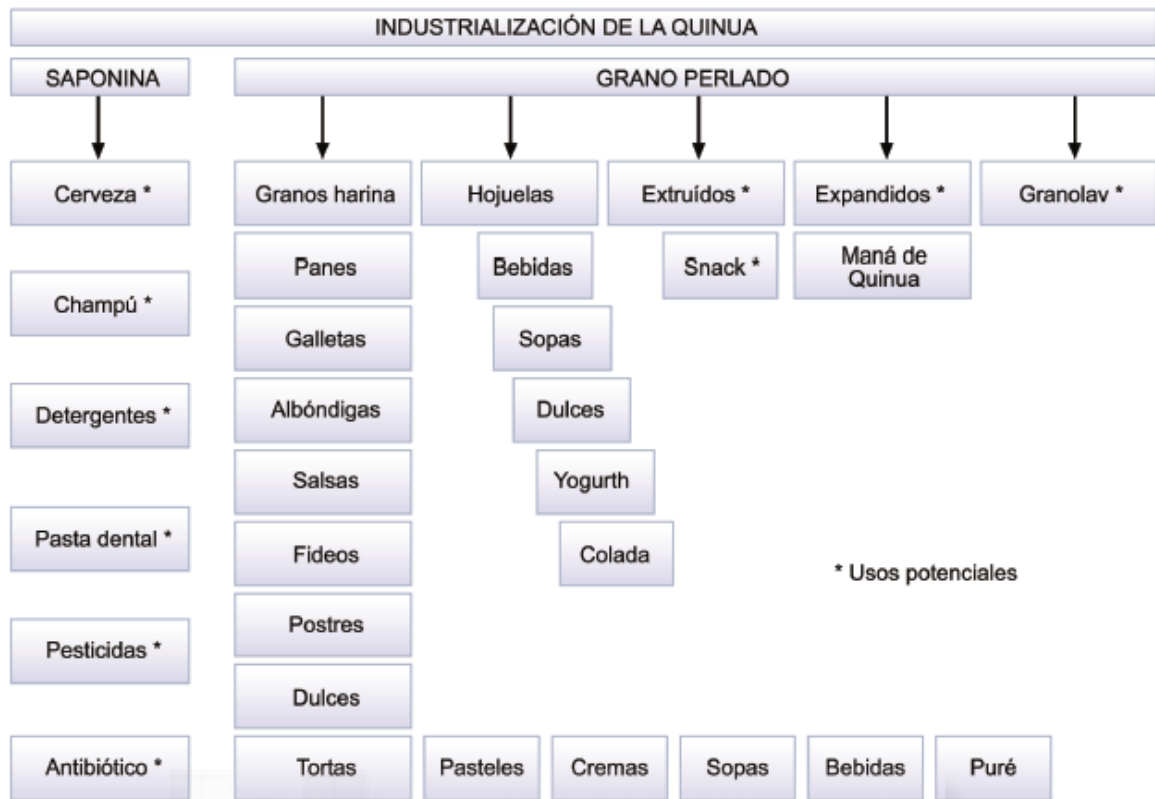


Figura 8. Usos del grano de quinua en la industria

(Fuente: Montoya Restrepo et al., 2005).

1.5.1. PRODUCTOS PROCESADOS DE QUINUA (A PARTIR DEL GRANO)

Actualmente, además de la comercialización de la quinua en grano, podemos encontrar productos muy diversos con quinua, desde harinas y derivados (galletas, pan, pasta, snacks, hamburguesas, postres), bebida de quinua, cereales extrusionados de desayuno, barritas de cereales y tortitas, ensaladas preparadas con quinua, vasitos con quinua ya cocida, productos vegetarianos, etc. La quinua, ya sea el grano entero o su harina, se puede añadir a diversas elaboraciones.

1. Harinas y derivados: A continuación, se muestran algunos ejemplos de productos derivados de la harina de quinoa (figuras 9 - 12).



Figura 9: Pasta de Quinoa

(Fuente: <https://www.walmart.com/ip/Ancient-Harvest-Quinoa-Gluten-Free-Elbows-Pasta-8-oz-Pack-of-12/17242991>)



Figura 10: Tortitas de arroz y Quinoa

(Fuente: <https://www.elcoriteingles.es/supermercado/0110120752800183-el-granero-integral-bio-tortitas-de-arroz-y-quinoa-ecologicas-envase-120-g/>)



Figura 11: Snack de Quinoa

(Fuente: <http://www.grefusa.com/productos/quinoa-snacks/>)



Figura 12: Pan con Quinoa, chia y espelta

(Fuente: <https://www.dia.es/compra-online/productos/desayuno-dulces-y-pan/pan/pan-de-molde-integral/p/230232>)

2. Bebidas a base de quinoa: A continuación, se muestran algunos ejemplos de bebidas obtenidas a partir de quinoa (figuras 13 – 15).



Figura 13: Bebida de Quinoa Real y arroz

(Fuente: <http://www.quinuareal.bio/eng/product/mini-quinoa-real-and-rice-drink/>)



Figura 14: Bebida de Quinoa chocolatada

(Fuente: <http://www.agrodely.com/>)



Figura 15: Bebida de Quinoa con fresa

(fuente: <http://www.thedieline.com/blog/2014/8/12/nuwi-quinoa-drinkable-snack>)

3. Cereales, barras de cereal y galletas: A continuación, se muestran algunos ejemplos de productos de desayuno, y barras a partir de la harina de quinoa o con semillas de quinoa (figuras 16 – 18).



Figura 16: Galletas con Quinoa y semillas de chí

(Fuente:<https://organicosysaludables.com/tienda/otros/galletas-con-quinua-y-semillas-de-chia/>)



Figura 17: Barritas de cereales con quinoa y chocolate

(Fuente:<http://www.ottawacitizen.com/life/food/supermarket+sampler+good+necessarily+good/8849076/story.html>)



Figura 18: Cereales de quinoa y canela

(Fuente:<http://www.cerealesandinos.com/shop/product/quinoa-crunch-canela-805>)

4. Quinoa preparada, ensaladas y productos vegetarianos: A continuación, se muestran algunos ejemplos de productos obtenidos a partir de la harina de quinoa o con semillas de quinoa (figuras 19 - 22).



Figura 19: Quinoa blanca y roja cocida

(Fuente: <https://www.carrefour.es/supermercado/quinoa-blanca-y-roja-brillante/R-834407519/p>)



Figura 20: Ensalada de quinoa preparada

(Fuente: <http://www.martinetiberica.es/2017/06/12/descubre-nuestra-nueva-ensalada-quinoa-sin-gluten/>)



Figura 21: Hamburguesa de espinacas y quinoa

(Fuente: <https://www.elvergeecologico.com/productos-certificado-ecologico/6482-Hamburguesa-de-Espinacas-y-Quinoa-Ecologica-Sin-Gluten-180-gr-Germinal.html>)



Figura 22: Paté vegetal de quinoa

(Fuente: <http://www.sorianatural.es/es/alimentacion/bu-sca-productos/ecologica/P5149/0/1/quinoa>)

1.5.2. PRODUCTOS INDUSTRIALES DE LA QUINOA (A PARTIR DE SUS SUBPRODUCTOS)

Diferentes productos obtenidos a partir de los subproductos de la quinoa pueden tener aplicaciones en la alimentación humana y/o animal, en la industria farmacéutica, cosmética, etc. De entre ellos los más importantes son:

1. Saponina: se extraen del producto obtenido en el descascarado por fricción de la quinoa perlada (Puentes, 2006).

Las saponinas que se extraen de la quinoa amarga se pueden utilizar en la industria farmacéutica, cuyo interés en las saponinas se basa en el efecto de inducir cambios en la permeabilidad intestinal, lo que puede colaborar en la absorción de medicinas particulares y en los efectos hipocolesterolémicos. Adicionalmente, también hay referencias de las propiedades de la saponina como antibiótico y para el control de hongos, entre otros atributos farmacológicos. Por la toxicidad diferencial de la saponina en varios organismos, se ha investigado sobre su utilización como potente insecticida natural que no genera efectos adversos en el hombre o en animales grandes, destacando su potencial para el uso en programas integrados de control de plagas. El uso de la saponina de la quinoa como bioinsecticida fue probado con éxito en Bolivia. (Montoya Restrepo et al., 2005).

Las saponinas se caracterizan, además de su sabor amargo, por la formación de espuma en soluciones acuosas. Forman espumas estables en concentraciones muy bajas, 0,1 %, y por eso tienen aplicaciones en bebidas, champús, jabones, etc.

2. Polvillo sin saponina y granos partidos: El polvillo sin saponina es el producto resultante del pulido del grano de quinoa descascarada y los granos partidos se obtienen durante el proceso de la quinoa perlada. Ambos subproductos se utilizan en la alimentación de ganado y aves de corral (Puentes, 2006).
3. Hojas: La época oportuna para la utilización de las hojas de quinoa en la alimentación humana es poco antes del inicio de la floración, que puede ocurrir entre los 60 y 80 días después de la germinación. El consumo de la hoja de quinoa es conocido en la región andina del Perú y Bolivia y su utilización reemplazaría el de las hojas de espinaca, especie a la cual es muy afín botánicamente (Puentes, 2006).

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es determinar la composición proximal, fisicoquímica y tecno-funcional de los granos de quinoa real blanca, procedentes de los dos principales países productores, y compararlas, con la intención de tener datos objetivos que permitan determinar la aplicación más idónea de cada una de ellas en función del destino industrial que se determine.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MUESTRAS

Para todos los análisis se utilizaron granos de quinoa real (blanca) comerciales (Figura 23), adquiridos en supermercados locales de Orihuela (Alicante), en los que en las etiquetas se identificaba el lugar de producción, seleccionando muestras procedentes de Perú y de Bolivia.



Figura 23. Muestras de quinoa de Perú y Bolivia usadas para los análisis.

3.2. COMPOSICIÓN PROXIMAL

3.2.1. HUMEDAD

La humedad se determinó por la deshidratación de las muestras durante 24 h en un horno estufa a 105°C (AOAC, 1997). La diferencia de peso antes (P_0) y después (P_1) de secado en la estufa permite la determinación del contenido de humedad del producto.

La humedad se calculó mediante la Ecuación 1:

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{P_0 - P_1}{P_0 - T} \times 100 \text{ (Ec. 1)}$$

P_0 = Peso de la placa con la muestra fresca (gramos).

P_1 = Peso de la placa con la muestra desecada (gramos).

T = Tara (peso de la placa) (gramos).

3.2.2. CENIZAS

Las cenizas se determinaron a partir de la muestra exenta de humedad. Se pesaron las muestras en unas cápsulas de porcelana y se incineraron en una mufla (Hobersal modelo 12-PR/300 “PAD”) incrementando la temperatura gradualmente hasta alcanzar los 550°C durante 5 horas para determinar su contenido en cenizas (AOAC, 1997).

Mediante la siguiente ecuación se calculó el contenido de cenizas (gramos de cenizas por 100 gramos de muestra):

$$\text{Cenizas}(\%) = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \times 100 \text{ (Ec. 2)}$$

P_0 = Peso cápsula (gramos).

P_1 = Peso cápsula con la muestra (gramos).

P_2 = Peso cápsula con las cenizas (gramos).

3.2.3. PROTEINAS

El método se basa en la determinación de la cantidad de proteína bruta, contenida en la muestra, mediante la digestión catalizada en caliente del producto con ácido sulfúrico, con objeto de provocar la transformación del nitrógeno orgánico en iones amonio.

Posteriormente, en medio fuertemente alcalino, se lleva a término la destilación de iones amonio sobre una disolución de ácido bórico que contiene una solución indicadora colorimétrica (Método Kjeldahl). Se realizó la destilación y valoración con un destilador automático. En el programa informático del destilador se introdujeron los datos de la operación a realizar y el factor de conversión de nitrógeno a proteína (6,75). Se utilizó un digestor Büchi Digestion Unit modelo 426 y un destilador Büchi Destillation Unit modelo B - 316 (Büchi, Suiza).

3.2.4. LÍPIDOS

Las grasas libres totales fueron determinadas por el método Soxhlet utilizando un equipo de extracción de grasas automático Soxtherm SOX 1.6 (Gerhardt, Alemania), con éter de petróleo como solvente (AOAC, 1997).

La grasa se calculó mediante la Ecuación 3:

$$\text{Grasa}(\%) = \frac{P_2 - P_1}{P_0} \times 100 \text{ (Ec. 3)}$$

P₀ = Peso de la placa con la muestra fresca (gramos).

P₁ = Peso del vaso de extracción con las piedras (gramos).

P₂ = Peso del vaso de extracción con las piedras y grasa (gramos).

3.2.5. FIBRA DIETÉTICA TOTAL

La determinación del contenido en fibra de las muestras se realizó siguiendo el método gravimétrico-enzimático AOAC 991.43 (AOAC, 1997). Las muestras, previamente desecadas y libres de grasas, son sometidas de forma secuencial a digestión enzimática utilizando α -amilasa termoestable, proteasa y amiloglucosidasa.

Su determinación se realizó utilizando el Digestor enzimático GDE y el Sistema de filtración CSF-6 de VELP-Scientifica (VELP-Scientifica, Milán, Italia), así como el Kit enzimático para la determinación de fibra dietética de Sigma-Aldrich.

La fibra dietética total se calculó como el peso del residuo de las digestiones menos el peso de las proteínas no digestibles y de las cenizas.

3.2.6. HIDRATOS DE CARBONO

El contenido en hidratos de carbono se calculó por diferencia del contenido de lípidos, proteínas, humedad, cenizas y fibra, respecto de 100.

3.3. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

3.3.1. pH

El pH se determinó en una suspensión resultante de la mezcla de 0,5 g de muestra con 50 mL de agua destilada durante 15 minutos. La medida se efectuó con un pHmetro Crison micro pH meter 2001 (modelo 507, Crison, Barcelona, España) acoplado con un electrodo de vidrio.

3.3.2. ACTIVIDAD DE AGUA (a_w)

La actividad de agua de las muestras se determinó utilizando un equipo Novasina (AW SPRINT TH- 500) a 25°C.

3.3.3. COLOR

Se analizó el color de cada tipo de semilla (Perú y Bolivia) moliendo las semillas y depositando la muestra molida en unas cápsulas, se realizaron 9 repeticiones por cada tipo de semilla (3 medidas por cápsula). Las cápsulas permitieron medir el color con el colorímetro CM-2600d (Minolta Camera Co., Osaka, Japón) con iluminante D65 y con un ángulo observador de 10°, modo SCI, con apertura para la iluminación de 11 mm y 8 mm para la medida, basado en el espacio CIELAB. Se obtuvieron las coordenadas colorimétricas luminosidad (L^*), rojo-verde (a^*) y amarillo-azul (b^*), a partir de las cuales se calcularon el tono (h^*) y el croma (C^*) mediante las siguientes ecuaciones:

$$h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \text{ (Ec.4)}$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \text{ (Ec.5)}$$

3.4. PROPIEDADES FÍSICAS

3.4.1. TAMAÑO (DIÁMETRO EQUIVALENTE) DE LAS SEMILLAS

Se realizaron medidas de los diámetros y del grosor de las diferentes semillas mediante un pie de rey electrónico (como se muestra en la figura 24); se realizaron 5 repeticiones por cada tipo de semilla.

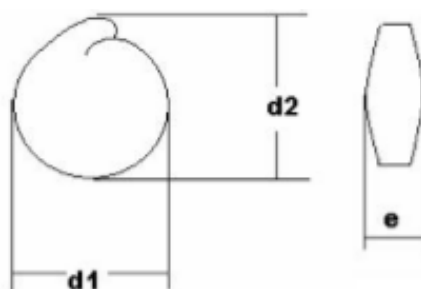


Figura 24. Dimensiones de las semillas de quinoa: Diámetros (d_1 y d_2), y grosor (e) (mm) (Calandri et al., 2011)

A partir de estas medidas se determinó, el tamaño de las semillas, calculado como el diámetro equivalente (ϕ) de las mismas (Mohsening, 1978), definido como la media aritmética de las 3 dimensiones $(d_1 \times d_2 \times e)^{1/3}$.

3.4.2. DENSIDAD

3.4.2.1. Densidad aparente (ρ_b):

Se estableció según la relación masa/volumen en un tubo de ensayo graduado de 10 ml y con balanza electrónica con precisión 0,01 g (Vilche et al., 2003).

3.4.2.2. Densidad real (ρ_p)

Se midió por picnometría, utilizando tolueno como solvente y balanza electrónica con precisión 0,01 g.

3.4.3. POROSIDAD

La porosidad se calculó como el factor de empaquetamiento (FE), a partir de los valores de densidad aparente y densidad real, mediante la siguiente ecuación:

$$FE = 1 - \frac{D_{aparente}}{D_{real}} \quad (\text{Ec. 6})$$

3.5. PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES

3.5.1. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

Se define como la aptitud que tiene la fibra para retener el agua, durante la aplicación de fuerzas externas (Robertson et al., 2000).

Se tomaron tres muestras de 0,33 g cada una (ME), a cada una de estas muestras se le añadieron 10 mL de agua destilada, en un tubo de centrifuga (MT) y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 18 horas.

Después se centrifugaron las muestras (3000 rpm, 20 minutos) en una centrifuga (Nahita Modelo 2690, Alicante, España) y se eliminó el sobrenadante. Posteriormente, se pesó el conjunto del tubo y precipitado (MTP) (Robertson et al., 2000).

La CRA se calculó mediante la Ecuación 8:

$$CRA \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME} \quad (\text{Ec. 7})$$

MTP: Masa de tubo y precipitado (g).

MT: Masa del tubo (g).

ME: Masa de fibra (g).

3.5.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE (CRO)

Se define como la aptitud que tiene la fibra para retener aceite, durante la aplicación de fuerzas externas (Robertson et al., 2000).

Se tomaron tres muestras de fibra de 0,16 g cada una (ME). A cada una de estas muestras se le añadieron 5 g de aceite de girasol, en un tubo de centrífuga (MT) y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 18 horas.

Después se centrifugaron las muestras (3000 rpm, 20 minutos) en una centrífuga (Nahita Model 2690, Alicante, España) y se eliminó el sobrenadante. Posteriormente, se pesó el conjunto de tubo y precipitado (MTP) (Robertson y col., 2000).

La CRO se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$CRO \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME}. \text{ (Ec. 8)}$$

MTP: Masa de tubo y precipitado (g).

MT: Masa del tubo (g).

ME: Masa de fibra (g).

3.5.3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE BILIS (CRB)

Se define como la aptitud que tiene la fibra para retener la bilis, durante la aplicación de fuerzas externas (Robertson y col., 2000).

Se tomaron tres muestras de fibra de 0,165 g de fibra cada una (ME). A cada una de estas muestras se le añadieron 5 g de bilis porcina (recogida directamente en un matadero de porcino autorizado), en un tubo de centrífuga (MT) y se dejó reposar a temperatura ambiente durante 18 horas.

Después se centrifugaron las muestras (3000 rpm, 20 minutos) en una centrífuga (Nahita Model 2690, Alicante, España) y se eliminó el sobrenadante. Posteriormente, se pesó el conjunto de tubo y precipitado (MTP) (Robertson y col., 2000).

La CRB se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$CRB \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{MTP - MT - ME}{ME} \text{ (Ec. 9)}$$

MTP: Masa de tubo y precipitado (g).

MT: Masa del tubo (g).

ME: Masa de fibra (g).

3.5.4. CAPACIDAD DE GELIFICACIÓN Y PRECIPITADO EN FASE OLEOSA

Se define como la capacidad que tiene la fibra para absorber grasa y agua en una matriz formando un gel.

En un vaso de precipitado se incorporaron 20 g de agua destilada y 20 g de aceite de girasol. Se agitó la mezcla en un agitador Ultraturax (IKA-Ultra-Turrax T₂₅, Alemania) durante 30 segundos, añadiendo inmediatamente, 1,33g de fibra, continuando la agitación hasta completar 2 minutos.

A continuación, se introdujo la mezcla en un tubo Falcón y se introdujo en un baño de agua a 37°C durante una hora. Una vez frío el tubo se centrifugó a (3000 rpm, 20 minutos) en una centrífuga Sigma 3-16PK (Sigma, Maryland, EE.UU). Posteriormente se midieron y pesaron las fases que presentaba dicho tubo (López-Marcos, 2010).

La capacidad de gelificación y el precipitado en fase oleosa se calcularon según las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Capacidad de gelificación} = \frac{\text{Volumen de gel}}{\text{Volumen total}} \times 100 \text{ (Ec. 10)}$$

$$\% \text{ pp fase oleosa} = \frac{\text{Volumen pp}}{\text{Volumen total}} \times 100 \text{ (Ec. 11)}$$

3.5.5. ACTIVIDAD EMULSIFICANTE (AE)

La actividad emulsificante (AE) es la habilidad de una molécula para actuar como un agente que facilita la solubilización o dispersión de dos líquidos inmiscibles (Chau et al., 1997).

Para determinar la AE de cada muestra se prepararon 50 mL de agua destilada en una suspensión de fibra y se homogenizaron en un agitador Ultraturax (IKA-Ultra-Turrax T₂₅, Alemania) a 8000 rpm durante 2 minutos.

A la suspensión de fibra se le añadieron 50 mL de aceite de girasol y se volvieron a homogenizar con el Ultraturrax a 8000 rpm durante 1 minuto. A continuación, se pasaron a tubos de centrífuga graduados y se centrifugaron a 1500 rpm durante 5 minutos.

Después de centrifugar se midió el volumen de emulsión formada.

La AE se expresa como mL de volumen de la capa emulsificada, respecto al volumen total que hay en el tubo de centrífuga, en forma de porcentaje (Chau et al., 1997).

La AE se calculó a partir de la siguiente ecuación.

$$AE (\%) = \frac{\text{Volumen capa emulsión}}{\text{Volumen total en el tubo}} \times 100 \text{ (Ec. 12)}$$

3.5.6. ESTABILIDAD DE LA EMULSIÓN (EE)

La estabilidad de la emulsión (EE) es la habilidad de mantener una emulsión y su resistencia a la ruptura bajo la acción del calor (Chau et al., 1997).

Se determinó calentando los tubos con las emulsiones formadas durante la determinación de la AE en un baño de agua a 80°C durante 30 minutos. Posteriormente se enfriaron a temperatura ambiente y se centrifugaron a 1500 rpm durante 5 minutos.

La estabilidad de la emulsión se expresa como mililitros de capa emulsificada que permanece respecto al volumen de la emulsión que previamente se había formado (Chau et al., 1997).

La EE se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$EE (\%) = \frac{\text{Vol.emulsión que permanece}}{\text{Vol.emulsión inicial}} \times 100 \text{ (Ec. 13)}$$

3.5.7. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (SWC)

La capacidad de hinchamiento (SWC) es la capacidad de la fibra para aumentar su volumen en presencia de agua, estando influenciado por su composición, porosidad y tamaño de partícula (Femenia et al., 1997).

Se pesaron 0,5 g de cada muestra en un tubo graduado y se midió el volumen ocupado por las fibras (V_0); se adicionaron 5 mL de agua destilada y se agitaron manualmente durante 5 minutos. Posteriormente se dejaron en reposo durante 24 horas a temperatura ambiente. Tras dicho tiempo, se midió el volumen final de las muestras (V_1) mL.

La capacidad de hinchamiento (mL/g) se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$CWC(mL / g) = \frac{V1-V0}{Peso\ muestra} \quad (\text{Ec. 14})$$

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis se realizaron por triplicado para cada una de las 2 muestras (semillas de quinoa procedentes de Perú y de Bolivia). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete IBM SPSS Statistics 24 mediante el cual se calcularon las medias y se realizó un análisis de varianza ANOVA de 1 factor para determinar si se encontraban diferencias significativas entre las 2 muestras con un nivel de confianza del 95%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL

En la tabla 2 se presenta la composición proximal (media \pm desviación standard) de las semillas de quinoa procedentes de Perú y Bolivia.

Tabla 2. Composición proximal de las semillas de quinoa procedentes de Perú y Bolivia.

	Quinoa de Perú	Quinoa de Bolivia
Humedad (%)	7,96 \pm 0,15 ^b	8,52 \pm 0,03 ^a
Cenizas (%)	2,23 \pm 0,08 ^b	6,26 \pm 0,18 ^a
Proteínas (%)	12,61 \pm 0,28 ^b	13,41 \pm 0,07 ^a
Grasas (%)	5,99 \pm 0,13 ^a	6,64 \pm 0,44 ^a
Fibra Dietética Total (%)	11,92 \pm 0,00 ^a	14,22 \pm 0,00 ^a
Hidratos de Carbono (%)	59.29 \pm 0,21 ^a	50.95 \pm 0,57 ^b

(a/b: letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras).

La composición proximal de ambas quinoas se encuentra dentro de los rangos reportados para quinoa por diferentes autores (Cardoza y Tapia, 1979; Pellegrini et al., 2017) y las diferencias entre ellas se pueden atribuir a su diferente lugar de producción, lo cual lleva implícito diferencias edafológicas, de prácticas de cultivo, climáticas, etc. Como se puede observar en la tabla 2 se presentaron diferencias significativas respecto a la humedad, cenizas, proteínas e hidratos de carbono entre ambas quinoas. La quinoa de Bolivia presentó valores superiores ($p < 0,05$) de humedad, cenizas y proteínas que la de Perú, y menor contenido en hidratos de carbono. En cualquier caso, en ambas quinoas los componentes mayoritarios fueron los hidratos de carbono, la fibra dietética y las

proteínas. Fundamentalmente es a este último componente (cantidad y calidad), al que se le atribuye el alto valor nutricional de la quinoa. La cantidad de proteínas de ambas quinoas se encuentran dentro de los rangos (12-14%) reportados por diversos autores (Cardoza y Tapia, 1979; Pino, 1998; Schmidt et al., 1998), y además se ha encontrado una relación inversa entre el contenido de proteínas y de almidón (hidratos de carbono).

A mayor contenido en proteínas (quinoa de Bolivia), menor contenido en almidón. Esta relación ya ha sido observada en otros estudios que demuestran que el porcentaje de proteína en la semilla aumenta al existir una menor cantidad de almidón, el que es acumulado según la fecha en que se siembre el grano debido a factores climáticos, y además se sabe que, al aumentar la temperatura ambiental en los cultivos disminuye la tasa de síntesis proteica (Pino, 1998).

El alto contenido en hidratos de carbono de las quinoas (con mayor contenido ($p < 0,05$) en la quinoa de Perú que en la de Bolivia) se refiere mayoritariamente al almidón, ya que se ha reportado (Repo-Carrasco-Valencia y Arana, 2017; Pellegrini et al., 2018) que su contenido en azúcares es muy bajo (en torno al 2%), de los cuales el mayoritario es la sacarosa (1,49%) seguido de la glucosa (0,75%) y la fructosa (0,12%). Todo ello hace que la quinoa sea un alimento de bajo índice glicémico.

El contenido en fibra dietética total no mostró diferencias entre ambas quinoas, y los valores están dentro del rango reportado por diferentes autores para quinoas de diferentes países de procedencia y colores (9,50- 18,59 g/100 g) (Lamothe et al., 2015; Pellegrini et al., 2018). Harinas ricas en fibra dietética se puede utilizar como ingredientes funcionales debido a que la fibra aporta numerosos beneficios saludables tales como su capacidad de disminuir los niveles de colesterol, mejorar la tolerancia a la glucosa y la respuesta a la insulina, reducir la hiperlipidemia y la hipertensión, contribuir a la salud gastrointestinal y a la prevención de ciertos cánceres como el de colon (Viuda-Martos et al., 2010).

Tampoco se presentaron diferencias en el contenido en grasas entre ambas quinoas. Los valores de grasas obtenidos están en el rango de los reportados por otros autores (Pellegrini et al., 2018). Hay que tener en cuenta que, aunque el valor nutricional de la quinoa no se ha relacionado con su contenido en grasas (por su bajo aporte), la calidad de estas grasas sí se considera muy buena. Diversos estudios sobre la caracterización de los ácidos grasos presentes en la quinoa reportan valores de un 60% de ácidos grasos

poliinsaturados, 30% monoinsaturados y menos del 10% saturados (Tang et al., 2015; Pellegrini et al., 2018).

Aunque la quinoa de Bolivia presentó mayor humedad ($p < 0,05$) que la de Perú, la humedad de ambas quinoas se encuentra dentro del rango (7-12%) reportado para semillas de quinoa por diversos autores (Cardoza y Tapia, 1979; Pino, 1998; Schmidt et al., 1998), y por debajo del límite máximo permitido por la norma boliviana (12%) (IBNORCA, 2006). Este requisito de calidad tiene gran importancia durante el tratamiento postcosecha y almacenamiento, dada su relación con factores biológicos que causan daño y afectan el valor nutricional y económico (calidad y peso) de las cosechas.

4.2. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

En la tabla 3 se presentan los valores de las propiedades físicoquímicas (pH, actividad de agua y color) de las semillas de quinoa procedentes de Perú y Bolivia.

Tabla 3. Propiedades físicoquímicas (media \pm desviación standard) de las semillas de quinoa procedentes de Perú y Bolivia.

	Quinoa de Perú	Quinoa de Bolivia
pH	6,83 \pm 0,01 ^a	6,83 \pm 0,04 ^a
Actividad de agua (a_w)	0,345 \pm 0,006 ^a	0,372 \pm 0,002 ^b
L* (luminosidad)	88,19 \pm 0,21 ^a	88,48 \pm 0,22 ^a
a* (rojo/verde)	-0,03 \pm 0,05 ^a	-0,41 \pm 0,04 ^a
b* (amarillo/azul)	12,99 \pm 0,30 ^a	12,64 \pm 0,36 ^a
C* (croma)	12,99 \pm 0,30 ^a	12,65 \pm 0,36 ^a
h* (tono)	89,86 \pm 1,65 ^a	88,14 \pm 0,004 ^a

(a/b: letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras).

No se presentaron diferencias entre los valores de pH de ambas quinoas, siendo estos valores próximos a la neutralidad, lo que indicaría que la incorporación de la quinoa a cualquier alimento no provocaría cambios significativos en su pH.

La actividad de agua está relacionada con la humedad relativa en equilibrio (HRE), la que se refiere estrictamente a la atmósfera en equilibrio con una solución o alimento y constituye una expresión para medir el agua disponible. La HRE, como la actividad de agua, es la relación entre la presión de vapor del alimento y la del agua pura, pero en este

caso, expresada en porcentaje. La quinoa de Bolivia presentó valores de actividad de agua superiores ($p < 0,05$) a la de Perú, a lo que estaría contribuyendo a los valores mayores de humedad que presentó esta quinoa (Tabla 2). No obstante, en ambas quinoas los valores están en el rango que presentan los granos y/o semillas (0,2-0,5) (Haros y Schoenlechner, 2017). Estos bajos valores de actividad de agua son beneficiosos en cuanto al contenido de microorganismos, puesto que permite retardar el deterioro microbiológico (Braverman y Berk, 1980); los microorganismos no se multiplican por debajo de una actividad de agua de 0,60 ya que las moléculas de agua presentan una movilidad restringida. Además, la actividad de agua da cuenta del agua disponible para que ocurran las reacciones metabólicas, por lo tanto, cuanto más bajos sean estos valores ocurrirán menos reacciones que deterioren la quinoa, contribuyendo a su gran estabilidad durante el almacenamiento.

Respecto al color no se presentaron diferencias significativas en ningún parámetro, ni en las coordenadas colorimétricas, ni en las magnitudes psicofísicas ($p > 0,05$).

Valores de luminosidad similares han sido reportados por Pellegrini et al. (2018) para diferentes quinoas blancas analizadas, también sin diferencias significativas entre ellas.

Sin embargo, estos autores sí que encontraron diferencias significativas entre los valores de L^* de las quinoas blancas y de quinoas rojas y/o negras, las cuales presentaron una menor luminosidad. Sin embargo, en el caso de las coordenadas a^* y b^* los citados autores presentaron valores superiores, aunque con diferencias inferiores a las 3 unidades, por lo que no se les atribuye una significancia práctica. Pellegrini et al. (2018) reportó valores de a^* entre 0,10-0,50 y valores de b^* entre 14,35-15,68 para quinoas blancas. Tampoco existen diferencias significativas ni de tono ni de croma entre las dos muestras, presentando unos valores parecidos a los hallados por Pellegrini et al. (2008) que van desde 72,51-89,61 así como los del croma van desde 10,22-16,69.

Diferentes autores han atribuido el color de la quinoa a su concentración en unos pigmentos llamados betalaínas, que van desde tonalidades amarillas, cuando predominan las betaxantinas, a tonalidades rojo-violetas cuando predominan las betacianinas. En este caso predominarían las betaxantinas.

En la figura 23 podemos observar un gráfico del color CIELAB, donde el valor de L^* se representa en el eje central y los ejes a^* y b^* aparecen sobre el plano horizontal.

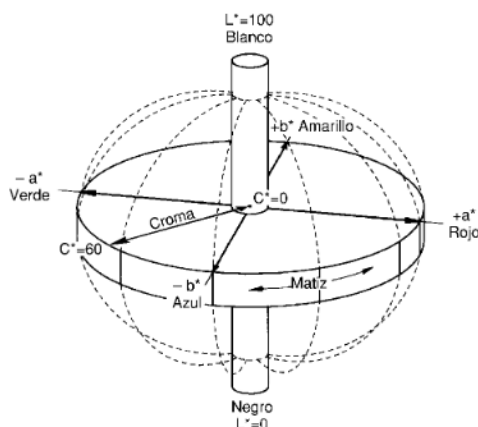


Figura 23. Gráfico de color CIELAB.

(Fuente: X-Rite, Incorporated, 2002)

4.3. PROPIEDADES FÍSICAS

En la tabla 4 se presentan los valores de las propiedades físicas de las semillas de quinoa procedentes de Perú y Bolivia.

Tabla 4. Propiedades Físicas (media \pm desviación standard) de las semillas de quinoa procedentes de Perú y Bolivia.

	Quinoa de Perú	Quinoa de Bolivia
Densidad real (kg/m³)	1034,34 \pm 47,9 ^a	1054,47 \pm 21,3 ^a
Densidad aparente (kg/m³)	796,66 \pm 7,50 ^a	792,66 \pm 8,02 ^a
Porosidad (%)	22 \pm 0,40 ^a	24 \pm 0,22 ^a
Diámetro equivalente (mm)	1,63 \pm 0,49 ^a	3,07 \pm 0,58 ^b

(a/b: letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras)

Visualmente, las semillas de quinoa tienen una forma alentejada y las procedentes de Bolivia parecían de mayor tamaño que las de Perú. Dicha apreciación visual se confirma con los valores del diámetro equivalente. Estas diferencias de tamaño se pueden atribuir a diferencias en las características y condiciones de su cultivo.

No se observaron diferencias significativas en los valores de densidad real y densidad aparente y por lo tanto tampoco en la porosidad, entre las quinoas de Bolivia y Perú. Los valores obtenidos están dentro del rango de valores reportados por otros autores para granos de diferentes variedades de quinoas (Vilche et al., 2003).

4.4. PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES

En la tabla 5 se presentan los valores de las propiedades tecnofuncionales de las semillas de quinoa procedentes de Perú y Bolivia.

Tabla 5. Propiedades tecnofuncionales de las semillas de quinoa procedentes de Perú y Bolivia.

	Quinoa de Perú	Quinoa de Bolivia
CRA (g/g)	1,29±0,01 ^a	1,55±0,04 ^b
CRO (g/g)	1,32±0,07 ^a	1,33±0,06 ^a
CRB (g/g)	1,21±0,13 ^a	3,37±0,12 ^b
AE (%)	12,16±2,02 ^a	25,00±7,00 ^b
EE (%)	30,47±9,29 ^a	9,63±2,33 ^b
Capacidad gelificación (%)	49,40±1,03 ^a	40,71±4,11 ^b
Precipitado en fase oleosa (%)	50,59±1,03 ^a	59,28±0,11 ^b
SWC (mL/g)	8,15±0,37 ^a	8,22±0,27 ^a

(a/b: letras diferentes en filas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras) CRA: capacidad de retención de agua; CRO: capacidad de retención de aceite; CRB: capacidad de retención de bilis; SWC: capacidad de hinchamiento; AE: actividad emulsificante; EE: estabilidad de la emulsión.

Respecto a las propiedades tecnofuncionales encontramos diferencias significativas en la capacidad de retención de agua (CRA), en la retención de bilis (CRB), en la actividad emulsificante (AE), en la estabilidad de la emulsión (EE), en la capacidad gelificante y de precipitación en fase oleosa.

La CRA estima la capacidad de retener agua frente a la fuerza centrífuga y gravitaciones, considerando por tanto el agua físicamente atrapada, la retenida por capilaridad, la unida por enlace químico y el agua hidrodinámica. La quinoa de Bolivia presentó valores superiores ($p < 0,05$) de CRA que la de Perú, aunque ambos valores se encuentran en el rango de los reportados por Pellegrini et al. (2018) para diferentes quinoas, aunque inferiores a los reportados por otros autores. En este sentido Abugoch et al. (2009) reportó valores de CRA de 4.5 g agua/g harina de quinoa y Ogungbenle, (2003) y Ogungbenle et al. (2009) mencionaron que la harina de quinoa era capaz de retener el 147% de su peso

en agua. Estas diferencias podrían atribuirse a las diferentes condiciones (tiempo y velocidad de centrifugación) del método aplicado para su determinación.

Al igual que la CRA, la CRO es la capacidad de la harina de quinoa para retener aceite bajo la exposición a una fuerza gravitacional, resaltando la relación que tiene dicha propiedad con el aroma y la palatabilidad del producto. En este caso no se presentaron diferencias significativas entre las dos quinoas analizadas, y los valores obtenidos están en el rango de los reportados por Pellegrini et al. (2018) para muestras similares. Los valores de CRO de la quinoa son inferiores a los reportados por otros autores (Mancebo et al., 2015) para trigo (1,82), maíz (1,94) o trigo sarraceno (1,57).

El método usado para evaluar la capacidad de retención de bilis se basa en el mismo fundamento que se aplicó para determinar la CRA y la CRO, pero usando en este caso un líquido fisiológico (bilis). La bilis es un líquido esencial para la digestión de la grasa en el tracto intestinal. En ausencia de bilis, la grasa pasa sin digerir por el tracto gastrointestinal. Los ácidos biliares, los principales componentes de la bilis, derivan del colesterol. La bilis se secreta normalmente, en la primera parte del intestino delgado, a partir de la vesícula biliar. La quinoa procedente de Bolivia presentó mayores valores ($p < 0,05$) de CRB que la de Perú. Los valores de la quinoa de Bolivia son similares a los reportados por López-Marcos et al. (2015) para extractos ricos en fibra procedentes de coproductos de la horchata de chufa, pero inferiores a los reportados para extractos ricos en fibra procedentes de otros coproductos agroindustriales (cítricos, granada, etc). En otros estudios se ha relacionado esta propiedad con el contenido en fibra dietética soluble, de forma que a mayor cantidad de FDS mayor valor de CRB (López-Marcos et al., 2015). Respecto a las quinoas, aunque no resultó significativo, sí que la quinoa procedente de Bolivia presentó un mayor contenido en FDT que la de Perú, y aunque no se determinó en este caso el porcentaje de fibra soluble o insoluble, se podría esperar que no variase entre ambas quinoas. No obstante, el bajo porcentaje de fibra soluble reportado para la quinoa ($< 10\%$ según Pellegrini et al., 2018) puede estar determinando los bajos valores de CRB encontrados. Estos autores explicaron que cuando las fibras solubles se mezclan con líquidos en la boca y en el estómago, se expanden y forman un sustrato parecido a un gel. Las fibras solubles tienen la capacidad de unirse a los ácidos biliares, los componentes mayoritarios de la bilis. Al igual que les ocurre a las fibras, la bilis unida a las fibras solubles no puede ser digerida ni transformada en otros componentes que

pudiesen ser absorbidos y pasar al torrente sanguíneo, por lo que continuarían por el tracto intestinal y se excretarían con las heces sin ser digeridas.

La capacidad de hinchamiento permite establecer la capacidad de las partículas de las harinas de hacerse más grandes como resultado de la absorción y acumulación de agua. Tampoco en este caso se produjeron diferencias entre ambas quinoas, y los valores están en el rango de los reportados por Pellegrini et al. (2018) y Aluwi et al. (2017) que encontraron valores de SWC para diferentes harinas de quinoa que variaban entre 6,27 y 8,37 mL/g.

La capacidad de gelificación es una importante propiedad tecno-funcional en los ingredientes alimentarios que les permite formar geles, integrando todos los ingredientes del alimento en una matriz. La quinoa de Perú presentó mayores valores ($p < 0,05$) de capacidad de gelificación que la de Bolivia. Las variaciones en las propiedades de gelificación se pueden atribuir al contenido en diversos constituyentes como las proteínas, carbohidratos y lípidos, sugiriéndose que la interacción entre estos componentes puede también jugar un importante papel en esta propiedad. Específicamente la gelificación proteica es muy importante en el desarrollo y aceptabilidad de muchos alimentos, tanto de origen animal como vegetal. Los mecanismos de gelificación y la apariencia del gel están controlados principalmente por el balance entre las interacciones hidrofóbicas atractivas y las interacciones electrostáticas repulsivas (Chaparro-Acuña et al., 2012).

El precipitado en fase oleosa se induce cuando la adición de agua a un sistema cambia la solubilidad de algunos componentes en la fase oleosa, provocando su precipitación. Esta medida es muy interesante en ingredientes con un alto contenido en grasa, aunque en el caso de ingredientes con baja proporción de grasas (como es el caso de las quinoas y otros vegetales), esta propiedad se atribuye a los esteroides en general (Bailina, 2014). Las quinoas procedentes de Bolivia presentaron mayores valores ($p < 0,05$) de precipitado en fase oleosa que las de Perú, por lo que podría relacionarse con un mayor aporte de esteroides.

La actividad emulsificante y la estabilidad de la emulsión de las harinas de quinoa son dos propiedades emulsionantes relacionadas con proteínas y otras moléculas anfóteras (Tiwari y Singh, 2012). Entre las semillas de quinoa de Perú y Bolivia hemos encontrado diferencias significativas entre la AE y la EE. Los datos obtenidos de AE indican que la quinoa de Bolivia tiene mayor actividad emulsificante, los datos son aproximados a los

obtenidos por Pellegrini et al. (2018), en el rango de 15- 41% con diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre ellos. Los valores obtenidos fueron inferiores a los informados por Ogungbenle et al. (2009). En lo que respecta a la EE se obtuvo mayor estabilidad en la quinoa de Perú, Según Pellegrini et al. (2018) las harinas de quinoa estaban en el rango de 39-100% con diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre muestras. Los datos obtenidos son inferiores. El alto contenido de proteína de las harinas de quinoa podría explicar su alta AE debido a que la mayoría de las proteínas son fuertes agentes emulsionantes.

5. CONCLUSIONES

- Tanto en las quinoas procedentes de Perú como en las de Bolivia los componentes mayoritarios son los hidratos de carbono (mayoritariamente almidón), la fibra dietética y las proteínas. La quinoa procedente de Bolivia presenta valores superiores de humedad, cenizas y proteínas, y menor contenido en hidratos de carbono que la procedente de Perú.
- Ambas quinoas presentan valores de pH próximos a la neutralidad, lo que indicaría que la incorporación de la quinoa a cualquier alimento no provocaría cambios significativos en su pH.
- Ambas quinoas presentan un color similar (coordenadas colorimétricas y magnitudes psicofísicas), pudiéndose incluirse dentro de las tonalidades amarillentas.
- Las semillas de ambas quinoas presentan una forma alentejada típica, siendo las procedentes de Bolivia de mayor tamaño que las de Perú.
- La quinoa de Perú presenta mayor capacidad de gelificación que la de Bolivia, por lo que sería mejor para su aplicación en alimentos gelificados, contribuyendo a la formación del gel.
- La quinoa de Bolivia presenta mejor capacidad emulsificante que la de Perú, aunque esta última presenta mejor estabilidad de la emulsión. Esto indicaría que incorporar una mezcla de ambas sería la mejor solución cuando se pretenda usarlas en alimentos emulsionados.

6. BIBLIOGRAFIA

- Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E (2009). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 60, 240-257.
- Alandia, G.; Irigoyen, J. y Blajos, J. (2011). “La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial”. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, FAO.
- Ando H, Chen YC, Tang H et al. (2002). Food components in fractions of quinoa seed. *Food Science and Technology International*, 8, 80-84.
- Bailina C (2014), Caracterización y comportamiento de extractos procedentes de coproductos de la industria alimentaria en un sistema modelo de digestión in vitro. MSc Thesis. Universidad Miguel Hernández, Alicante, Spain.
- Bohn L, Meyer AS, Rasmussen SK (2008). Phytate: impacto on environment and human nutrition. A challenge for molecular breeding. *Journal of Zhejiang University-Science B*, 9, 165-191.
- Braverman, J.B.S. y Berk, Z. (1980) “Introducción a la Bioquímica de Alimentos” México. Editorial El Manual Moderno.
- Cervilla1, N. S.; Mufari, J.R.; Calandri, E. y Guzmán, C. A. (Argentina, 2011). Propiedades físicas de semillas y análisis proximal de harinas de *chenopodium quinoa* willd cosechadas en distintos años y provenientes de la provincia de salta. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA, CONICET-UNC).
- Chaparro-Acuña SP, Gil-González JH, Aristizabal-Torres ID (2012) Physicochemical characteristics and functional properties of vitabosa (*Mucuna deeringiana*) and soybean (*Glycine max*). *Ciênc Tecnol Aliment*, Campinas 32: 98-105.
- Furche, C.; Jara, B.; Olgún, P.; Johnston, S.; Fernández, D; Correa, F.; Delgrosso, L.; Covey, N. y Todd Hale, T. (Santiago, 2014). “Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinoa” Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en colaboración con la Asociación Latinoamericana de Integración.

- Haros CM y Schoenlechner R. (2017). Pseudocereals. Chemistry and Technology. Wiley Blackwell.
- Hurrell RF, Reddy MB, Juillerat MA, Cook JD (2003). Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects. American Journal of Clinical Nutrition 77, 1213-1219.
- Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, Becker K (2010). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: a review. Food Chemistry, 120, 945-959.
- Mujica, A.; Jacobsen, S.E.; Izquierdo, J.; y Marathee, J. P. (Santiago de Chile, 2001). Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO.
- Puentes, NC. (Bogotá D.C., 2006). Implementación de los cultivos de quinoa en el municipio de Saboya-boyaca. Escuela superior de administración pública. Especialización proyectos de desarrollo.
- Pellegrini, M.; Lucas-Gonzales, R.; Ricci, A; Fontecha, J.; Fernández-López, J.; Pérez-Álvarez, J.A.; Viuda-Martos, M. (2018) “Chemical, fatty acid, polyphenolic profile, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) sedes”.
- Pino, A. (Concepción, Chile, 1998) “Contenido de proteínas, saponinas y algunas características del almidón en semillas de quinoa sembradas en diferentes fechas localidades”. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía.
- Schmidt Hebbel, H.; Pennacchiotti, I.; Masson, L. y Mella, M.A. (1992) “Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos”, 8ª ed. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas.

Páginas web:

- ABC de Sevilla, Hernandez A., 2015. “Lebrija se convierte en el mayor productor de quinoa de Europa”.

<http://sevilla.abc.es/provincia/20150501/sevi-quinoa-lebrija-arroz-201504302034.html>

- Colón, R. AARP. 10 tipos de quinuas y cómo cocinarlas.
http://www.aarp.org/espanol/cocina_y_nutricion/cocina-moderna/info-2014/fotos-quinua-como-cocinarla-rose-colon.html#slide2
- FAO, Año internacional de la quinoa, 2013.
<http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/origin-and-history/es/>
- Fernandez, A. 2015. Diario de Sevilla, AGR ANDALUCIA. “La quinoa, una alternativa al girasol o el maíz, en riego o en secano”
http://www.diariodesevilla.es/agr_andalucia/quinoa-alternativa-girasol-riego-secano_0_890610960.html
- Iglesias, D. 2015. “La quinoa es un cultivo en expansión y ya está adaptada a Europa”
<http://www.campogalego.com/es/huerta/la-quinoa-es-un-cultivo-en-expansion-y-ya-esta-adaptada-a-europa/>
- La Finestra sul Cielo España S.L. Quinoa Real, 2014.
<http://www.quinuareal.bio/esp/noticias/quinoa-real-un-pseudocereal-con-denominacion-de-origen/>
- Placer, D. 2017. ED Economía Digital. “La fiebre de la quinoa en España (desde Mercadona hasta Amazon)”
http://www.economiadigital.es/tecnologia-y-tendencias/fiebre-quinoa-mercadona-amazon_402498_102.html
- Spratt, L. 2015. Conasi. Quinoa: variedades y propiedades.
<http://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/quinoa-variedades-y-propiedades/>