

# Diseño y Construcción de un Prototipo Escarificador de Quinoa

Margarita Armada<sup>1,2,3</sup>,  
Jorge A. Chavarría<sup>1</sup> y Arnaldo V. Trejo<sup>1</sup>

**Resumen.** La quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) contiene saponinas, las que se caracterizan por ser amargas, emulsificantes y espumantes. En el organismo ocasionan dolor estomacal, náuseas y ligera diarrea, pero su principal efecto es producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y la sangre, con lo que puede originarse un detrimento en el crecimiento, a través de la acción sobre la absorción de nutrientes. Las saponinas pueden ser eliminadas del grano a través de procesamientos húmedos (lavado), secos (escarificado) y combinados (escarificado y lavado). El escarificado consiste en la separación del episperma (descascarado) y segmentos secundarios del grano de quinoa, donde se concentra el mayor contenido de saponinas. El objetivo de este trabajo fue el diseño y construcción de un prototipo escarificador de quinoa, para ser usado por pequeños productores en agroindustrias rurales, con una capacidad de escarificado de 25 kgr/h.

**Palabras clave:** quinoa, saponinas, escarificado.

## 1. Introducción

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild), es considerado uno de los mejores granos y de los alimentos más completos de la Región Andina (1), con un valor biológico “similar al de la caseína” (2), por la presencia de aminoácidos esenciales (3). Estos granos fueron uno de los componentes básicos de la alimentación de las poblaciones indígenas incaicas y también cultivada por las culturas precolombinas, aztecas y mayas en los valles de México (4), la cual fue reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, siendo desplazada totalmente de las regiones áridas y semiáridas del Noroeste Argentino, las que paradójicamente hoy tienen uno de los más altos índices de desnutrición, mortalidad infantil, enfermedades crónicas, desocupación y migración.

La quinoa presenta factores antinutricionales tales como saponinas, fitatos, taninos e

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI – CONICET).

<sup>2</sup> Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa).

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, armadam@unsa.edu.ar

inhibidores de tripsina y de proteasas que pueden afectar la biodisponibilidad de ciertos nutrientes esenciales, como proteínas y minerales (5). Las saponinas químicamente son glucósidos, que por hidrólisis liberan una o más unidades de azúcares y aglicones libres de azúcares (las saponinas). Las saponinas pueden tener una estructura esférica (esteroides derivados de perhidro 1,2 ciclopentano fenantreno) o triterpenoide. Las saponinas de quinoa son generalmente de estructura triterpenoide. Dini et. al. (2000), encontraron cuatro saponinas ácidas oleanólicas, fitolacagénicas, espergulagénicas y hederagenina (6). Estas moléculas se hallan concentradas en la pericarpio (cáscara de los granos de quinoa) (7). En las formas silvestres y las variedades amargas, el contenido máximo aproximado de saponina es de un 2,8% (aunque el rango es variable de acuerdo a la especie y al ecotipo), que comparado con las exigencias actuales del mercado, que fijan como valor límite 0,05%, es extremadamente alto (8). Las saponinas se caracterizan por su sabor amargo, sus propiedades emulsificantes, por la formación de espuma en soluciones acuosas y por ser solubles en alcohol y solventes orgánicos. En el organismo, las saponinas ocasionan dolor estomacal, náuseas, ligera diarrea y problemas en la digestión. Pero su principal efecto es producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar

el nivel de colesterol en el hígado y la sangre, con lo que puede originarse un detrimento en el crecimiento, a través de la acción sobre la absorción de nutrientes.

Sin embargo, no perjudican al hombre en las cantidades que normalmente se encuentran después del lavado de la quinua (7). Las saponinas se caracterizan por su sabor amargo, sus propiedades emulsificantes, por la formación de espuma en soluciones acuosas y por ser solubles en alcohol y solventes orgánicos. Físicamente su color varía del parduzco claro a incoloro (9). Aunque se sabe que la saponina es altamente tóxica para el humano cuando se administra por vía endovenosa, queda en duda su efecto por vía oral. En el organismo, las saponinas ocasionan dolor estomacal, náuseas, ligera diarrea y problemas en la digestión. Pero su principal efecto es producir la hemólisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y la sangre, con lo que puede originarse un detrimento en el crecimiento, a través de la acción sobre la absorción de nutrientes. Sin embargo, no perjudican al hombre en las cantidades que normalmente se encuentran después del lavado de la quinua (7). De acuerdo a la concentración del contenido de saponinas, la quinua se clasifica en Dulce; libre de saponinas, con un contenido menor de 0,11% de saponinas en base húmeda, y Amarga más de 0,11% de saponinas.

La creciente demanda mundial de alimentos inocuos, orgánicos y de calidad representan una oportunidad que refuerza sinérgicamente la fortaleza regional como productora de este cultivo, y alienta la expansión de la producción agroindustrial y alimenticia, como alternativa válida para la generación de recursos económicos importantes (10). Las saponinas pueden ser eliminadas del grano a través de procesamientos húmedos (lavado), secos (escarificado) y combinados (escarificado y lavado). El escarificado consiste en la separación del episperma (descascarado) y segmentos secundarios del grano de quinua, donde se concentra el mayor contenido de saponina, el pulido pretende producir una quinua de superior calidad, cuyo efecto consiste en remover las últimas partículas de cáscara y darle al grano un aspecto más liso y limpio, que produce la quinua perlada. El escarificado se realiza a través de medios mecánicos abrasivos, utilizándose

equipos con paletas o tambores giratorios y tamiz estacionario, que permite un constante raspado de los granos de quinua contra las paredes de las mallas. El polvillo desprendido de los granos pasa a través de la malla y es separado por gravedad o mediante uso de succionadores de aire. Los métodos secos (escarificación) son más económicos que el húmedo, pero su desventaja es que no logra eliminar toda la saponina. Si se aumenta la eficiencia, o sea se pule más intensamente el grano, se pierden nutrientes, como la proteína, que se encuentra principalmente en la capa superior del grano.

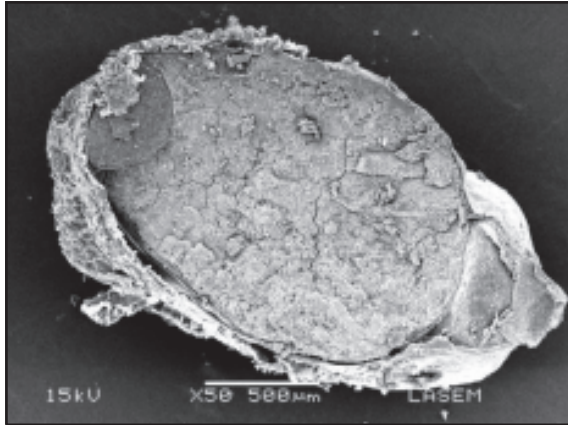
El objetivo de este trabajo fue el diseño y construcción de un prototipo escarificador de quinua, para ser usado por pequeños productores en agroindustrias rurales.

## 2. Materiales y Métodos

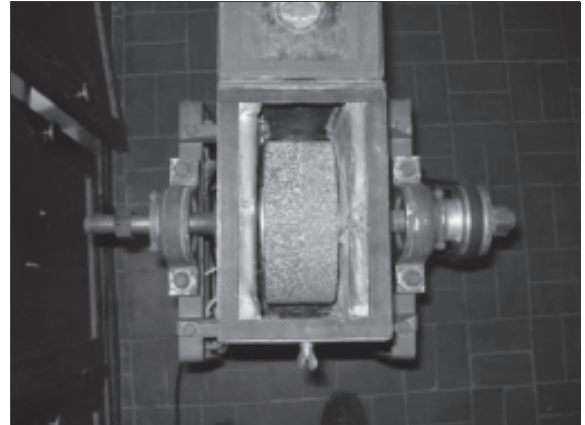
Los granos de Quinua Real son procedentes de Cachi – Salta, fueron provistos por la “Cooperativa Apícola, Agrícola y Ganadera del Valle Calchaquí Norte Lda.”. La determinación de saponinas en granos enteros y escarificados se realizó según el método de la espuma de Koziol (1990) (11). La microestructura se fotografió con un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL JSM 6480 LV). El equipo diseñado en la UNSA, en el marco del Proyecto PFIT “Desarrollo de Tecnología apropiada para Industrialización de Quinua”, fue construido en los talleres de Ingeniería de Servicios Industriales Salta (ISIS).

## 3. Resultados

Se observa en la microfotografía (Fig. 1) la estructura del grano, constituido principalmente por episperma (E), perisperma (P) y embrión (E). El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por gránulos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% del volumen de la semilla. El episperma está constituido por varias capas, la más externa es de superficie rugosa, quebradiza, se desprende fácilmente al frotarla y en ella se encuentra la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos. Con el proceso de escarificado se remueve el episperma.



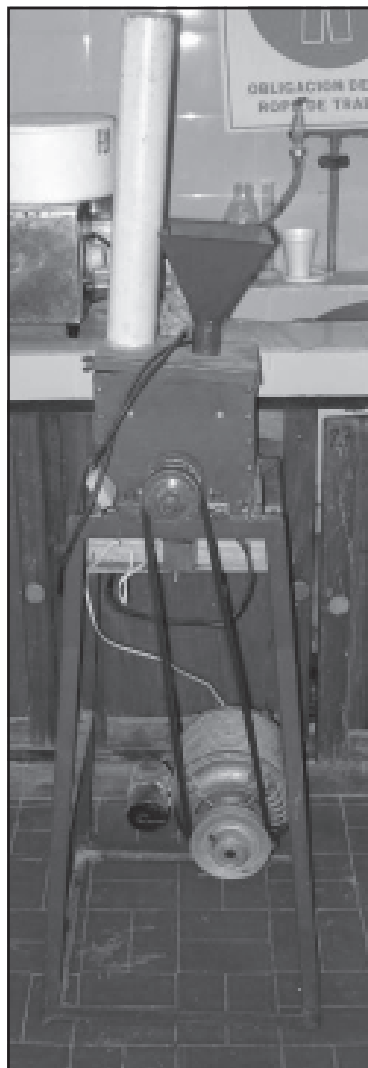
**Figura 1.** Microestructura de grano de quinua.



**Figura 3.** Piedra esmeril abrasiva.

Las primeras experiencias de escarificado se realizaron con un equipo desarrollado en la UNSA, a nivel laboratorio, para el escarificado de sorgo como se observa en Fig. 2 y Fig. 3.

Se realizó la experiencia con un peso inicial de carga de 200 grs. de quinua, la cual se cargó al equipo escarificador mientras éste estaba en funcionamiento, ésta operación de carga, demoró alrededor de 15 segundos. Seguidamente, se mantuvo el funcionamiento, durante dos minutos. Se detenía el funcionamiento para la descarga y toma una muestra, repitiendo la operación sucesivamente para muestras de 4 y 6 minutos de tratamiento.



**Figura 2.** Equipo escarificador de sorgo.

Luego de realizar la separación fracciones por tamizado, se obtuvieron los resultados que se presentan en Tabla 1.

**Tabla 1.** Fracciones de grano de quinua escarificada en escarificador de sorgo.

Fracciones del Grano	%
Quinua escarificada	76,23
Cáscara y polvos	7,3
Muestras extraídas	3,01
Pérdida de granos durante el proceso	13,46
<b>Total</b>	<b>100</b>

Las pérdidas se debieron, en gran parte, a escapes de granos de quinua durante el funcionamiento del equipo, como así también, parte de muestra inicial, quedó dentro del equipo, en intersticios, luego de efectuada la experiencia, pero es factible minimizar dichas pérdidas con ciertas precauciones que no se tomaron inicialmente.

En la determinación de saponinas (Tabla 2) se observa que es posible mejorar el rendimiento de obtención de quinua escarificada con sencillas medidas de precaución

iniciales a la experiencia. A partir de 4 minutos de tratamiento, con el escarificador, se observa que el producto ya está dentro de las especificaciones del mercado, (concentración de saponinas igual o menor a 0,05%). Se observó poca ruptura de granos.

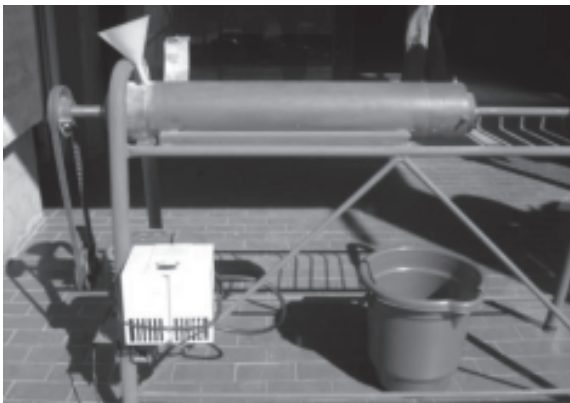
**Tabla 2.** Contenidos de saponinas en quinua con distintos tiempos de escarificado Tiempo de Escarificación.

Tiempo de Escarificación (minutos)	% Saponinas
0	0,324
2	0,111
4	0,027
6	0,001

Posteriormente se diseñaron y desarrollaron dos escarificadores prototipos a nivel planta piloto, el primero de los cuales se presenta en la Fig. 4.



**Figura 5.** Escarificador de quinua.



**Figura 4.** Escarificador de quinua prototipo 1.

Con este prototipo se ajustaron variables como tiempo de residencia, velocidad de escarificación y diseño de tornillo escarificador, para obtener el mayor grado de desaponificación en la quinua tratada.

Este escarificador, fue probado en su eficiencia para desaponificar quinua y fue la base para ajustar el diseño del último prototipo, en el que se incluyen alimentación y separación de fracciones y polvo concentrado en saponinas, luego de la escarificación.

El avance en la construcción del equipo con sus detalles de diseño se presenta en las Fig. 5, Fig. 6 y Fig. 7.



**Figura 6.** Escarificador de quinua.

Las especificaciones técnicas del escarificador desarrollado se presentan en Tabla 3.

**Tabla 3.** Especificaciones Técnicas de Equipo Escarificador de Granos de Quinua.

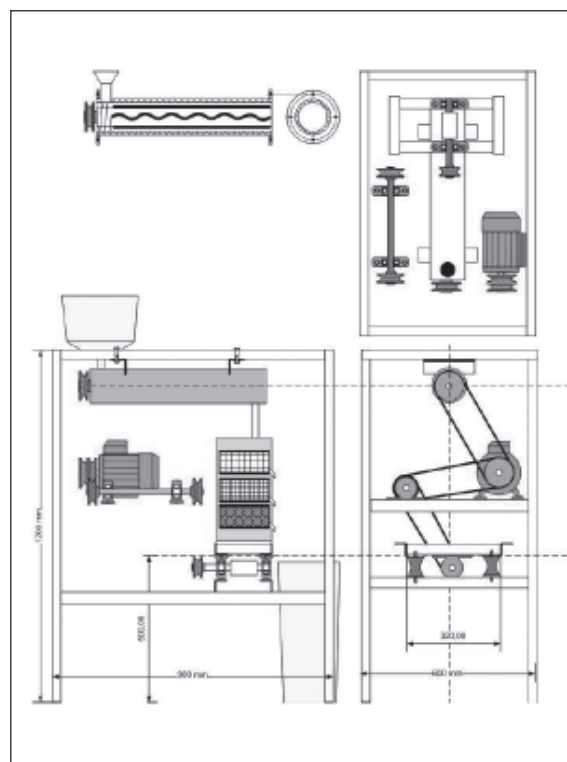
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Capacidad de escarificado	25 Kgr. Por Hora
Capacidad de separación	3 granulometrías más el polvo
Capacidad de tolva	20 Kgr.
Dosificación de alimentación	Caudal calibrado
Separación granulométrica	Zaranda vibratoria
Transmisión	Poleas en V/ Correas "A"
Motor	1 HP a 1500 RPM
Potencia	750 Watt
Dimensiones L x F x H	900 x 600 x 1200 (mm)
Peso	50 Kgr.

**Tabla 4.** Contenidos de saponinas en grano de quinua tratada.

Muestra	% Saponinas	mg saponina/g quinua
Quinua entera	0,393	3,93
Quinua escarificada	0,121	1,21
Quinua escarificada y enjuagada	0,069	0,69

Quinua escarificada y enjuagada 0,069 0,69La quinua utilizada en pruebas de escarificado en el equipo construido, presentó contenidos de saponinas que se presentan en Tabla 4. El escarificador permite obtener quinua con contenidos de saponina de 0,121%. Representa un problema menor el polvillo que queda asentado en el grano escarificado, situación que podría resolverse adicionando cepillos limpiadores al escarificador, adicionando la operación de abrillantado luego del escarificado o simplemente recomendando en el envase de la quinua escarificada "enjuague antes de usar", con lo cual el contenido se reduce a 0,069%, por lo que se considera que el equipo escarificador desarrollado es de buena eficiencia en la operación de desaponificación de granos de quinua.

Este trabajo está realizado en el marco del Proyecto financiado por el PFIT "Desarrollo de Tecnología apropiada para Industrialización de Quinua" que tiene como destinatario final a Socios de la "Cooperativa Apícola, Agrícola y Ganadera "del Valle Calchaquí Norte" (inscrita en el Ministerio de Desarrollo Social, bajo la matrícula N° 26762, nombrada en este trabajo

**Figura 7.** Diagrama del Equipo Escarificador de Quinua.

como Cooperativa de Cachi) y productores independientes del Departamento de Cachi – Provincia de Salta. A la fecha se transfirieron dos escarificadores de quinua, uno a la Cooperativa de Cachi y otro al IPAF- INTA Hornillos, para instalación y uso en Cooperativas de productores de quinua de Humahuaca y Yavi.

### Bibliografía

1. Berti P., E. Peralta, N. Mazon y E Villa. Valor Nutritivo de los Granos Andinos, desde la Perspectiva del Requerimiento Humano, Valor Económico y Potencial de Producción. XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos 24 – 27 julio 2006. Quito- Ecuador.
2. Sven Jacobsen, A Mujica. La Quinoa en la Alimentación Global. X Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 04 – 07 de julio del 2001. Jujuy. Argentina. Resúmenes. Pág.27.
3. Alejandro Bonifacio y Luigi Guarino. Programa para Elevar la Contribución que hacen las Especies Olvidadas y Subtituladas a la Seguridad Alimentaria y a los Ingresos de la Población Rural de Escasos Recursos: Quinoa, Caniahuay y Amaranto. X Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 04 – 07 de julio del 2001. Jujuy. Argentina. Resúmenes. Pág.38.
4. Introducción libro de Resúmenes del XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Universidad Pontificia Católica del Ecuador. "Hacia la seguridad y Soberanía alimentaria de los Andes. Pág. 27.

5. Chapter XI Quinoa. Factores Antinutricionales de la Quinoa Capitulo 3.4 <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro14/cap5.1.htm3>
6. R. Repo- Carrasco; C. Espinoza y S.E. Jacobsen. Valor Nutricional y Usos de la Quinoa y la Kañiwa. <http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch11-04.htm#TopOfPage>
7. Ballón E., Cuesta A. y Paredes E. Detección y Estimación de Saponinas en Variedades de Quinoa en Grano - Harina y Salvado. Mesa Redonda Internacional. Procesamiento de la Quinoa. 1 -5 de agosto de 1983. La Paz – Bolivia. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. FAO. Pág. 27.
8. Duró Esteve Laura Josefina. Perfil de Consumo y Aceptabilidad de Quinoa “Chenopodium Quinoa Willdenow”. Tesis Previa a la Obtención del Título de Licenciada en Nutrición. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias de la Salud. Salta. 2006.
9. Tapia, M Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación. FAO, 1990.
10. X Congreso Internacional de Cultivos Andinos. 04 – 07 de julio del 2001. Jujuy. Argentina. Resúmenes. Pág.38.
11. A. Bacigalupo, M Tapia Cultivos Andinos FAO- Capitulo V. Agroindustria.