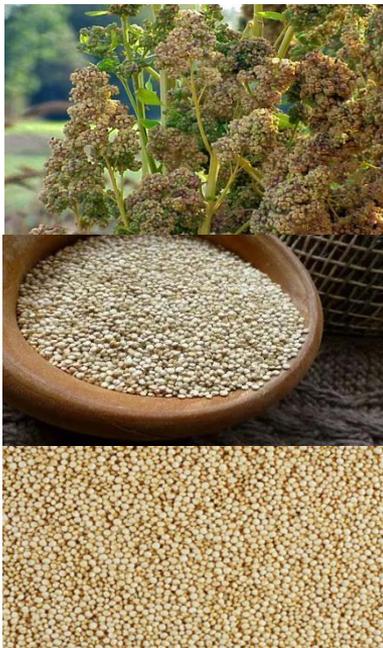




Universidad de Concepción  
Facultad de Ingeniería Agrícola - Departamento de Agroindustrias



## DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PROPIEDADES REOLÓGICAS Y QUÍMICAS EN MASA HORNEADA DE QUINUA BLANCA (*Chenopodium quinoa Willd*).

Loreto Elena Vásquez Mejías<sup>1</sup> ; Leslie Violeta Vidal Jiménez;  
Pedro Santiago Melín Marín ; María Cristina Loyola Cruz.

# 1. RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue diseñar y evaluar las propiedades reológicas y químicas de una masa horneada de Quinoa Blanca von Baer mediante panificación experimental a partir de la molienda del grano, considerándolo un alimento completo, que posee todos los aminoácidos esenciales que requiere el ser humano (leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina).

- Etapa I: Caracterización del grano de quinoa.
- Etapa II: Molienda del grano.
- Etapa III: Diseño de masa horneada.



## 2. ANTECEDENTES

La Quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*), se cultivó en Chile antes de la llegada de los españoles, tanto por Incas y Mapuches. Siendo introducida desde Bolivia a la región de la Araucanía.



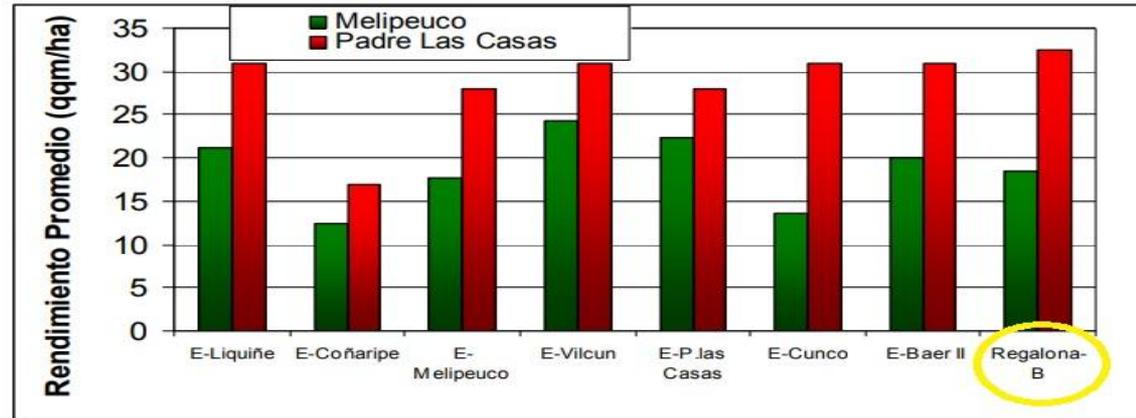
**Fig 1.** Diversidad en panojas de Quínoa colectadas y conservadas en el banco de Germoplasma de Agrogen.

## 2. ANTECEDENTES

Semillas Baer y luego Agrogen, comenzaron con un programa de mejoramiento de Quinoa con el objetivo de generar variedades de mayor rendimiento (Fig 2.1) , índice de cosecha y masa de 1000 granos (Fig 2).



**Fig 2.** Aumento de tamaño de granos de quínoa .



**Fig 2.1** Rendimientos obtenidos en ensayos de distintas municipalidades.

## 2. ANTECEDENTES

Peñas *et al.* (2014) realizaron un estudio en Italia, evaluando la seguridad de 11 variedades de quinua para pacientes celíacos provenientes de Perú, Bolivia, Chile, Dinamarca, Holanda, Italia y Estados Unidos.

Encuesta Nacional de Salud (2009-2010):

**«1% población chilena  
es alérgica al gluten»**



### 3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente hay un incremento en el número de personas que no pueden consumir con seguridad las proteínas del gluten debido a la celiaquía, u otros problemas digestivos, lo que ha llevado a desarrollar investigaciones para obtener productos de panificación libres de gluten.



## 4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- La enfermedad celíaca (o celiacía) es una afección que consiste en el daño al revestimiento del intestino delgado, producido por una reacción a la ingestión de gluten.
- Al igual que en otros países, en Chile la enfermedad celíaca se trata con una dieta libre de gluten. Para la mayoría de las personas, seguir una dieta estricta puede recuperar los daños ocasionados en el intestino delgado y prevenir su reaparición.
- Los pseudocereales reciben una atención considerable como alternativas para el diseño de productos sin gluten, y los granos de quinua se presentan como sustitutos nutritivos de los cereales convencionales.



# 5. MARCO TEÓRICO

## 5.1. Quinua Blanca

Se considera una alternativa productiva debido a su variabilidad genética que permite enfrentar los cambios ambientales que se están registrando a nivel planetario y que están afectando los suelos como la provisión de agua en calidad y cantidad y por ende la producción de alimentos a partir de las especies clásicas conocidas (Tapia, 2009).



# 5. MARCO TEÓRICO

## 5.3. Composición química del grano de quinua.

La diferencia de las variedades de quinua no solo radica en la cantidad de saponina que contenga su grano, sino también por el componente nutricional que ésta presenta.

- ✓ Proteínas
- ✓ Aminoácidos esenciales
- ✓ Minerales



# 5. MARCO TEÓRICO

## 5.2. Morfología del grano.

### 5.2.1. Microscopía electrónica de barrido.

El microscopio electrónico de barrido (SEM) (Fig 3) es un instrumento capaz de ofrecer un variado rango de informaciones procedentes de la superficie de la muestra (Ludwig, 1998).

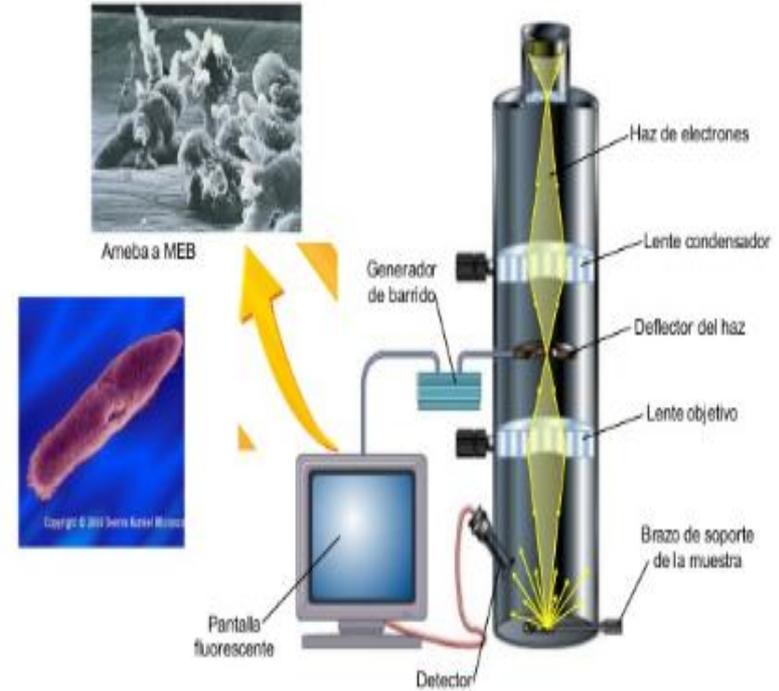


Fig 3. Microscopio electrónico de barrido.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.4. Utilización del grano.



# 5. MARCO TEÓRICO

## 5.4.1. Quinua en la Industria de la Panificación.

Para incrementar el valor nutricional de los productos de panificación se ha venido realizando estudios donde se sustituye parte de la harina de trigo por harina de quinua.

Caicedo & Torres (2015), reportan que con un reemplazo del 13% de la harina de trigo por harina de quinua se obtiene panes con apropiadas características de calidad con un nivel proteína del 6% (Fig 4).



Fig 4. Pan elaborado con 13% harina quinua con respecto al patrón.

# 6. OBJETIVOS

## 6.1. Objetivo general

Diseñar y evaluar propiedades reológicas y químicas en masa horneada de quinua blanca.

## 6.2. Objetivos específicos

- Determinar propiedades reológicas y físicas en quinua blanca.
- Determinar la composición química tanto del grano como las fracciones obtenidas.
- Determinar rendimiento de las fracciones obtenidas en la molienda de quinua blanca.
- Realizar panificación experimental y analizar características organolépticas del pan obtenido para cada fracción.

# 7. METODOLOGÍA

## Etapa I: Caracterización del grano de quinua blanca.

### 7.1. Determinación propiedades físicas

#### 7.1.1. Actividad de agua



#### 7.1.2. Propiedades Mecánicas



#### 7.1.3. Color



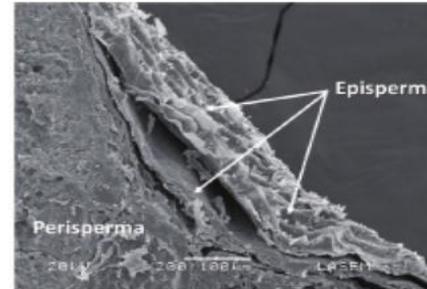
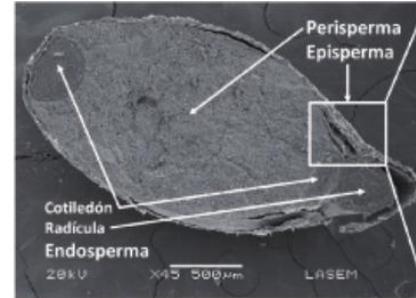
# 7. METODOLOGÍA

Etapa I: Caracterización del grano de quinua blanca.

## 7.2. Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)



SEM JELO JSM-6380 LV



# 7. METODOLOGÍA

## Etapa I: Caracterización del grano de quinua blanca.

### 7.3. Determinación propiedades químicas:

Las propiedades químicas de la quinua se determinaron a partir de los Métodos Oficiales de Análisis de Alimentos (A.O.A.C).

- Humedad	AOAC 934.01
- Cenizas	AOAC 930.05
- Grasas	AOAC 930.09
- Proteínas	AOAC 978.04
- Fibra	AOAC 934.10
- Carbohidratos	Balance energético



# 7. METODOLOGÍA

## Etapa II: Molienda del grano

### 7.4. Molienda fraccionada



- Molino experimental Chopin CD1.

# METODOLOGÍA



# METODOLOGÍA

## Etapa II: Molienda del grano 7.4.1. Molienda integral.



- Molino Pertan Mill 3100

# 7. METODOLOGÍA

## Etapa III: Diseño de masa horneada.

### 7.5. Panificación experimental.

Las panificaciones experimentales se realizaron bajo la Norma NCh 668 Of 68 para las fracciones:

- Panificación 100% harina comercial
- Panificación 50% harina 1era + 50 % harina 2da (Quinua)
- Panificación 50% harina comercial + 50 % harina 1era y 2da (Quinua)
- Panificación 100% semolina (Quinua)
- Panificación harina integral Quinua

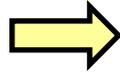


# 7. METODOLOGÍA

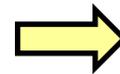
## 7.5. Panificación experimental



**Dosificación**



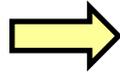
**Homogenización 30s**



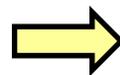
**1° Amasado 10 min**



**Boleado manual**



**1° Fermentación 35°C 15 min**



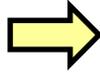
**2° Amasado 5 min**

# 7. METODOLOGÍA

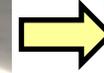
## 7.5. Panificación experimental



**2° Fermentación 35°C 10 min**



**3° Amasado 5 min**



**3° Fermentación 35°C 15 min**



**Horneado 180°C 35 min**

# 7. METODOLOGÍA

## 7.6. Alveograma

El ensayo alveográfico se realizó bajo la Norma IRAM 15857, 1995.



# 8. RESULTADOS

## Etapa I: Caracterización del grano de quinua.

### 8.1. Determinación de propiedades físicas.

Tabla 1. Determinación de las propiedades físicas de la Quínoa blanca

<b>Propiedades Físicas</b>	
Humedad (%)	12,9 ± 0,07
Actividad de agua	0,5 ± 5,6 E -03
Dureza (N·mm)	4,6 ± 2,16
Fuerza máxima (N)	40,9 ± 14,4
Color s/ saponina	L* 58 ± 1,80
	a* 4,6 ± 0,10
	b* 24 ± 0,70
Color c/ saponina	L* 63 ± 0,60
	a* 4,2 ± 0,10
	b* 23 ± 0,20

# 8. RESULTADOS

Etapa I: Caracterización del grano de quinua.

8.2. Microscopía Electrónica de Barrido del grano.

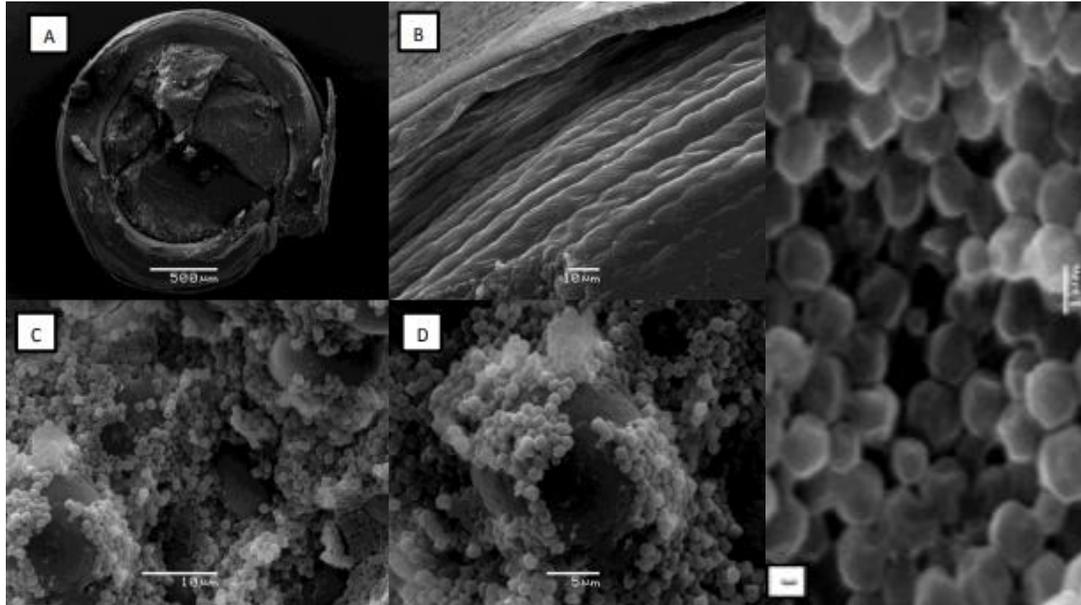


Fig 4. Visualización SEM grano de Quinoa Blanca Von Baer (corte longitudinal).

# 8. RESULTADOS

## Etapa I: Caracterización del grano de quinua.

### 8.3. Determinación de propiedades químicas.

Tabla 2. Determinación de las propiedades químicas de quinua blanca y fracciones obtenidas.

	QBSS	QBCS	QBC	QBS	QBSE	QBH1	QBH2
%Humedad	9,78 ± 0,01	13,46 ± 0,05	9,64 ± 0,03	9,59 ± 0,02	9,30 ± 0,07	9,90 ± 0,00	9,93 ± 0,03
%S. minerales	1,83 ± 0,02	2,72 ± 0,00	1,80 ± 0,02	1,93 ± 0,01	2,17 ± 0,00	1,23 ± 0,01	1,11 ± 0,03
%Grasa	7,04 ± 0,13	6,22 ± 0,34	5,74 ± 0,01	6,92 ± 0,12	8,63 ± 0,14	4,47 ± 0,12	3,68 ± 0,10
%Proteínas	12,13 ± 0,37	10,52 ± 0,52	13,69 ± 0,11	12,98 ± 0,37	14,09 ± 0,50	9,57 ± 0,08	9,00 ± 0,02

QBSS: Quinua blanca sin saponina; QBCS: Quinua blanca con saponina; QBC: Quinua blanca cutícula; QBS: Quinua blanca sémola; QBSE: Quinua blanca semolina; QBH1: Quinua blanca harina de 1era; QBH2: Quinua blanca harina de 2da.

# 8. RESULTADOS

## Etapa II: Molienda del grano

Tabla 3. Rendimiento obtenido de la molienda de Quínoa Blanca.

Molienda fraccionada	Rendimiento (%)
Harina de 1era	8,92
Salvado	16,21
Sémola	71,24
Harina de 2da	33,95
Semolina	58,65
Molienda integral	99,74



# 8. RESULTADOS

## 8.4. Microscopía Electrónica de Barrido.

- Harina integral Quinua Blanca.

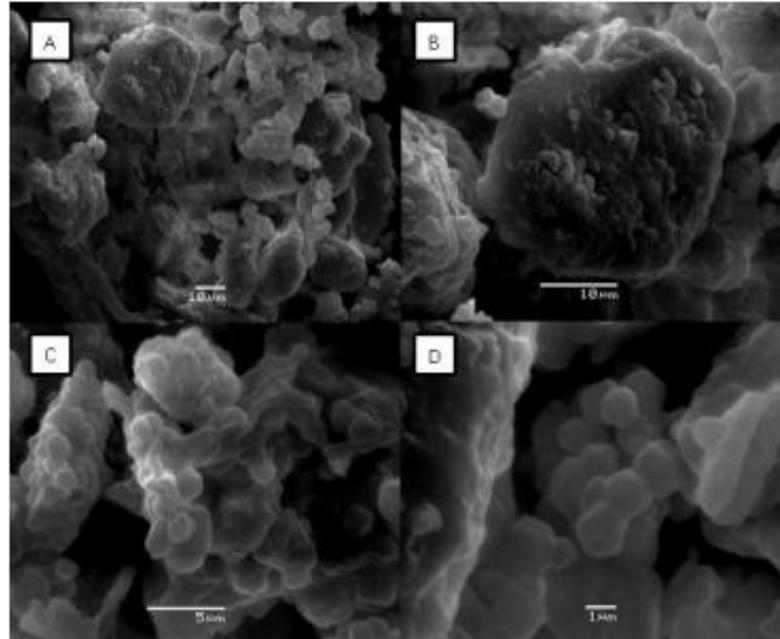


Fig 5. Visualización SEM Harina Integral Quinua Blanca von Baer.

# 8. RESULTADOS

## Etapa III: Diseño de masa horneada.

### 8.4. Panificación experimental.



100% Harina comercial

50% Harina 1era + 50%  
Harina 2da quinua

50% Harina comercial +  
50% (Harina 1era y 2da  
quinua)

100% Semolina

100% Harina integral  
quinua

# 8. RESULTADOS

## Etapa III: Diseño de masa horneada.

### 8.4. Panificación experimental.



	P1	P2	P3	P4	P5
Dureza (N·mm)	10,27	45,43	18,92	244,10	362,93
Fuerza máxima (kN)	2,06	1,46	1,64	2,26	3,40
Humedad (%)	31,99	33,32	31,02	26,77	22,14
I. Hinchamiento (%)	+114,20	+69,51	+147,83	+41,61	+44,44
I. Expansión (%)	+4,62	+1,71	- 4,76	+0,61	-1,79

P1: 100% Harina comercial; P2: 50% Harina quinua 1era + 50% Harina quinua 2da; P3: 50% Harina comercial + 50% (Harina 1era y 2da quinua); P4: 100% semolina; P5: 100% Harina integral quinua.

# 8. RESULTADOS

## Etapa III: Diseño de masa horneada.

### 8.4. Panificación experimental.



Color	P1	P2	P3	P4	P5
L*	54,72	53,95	49,73	52,44	55,4
a*	15,88	10,61	15,31	9,95	9,38
b*	32,82	31,63	31,72	31,42	31,39



P1: 100% Harina comercial; P2: 50% Harina quinua 1era + 50% Harina quinua 2da; P3: 50% Harina comercial + 50% (Harina 1era y 2da quinua); P4: 100% semolina; P5: 100% Harina integral quinua.

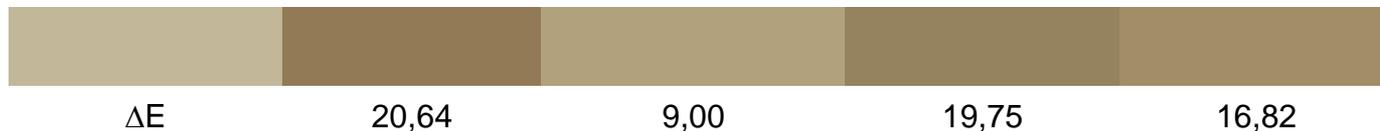
# 8. RESULTADOS

## Etapa III: Diseño de masa horneada.

### 8.4. Panificación experimental.



Color	P1	P2	P3	P4	P5
L*	75,11	56,34	67,53	56,26	60,53
a*	1,05	5,09	2,46	3,53	4,46
b*	17,65	24,83	21,76	22,31	24,96



P1: 100% Harina comercial; P2: 50% Harina quinua 1era + 50% Harina quinua 2da; P3: 50% Harina comercial + 50% (Harina 1era y 2da quinua); P4: 100% semolina; P5: 100% Harina integral quinua.

# 8. RESULTADOS

## 8.5. Alveograma

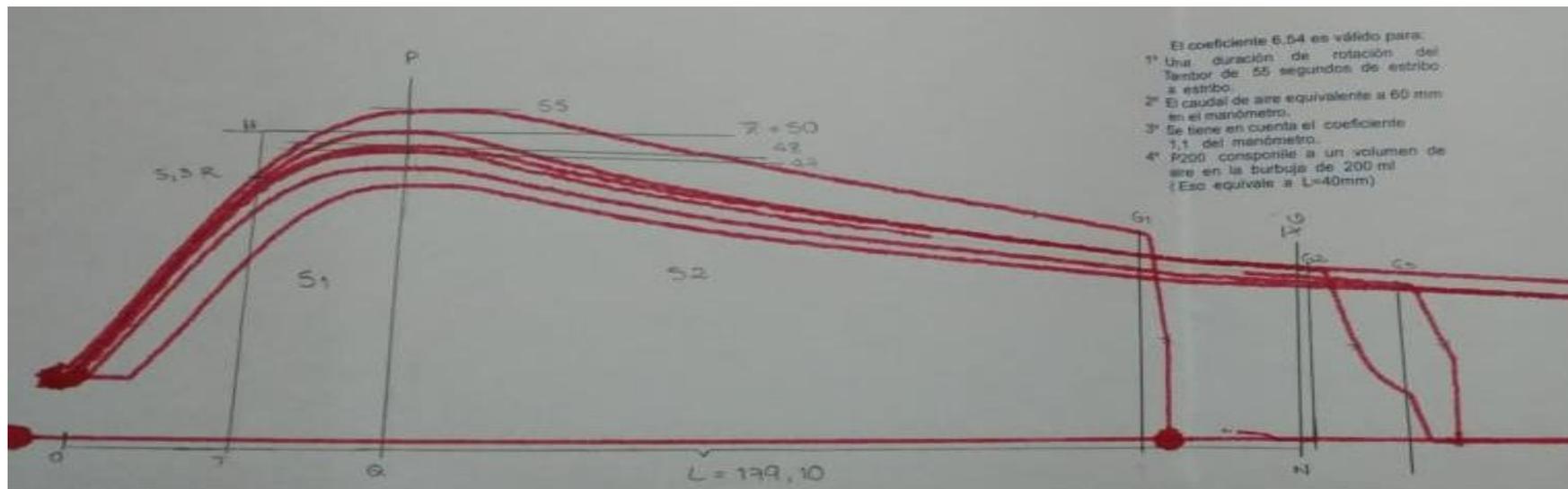


Tabla 4. Parámetros obtenidos de alveograma utilizando harina comercial

L (mm)	P (mm)	P/L (mm)	W (Julios)
179,10	55	0,31	288 E -04

Dónde:

L : Longitud del alveograma (mm)

P : Altura del alveograma (mm)

P/L : Factor equilibrio (mm)

W : Fuerza panadera (Julios)

## 9. CONCLUSIONES

- Se determinó las propiedades reológicas y químicas de la quínoa blanca, que nos permiten identificar la mejor fracción obtenida de la molienda para el diseño de un producto horneado en base a quínoa.
- Se determinó propiedades físicas del grano, el cual al tener una baja actividad de agua, no posee mayor riesgo de proliferación de microorganismos. Asimismo la dureza, que nos da un indicador del tiempo de molienda del grano.
- La mayor proporción de la molienda se encuentra en la sémola, de donde se obtiene un 71,24% de los 3,7 kg de Quínoa Blanca Von Baer.

## 9. CONCLUSIONES

- A pesar de la eficiencia del molino, se debe considerar pérdidas que implican retención en los contenedores de salvado y semolina.
- Se realizó panificación experimental, en donde todos los diseños en cuanto a sabor fueron apetecibles, no así en textura. A menor proporción de harina comercial, menor fue la extensibilidad de la masa.
- Pese a que en la determinación de composición química del grano, la fracción con mayor % proteínas fue la semolina, de igual manera no tuvo la fuerza suficiente para incrementar su extensibilidad o semejarse a la harina comercial.
- Solo es posible realizar alveograma con harina comercial, ya que durante el amasado la masa no logra unirse, generando solo grumos de harina.

# 10. AGRADECIMIENTOS

**Polo territorial de desarrollo de ingredientes funcionales y aditivos, a partir de granos ancestrales, para la industria alimentaria mundial PYT – 2017- 0495**

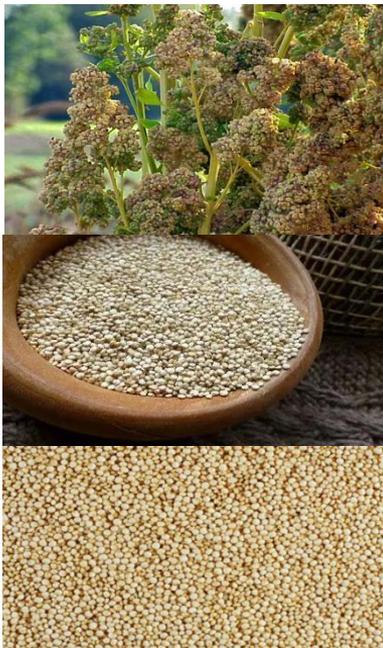


Fondo de  
**Inversión Estratégica**





Universidad de Concepción  
Facultad de Ingeniería Agrícola - Departamento de Agroindustrias



## DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PROPIEDADES REOLÓGICAS Y QUÍMICAS EN MASA HORNEADA DE QUINUA BLANCA (*Chenopodium quinoa Willd*).

Loreto Elena Vásquez Mejías<sup>1</sup> ; Leslie Violeta Vidal Jiménez;  
Pedro Santiago Melín Marín ; María Cristina Loyola Cruz.

# 11. ANEXOS

## 11.1 CELIAQUÍA

La enfermedad celíaca (o celiarquía) es una afección que consiste en el daño al revestimiento del intestino delgado, producido por una reacción a la ingestión de gluten. Este último es una sustancia que se encuentra en el trigo, la cebada, el centeno (posiblemente también la avena), así como en alimentos elaborados con estos ingredientes.

Al igual que en otros países, en Chile la enfermedad celíaca se trata con una dieta libre de gluten. Para la mayoría de las personas, seguir una dieta estricta puede recuperar los daños ocasionados en el intestino delgado y prevenir su reaparición

# 11. ANEXOS

## 11.1 CELIAQUÍA

El revestimiento de los intestinos tiene pequeñas proyecciones que contienen zonas llamadas vellosidades, que se proyectan al exterior en la abertura del intestino. Estas estructuras ayudan a absorber los nutrientes.

Cuando las personas con enfermedad celíaca consumen alimentos con gluten, su sistema inmunitario reacciona causando daño a las vellosidades intestinales. Debido a ese daño, las vellosidades son incapaces de absorber el hierro, las vitaminas y los nutrientes en forma apropiada. En consecuencia, pueden presentarse una serie de síntomas y problemas de salud.