



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (*Chenopodium  
quinua, w*), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS  
“IMBANDINO”, MAGAP-IMBABURA.”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**Autor: JORGE ANDRÉS ALMEIDA ANDRADE**

**Director: Ing. Marcelo Vacas. MBA.**

**Ibarra, 2015**

## Hoja de vida del investigador



**NOMBRE** : Jorge Andrés Almeida Andrade  
**CÉDULA DE IDENTIDAD** : 100329294-1  
**FECHA DE NACIMIENTO** : 24 de febrero de 1991  
**EDAD** : 24 años  
**LUGAR DE NACIMIENTO** : Ibarra-Imbabura  
**NACIONALIDAD** : Ecuatoriano  
**ESTADO CIVIL** : Soltero  
**CIUDAD DE RESIDENCIA** : Ibarra  
**DIRECCIÓN** : La Dolorosa de Priorato, calle Cuicocha 2-30  
y Cunro.  
**TELÉFONO CELULAR CLARO** : 0993770045  
**TELÉFONO CELULAR MOVISTAR** : 0987727534  
**CORREO ELECTRÓNICO** : [andr66s@live.com](mailto:andr66s@live.com)  
[andr66s@gmail.com](mailto:andr66s@gmail.com)  
[andr66s@me.com](mailto:andr66s@me.com)

## FORMATO DEL REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**ALMEIDA ANDRADE, JORGE ANDRÉS.** Mejoramiento del proceso productivo de quinua (*Chenopodium quinua*, w), en el centro poscosecha de granos andinos "IMBANDINO", MAGAP-Imbabura/ TRABAJO DE GRADO. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra, 07 de Abril de 2015.

**DIRECTOR:** *Vacas, Marcelo*

La presente investigación tuvo como objetivo el mejoramiento del proceso productivo de la quinua (*Chenopodium quinua*, w), en el centro poscosecha de granos andinos "IMBANDINO", Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca-Imbabura.

Para el análisis se utilizó la información recolectada durante la fase de diagnóstico, la cual dió lugar a observaciones y oportunidades de mejora para el proceso poscosecha, enfocándose principalmente en la obtención de granos de quinua de acuerdo a las normativas técnicas ecuatorianas vigentes y en el aumento de la productividad.

Ibarra, 07 de Abril de 2015



**Ing. Marcelo Vacas. MBA.**  
**Director de Tesis**



**Jorge Andrés Almeida Andrade**  
**Autor**

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

**TÍTULO: “MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinua*, w), EN EL CENTRO POSCOSECHA DE GRANOS ANDINOS “IMBANDINO”, MAGAP-IMBABURA.”**

**AUTOR:**

Jorge Andrés Almeida Andrade

**DIRECTOR:**

Ing. Marcelo Vacas. MBA.

### 1. RESUMEN

El presente trabajo analizó la situación inicial de los procesos del Centro Poscosecha de Granos Andinos “IMBANDINO”, mismo que se encuentra ubicado en los predios del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Imbabura; el objetivo del estudio fue el mejoramiento del proceso productivo mediante la implementación de las acciones de mejora. Para el análisis se utilizó la información recolectada durante la fase de diagnóstico, dando lugar a observaciones y oportunidades de mejora, enfocadas en la obtención de granos de quinua de acuerdo a las normativas técnicas ecuatorianas vigentes. Los puntos revisados fueron: capacidades de proceso, balance de materiales, contenidos de saponinas, determinación de demoras, productividad por equipos y métodos de desaponificado, disponibilidad de equipos,

dimensionamiento del espacio físico y su distribución; con lo cual se pudo determinar cuellos de botella; rendimientos y porcentaje de desperdicios; eficiencia de los procesos de desaponificado, dando como resultado, porcentajes de saponina menores al 0,10%, niveles aceptables para el consumo humano; demoras significativas que se constituyen en transporte y carga del grano a los equipos y lavado manual; pérdidas económicas; diseño y flujo de trabajo propuesto. Como resultado la cantidad y calidad del producto obtenido del proceso de clasificado aumentó en 68,80% para quinua de primer grado, 2,32% para quinua de tercer grado y una reducción de 58,81% para quinua de segundo grado; siendo el método de desaponificado húmedo el más productivo. Los productores de quinua que utilizan los servicios poscosecha de IMBANDINO, se beneficiaron con los resultados mediante la reducción de pérdidas de producto.

## **PALABRAS CLAVE**

Saponina, Clasificado, Escarificador, Secado, Desaponificado.

## **ABSTRACT**

This work analyzed the initial situation of the “Centro Poscosecha de Granos Andinos IMBANDINO” processes, which is located in the property of the “Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca” of Imbabura; the objective of the investigation was the improvement of the production process through the implementation of improvement measures. For the analysis, the information gathered during the diagnostic phase, was used to comment and increase opportunities, focusing primarily on obtaining grains of quinoa according to the Ecuadorian technical regulations in force. The analyzed points were: capacity of the process, balance of materials, saponins contents, determination of delays, productivity by machines and desaponificado methods, machines availability, measuring of physical space and its distribution; which determined bottlenecks, yields and percentage of waste, efficiency of desaponificado processes; giving as result, lower percentages of saponin, it is 0,10%, acceptable levels for human consumption; significant delays are by

transportation and freight of the grain to the machines and wash by hand, economic losses, desing and proposed workflow. As a result, the quantity and quality of the obtained product from the process to classified increase 68,80% for quinoa from first grade, 2,32% for quinoa from third grade and a reduction of 58.81% for quinoa of second grade; the humid method of desaponificado was the most productive. Quinoa producers, who use the services of postharvest of “IMBANDINO”, were benefit with the results through the reduction of product losses.

## **KEYWORDS**

Saponin, Classified, Scarifier, Dried, Desaponificado.

## **2. INTRODUCCIÓN**

El Centro Poscosecha de Granos Andinos “IMBANDINO” al formar parte del MAGAP-I y al prestar servicio a los pequeños agricultores debe tener como prioridad ofrecer procesos eficientes, preocupándose por minimizar los recursos utilizados y obteniendo un producto de calidad que esté de acuerdo a normativas nacionales y de esta manera satisfacer las necesidades de sus clientes. El conocer, gestionar y controlar los procesos inherentes a la poscosecha de la quinua permitió tener el enfoque correcto

para aumentar la productividad, reducir las ineficiencias, reducir el uso excesivo de recursos, obtener la retroalimentación adecuada para la mejora continua y hacer efectivos a los procesos generando los resultados deseados y aumentando la calidad del producto final.

Para esto, los objetivos de este estudio son:

- ✓ Determinar la capacidad de proceso para los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Desarrollar un balance de masas general del proceso poscosecha.
- ✓ Monitorear el porcentaje de extracción de saponinas luego de los procesos de desaponificado.
- ✓ Determinar las demoras a través de los procesos de poscosecha.
- ✓ Determinar la productividad de los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Determinar el porcentaje de disponibilidad de los equipos utilizados en el procesamiento agroindustrial de la quinua.
- ✓ Calcular el espacio físico del centro poscosecha y su distribución para plantear la ubicación más adecuada de la maquinaria.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Poscosecha De Granos Andinos “**IMBANDINO**” ubicado en los predios del MAGAP-I, conforme se detalla a continuación:

**Región:** Zona 1

**Provincia:** Imbabura

**Cantón:** Ibarra

**Parroquia:** San Francisco

**Sector:** El Ejido

**Calles:** Guallupe y Olimpia Gudiño

**Latitud geográfica:** 00° 19' 47" S

**Longitud geográfica:** 78° 07' 56" W

**Altitud:** 2256 m

**Humedad media anual:** 72%

**Temperatura media anual:** 17,7°C

**Precipitación media anual:** 52,5mm

**Fuente:** Estación Meteorológica de Yuyucocha, Ibarra-Ecuador [Consulta Noviembre 2014]

#### MATERIALES Y EQUIPOS

##### Materias Primas e Insumos

- ✓ Granos de quinua
- ✓ Agua destilada
- ✓ Agua Potable

##### Instrumentos y Equipos

- ✓ Probeta de 10 ml
- ✓ Cronómetro
- ✓ Tubos de ensayo con tapones de rosca

- ✓ Balanza sensible al 0,01g
- ✓ Balanza sensible a 2 oz
- ✓ Gradilla
- ✓ Balanza infrarroja
- ✓ Regla sensible al 0,1 cm
- ✓ Flexómetro
- ✓ Piseta
- ✓ Medidor de humedad de granos agraTronix (MT-PRO)

A lo largo del proceso poscosecha se realizaron cronometrajes, mediciones y pesajes, además, se usó la observación para la identificación de las demoras y los recursos necesarios en cada etapa del proceso; para determinar los porcentajes de extracción de saponinas se utilizó un método físico establecido en la NTE INEN 1672, basado en la propiedad tensoactiva de las saponinas.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capacidad de proceso para un equipo es la cantidad de producto que se obtiene por unidad de tiempo. Las capacidades actuales para cada proceso se muestran a continuación:

**Tabla 1** Capacidad actual de proceso del centro poscosecha.

PROCESO	Capacidad de Tolva(kg)	Tiempo (min.)	Rango (min. ±)	Capacidad promedio de proceso (kg/h)
Clasificado	90,72	35,50	5,00	153,33
Escarificado	9,07	4,00	0,50	136,08
Lavado de Qe	362,87	33,50	1,50	649,92
Lavado de Qc	362,87	52,00	5,00	418,70
Centrifugado I	68,04	10,50	0,50	388,79
Centrifugado II	68,04	10,50	0,50	388,79
Secado	453,59	124,00	30,00	219,48
Cepillado	113,40	45,50	5,00	149,54

Qe: Quinoa escarificada      Qc: Quinoa clasificada

Del análisis de la **Tabla 1**, se determina que el equipo limitante es el secador, ya que tiene una capacidad de proceso menor a los procesos previos de centrifugado y lavado.

Hay equipos que tienen capacidades de proceso menores, como la clasificadora, la escarificadora y la cepilladora, para los cuales habrá que crear almacenes de quinoa y permitir un flujo continuo.

En el proceso actual de clasificado se cambiaron las mallas de las zarandas con lo cual se lograron aumentos del 68,80% para quinoa de primer grado, 2,32% para quinoa de tercer grado y una reducción de 58,81% para quinoa de segundo grado. En la siguiente figura se puede observar los porcentajes de quinoa obtenidos.



**Figura 1** Gráfico comparativo de rendimientos del clasificado. Inicial Vs. Actual.

Realizando una comparación de los resultados obtenidos en nuestro proceso de clasificado frente a las pruebas realizadas con la clasificadora “Clipper super, modelo x29D” donde según indica Galárraga (1987), se obtuvieron los

resultados detallados en la **Tabla 2**, se determinar que los resultados se hallan ligeramente fuera de estos parámetros. Esto puede explicarse debido a la variación de los factores que detallan Nieto & Valdivia, 2011, los cuales son: el estado de madurez de la quinua, variedad, grado de contaminación con impurezas y otros.

**Tabla 2** Tabla comparativa de resultados máquina Clipper super, modelo x29D Vs clasificadora IMBANDINO

*Clipper super, modelo x29D		Clasificadora IMBANDINO	
Semilla de primera	75 a 80 %	Quinua de 1°	73,10 %
Grano comercial	15 a 20 %	Quinua de 2° + Quinua de 3°	17,29 %
Impurezas y pérdidas	5 %	Panoja + ciclón + polvo	9,62 %

\*Datos de pruebas de clasificado realizadas por Galárraga (1987).

Para determinar el porcentaje de extracción de saponinas luego de los procesos de desaponificado se realizaron monitoreos al momento de la recepción del grano, dando como resultado en todos los monitoreos porcentajes de saponina menores al 0,10%. Según Zabaleta, citado por Bacigalupo y Tapia, (1990), el nivel máximo aceptable de saponina en la quinua para consumo humano oscila entre 0,06 a 0,12%, por lo tanto, los granos cumplen con el nivel máximo aceptable de saponina aún sin someterse a un proceso de desaponificado.

## 5. CONCLUSIONES

- Se determinó que el equipo limitante, es decir, donde se crean cuellos de botella, es el secador, ya que tiene una capacidad de proceso de 219,48 kg/h, capacidad menor a los procesos previos de centrifugado y lavado. El diseño del secador requiere de gran esfuerzo del operario al tener que mover constantemente el grano para un secado uniforme y produce pérdidas de grano por las juntas o soldaduras de la plancha donde reposa el grano.
- Del análisis del balance de masas se pudo determinar que en el proceso de clasificado el 48,80% del polvo que se extrae luego de clasificar el grano aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado; de la composición del polvo con saponina luego del escarificado se obtuvo como resultado que el 45,71% de este polvo, aún es recuperable para obtener quinua de tercer grado; del polvo extraído a través del ciclón en el proceso de cepillado se obtuvo que el 63,05% de este polvo, aún es recuperable para obtener quinua de baja calidad, misma que puede ser destinada a usos diferentes a la venta granel.

- La baja turbulencia en el tanque de lavado y el posterior lavado manual hacen que la quinua se encuentre mayor tiempo en contacto con el agua, por lo tanto, su humedad aumenta hasta porcentajes superiores a 40% al final del proceso de centrifugado.
- Luego de realizar el monitoreo del porcentaje de saponinas, se pudo determinar que la quinua al momento de recepción tiene porcentajes de saponina menores al 0,10% y corresponden a quinuas de variedades dulces, con bajo contenido de saponinas, por lo tanto, los procesos de desaponificado aportan principalmente al mejoramiento de las características visuales del grano.
- Como resultado de seguir la secuencia de las actividades del proceso poscosecha y cronometrarlas, se determinó que las demoras se constituyen en transporte y alimentación o carga del grano de quinua a las máquinas entre una actividad a otra, también se identificó que la demora más significativa es la del lavado manual en el proceso de desaponificado.
- La productividad por el método de desaponificado seco, aumentó en 36%, por el método de

desaponificado húmedo aumentó 18% y por el método combinado aumentó 36%. Siendo el más productivo el método de desaponificado húmedo con una productividad de 0,2811, seguido del desaponificado seco con 0,2322 y por último el desaponificado combinado con 0,2266. Un incremento del 18% de la productividad en el método de desaponificado húmedo es equivalente a un aumento de 115 566 USD por cada 136 077 kg de quinua trillada.

- Luego de calcular la disponibilidad de los equipos del centro poscosecha se estableció que este puede procesar hasta 398 224,51 kg de quinua trillada al año por el método de desaponificado húmedo y según la planificación establecida por el MAGAP-I para el año 2014 solamente se planteó utilizar el 34% de la capacidad total de procesamiento de IMBANDINO.

## **6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos. (2011). *La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria*. FAO.

Koziol, M. (2011). Composición Química. En C. Wahli, *Quinua Hacia su*

*Cultivo Comercial* (pág. 206). Quito: LATINRECO S.A.

Meyhuay, M. (s.f.). *Quinua: Operaciones Poscosecha*. (B. Lewis, & D. Mejia, Edits.) FAO.

Norma Técnica Ecuatoriana 1515. Granos y cereales. Cribas metálicas o zarandas y tamices. Tamaño nominal de la abertura. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 154. Tamices de ensayo. Dimesiones nominales de las aberturas. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 1672. Quinua. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina). Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Norma Técnica Ecuatoriana 1673. Quinua requisitos. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Recuperado el Enero de 2014, de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/>

Peralta, E. (2009-2011). *La Quinua En Ecuador "Estado del Arte"*. Quito: Programa Nacional de Leguminosas - Granos Andinos. INIAP.

Peralta, E. (2010). *Producción y distribución de semilla de buena calidad con pequeños agricultores de granos andinos: chocho, quinua, amaranto*. Quito: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP.

*Quinua: IV Congreso Mundial de la Quinua*. (s.f.). Recuperado el Diciembre de 2012, de [http://www.congresomundialquinua.com.ec/images/doc\\_quinua/quinua.pdf](http://www.congresomundialquinua.com.ec/images/doc_quinua/quinua.pdf)

SENATI. (2011). *Introducción a la Calidad Total II*. Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial, Lima.