

# EFECTO DE LA VARIEDAD DE ARROZ EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PAN DE ARROZ SIN GLUTEN

Katherine Macías<sup>1</sup>, Lena Sanjinez<sup>2</sup>, Fabiola Cornejo<sup>3</sup>.  
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción  
Escuela Superior Politécnica Del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[katedmac@espol.edu.ec](mailto:katedmac@espol.edu.ec)<sup>1</sup>; [lsanjine@espol.edu.ec](mailto:lsanjine@espol.edu.ec)<sup>2</sup>; [fcornejo@espol.edu.ec](mailto:fcornejo@espol.edu.ec)<sup>3</sup>

## Resumen

El presente proyecto se enfoca en analizar las características físicas del pan sin gluten a partir de las seis variedades ecuatorianas como INIAP 14, 15, 16, 17, F09 y F50.

Entre los análisis realizados se encuentran textura, color, volumen específico y relación alto/ancho.

Los resultados demostraron que la variedad de arroz tiene influencia en las características físicas del producto final.

Considerando que el volumen específico, define la calidad del pan, la variedad de arroz que obtuvo el mejor volumen fue F09. Es decir esta variedad tiene la capacidad de retener mejor el CO<sub>2</sub> formado durante la fermentación. En cuanto a la relación alto/ancho, la variedad F09 no proporcionó el valor deseado porque su valor indica la formación de un pan plano difiriendo completamente de la variedad que si cumplió que fue INIAP 17.

**Palabras claves:** *Varietades de arroz, pan sin gluten, análisis físicos.*

## Abstract

*This project focuses on analyzing the physical characteristics of free gluten bread from the six Ecuadorian varieties as INIAP 14, 15, 16, 17, F09 and F50.*

*Between analyzes studied are texture, color, specific volume and relation height/width. The results showed that the variety of rice differ in the physical characteristics of final product.*

*Considering that the specific volume, defines the quality of the bread, the rice variety that had the best volume was F09. It means this variety has the ability to retain the CO<sub>2</sub> formed during fermentation. In so far as to the relation height/width, the variety F09 did not provide the desired value because that value indicates the formation of flat bread completely differing with the variety INIAP 17.*

**Keywords:** *Varieties of rice, free-gluten bread, physical.*

## 1. Introducción

En la actualidad uno de los alimentos de gran consumo masivo en los hogares ecuatorianos es el pan.

Es importante mencionar que Ecuador presenta una diversidad de cultivos entre el cual se puede citar al arroz. Las investigaciones recientes se han enfocado en el desarrollo de productos sin gluten, siendo la harina de arroz una de las más usadas; por las características que posee: un sabor suave, color blanco, bajos niveles de sodio e hidratos de carbono fácilmente digeribles, y propiedades hipoalergénicas. Las características hipoalergénicas del arroz son muy importantes ya que la harina de trigo posee prolaminas que afectan a personas intolerantes al gluten desencadenando una lesión en la mucosa del intestino delgado disminuyendo así la absorción de los nutrientes.

Por lo tanto en este proyecto se desea analizar las características físicas y químicas en el pan elaborado con diferentes harinas de arroz y determinar si presentan diferencias significativas en el producto final.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Variedades de arroz

Las variedades de arroz utilizadas en esta investigación fueron proporcionadas por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Son seis variedades entre las cuales podemos citar: INIAP 14, INIAP 15, INIAP 16, INIAP 17, F09 y F50.

Seguidamente, el arroz se sometió a un proceso de descascarillado y pulido en la INDUSTRIA ARROCERA EL REY INDUREY CIA. LTDA. ubicada en Km 42, Guayaquil - Babahoyo, recinto Tres Postes – Juján; una vez obtenido el arroz propiamente dicho se procedió a la elaboración de harina. Este proceso se realizó en el laboratorio I+D de la ESPOL utilizando dos molinos, el primero modelo RPM1720-MCF el cual redujo el tamaño del grano de arroz; y el segundo molino marca UDY modelo CYCLOTEC permitió pulverizar completamente el arroz y así obtener la harina para la elaboración del pan. Finalmente, las harinas han

sido guardadas y rotuladas respectivamente para su posterior uso.

### 2.2. Elaboración de pan de arroz sin gluten

Para la elaboración de pan de arroz sin gluten se siguió la metodología de Marco y Rosell (2008).

### 2.3. Determinación de propiedades Físicas del pan de arroz

Las propiedades físicas del pan fueron realizadas a las 24 horas de haber elaborado el pan, ya que en panes sin gluten es el tiempo determinado para evaluar cada una de éstas. Los estudios se los realizó por triplicado.

#### 2.3.1. Volumen específico

Para la determinación del volumen del pan se utilizó semillas de mostaza. Los datos se obtuvieron mediante el desplazamiento de las semillas; el volumen de semillas desplazadas es igual al volumen de la muestra.

$$\text{Volumen específico} = \frac{\text{volumen (mL)}}{\text{masa(g)}}$$

#### 2.3.2. Relación ancho/alto del pan

Para determinar la relación ancho/alto se cortó rebanadas de pan con un cuchillo eléctrico para facilitar el cortado y tener el espesor deseado (1 cm de espesor). Se realizó por medición directa.

#### 2.3.3. Análisis de la Textura de la miga

Para la prueba de textura de la miga se procedió a cortar rebanadas de pan de 1 cm de ancho, las cuales fueron ubicadas en el texturómetro (Texture Analyzer) modelo CT3 marca Brookfield. Se aplicó un sistema de compresión de dos ciclos a cada rebanada, el tiempo de espera entre ambas compresiones fue de 30 segundos. La compresión de la muestra se hizo hasta el 50% del espesor inicial. Los parámetros evaluados fueron la dureza, elasticidad y masticabilidad.

### 2.3.4. Color de la miga

Para determinar el color de la miga en las muestras de pan se utilizó un Sistema de Visión Computarizada (SVC) que presenta un escenario de iluminación establecido; los componentes principales son una cámara digital CCD que permitió captar la imagen del pan, y el software Adobe Photoshop.

Se analizaron tres muestras de cada pan, el color fue expresado mediante los parámetros triestímulo  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  del espacio CIE-Lab. Donde  $L^*$  es la luminosidad,  $a^*$  la dirección del rojo (+) al tono verde (-), y  $b^*$  indica el tono amarillo (+) y tono azul (-).

### 2.3.5. Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la experimentación se analizaron usando el software Statgraphics. Se realizó la prueba de ANOVA y Pruebas de Múltiples Rangos para determinar diferencias significativas entre las variedades, con un nivel de 95 por ciento de confianza.

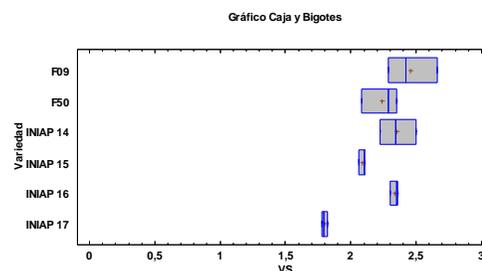
**TABLA 1.** Pruebas Físico-Químicos del pan sin gluten

Análisis	Equipo
Volumen específico	Desplazamiento de semilla
Relación alto/ancho	Medición directa
Textura	Texturómetro (Texture Analyzer) modelo CT3 marca Brookfield
Color	Sistema de Visión Computarizada

## 3. Resultados

### 3.1. Efecto de la variedad de arroz en el volumen específico del pan de arroz

**GRÁFICO 1**  
**CAJA Y BIGOTES PARA VOLUMEN**  
**ESPECÍFICO POR VARIEDAD**



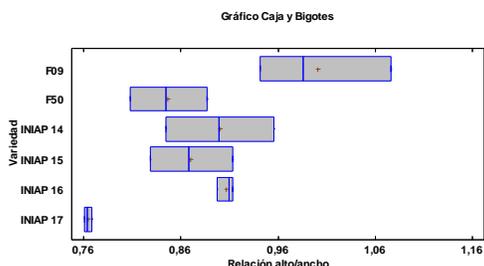
Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 1 muestra el volumen específico por cada variedad. Gráficamente, se observa que el pan que presentó el volumen específico más bajo (1,79+/-0,20ml/g) fue elaborado a partir de la variedad de arroz INIAP 17 que difiere completamente del resto de variedades. Las demás muestras de pan presentaron valores cercanos al pan con mayor volumen específico (2,45+/-0,20ml/g); el mismo que se hizo con la variedad de arroz F09.

El valor máximo obtenido es muy bajo comparado con el volumen de un pan tradicional que tiene un valor alrededor de 5,8 ml/g (Armando Alvis\*, 2011), por lo tanto se puede decir que al sustituir completamente la harina de trigo por harina de arroz en las formulaciones de pan este parámetro disminuye. Debido a que las proteínas contenidas en la harina de arroz son hidrofóbicas es decir que al mezclarse con el agua son incapaces de formar una red proteica esto trae como consecuencia que el CO2 producido en la fermentación no se retiene en la masa y esto se traduce en la obtención de un pan con bajo volumen específico, generando un producto final de baja calidad.

### 3.2. Efecto de la variedad de arroz en relación alto/ ancho del pan de arroz

**GRÁFICO 2**  
**CAJA Y BIGOTES PARA ALTO/ANCHO POR**  
**VARIEDAD**



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

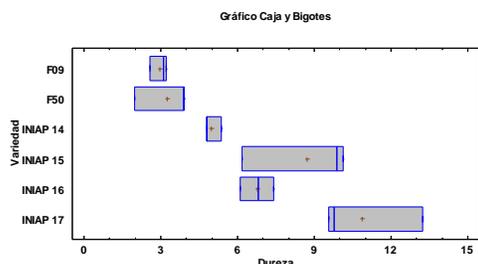
El diagrama de caja y bigotes Gráfico 2 muestra la relación alto/ancho por cada variedad. Gráficamente, se observa que la muestra de pan que presentó el valor mínimo (0,76+/-0,07) para la relación alto/ancho se obtuvo de la variedad de arroz INIAP 17 mientras que el valor máximo (1,00+/-0,07) perteneció a la variedad de arroz F09, entre ambas variedades presentaron diferencias significativas y a la vez difieren con el resto de muestras. El resto de variedades INIAP 14, 15, 16 y F50 no se encontraron diferencias en esta característica.

La relación existente entre el alto y ancho permite conocer la forma que tuvo el producto final. Sería recomendable hacer pan a partir de las variedades que tengan valores pequeños porque se cree que tendrían mayor altura y mejor proporción.

**3.3. Efecto de la variedad de arroz en la textura del pan de arroz**

**Dureza**

**GRÁFICO 3**  
**CAJA Y BIGOTES PARA DUREZA POR**  
**VARIEDAD**

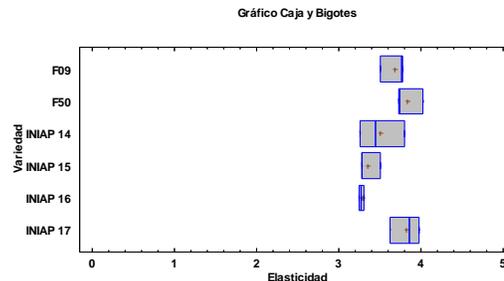


Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 3 muestra la dureza por cada variedad. Gráficamente, se observa que el pan que obtuvo mayor dureza (10,86+/-2,40N) fue el elaborado a partir de la variedad INIAP 17, el cual presenta diferencias significativas con las muestras de pan elaboradas a partir de las variedades INIAP 14, 16, F09 y F50. El pan con menor dureza (2,98+/-2,40N) fue el elaborado a partir de la variedad F09 el cual no difiere de su homologo, pero presenta diferencias significativas con las variedades de pan elaboradas a partir de las variedades INIAP 15,16 y 17. Sería recomendable elaborar pan con las variedades de Pronaca (F09 y F50), ya que el producto final posee un mayor contenido de humedad, por consiguiente tendrá mayor suavidad.

**Elasticidad**

**GRÁFICO 4**  
**CAJA Y BIGOTES PARA ELASTICIDAD POR**  
**VARIEDAD**



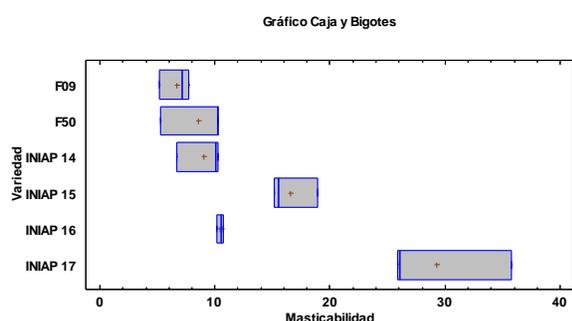
Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 4 muestra la elasticidad por cada variedad. Gráficamente, se observa que los panes sin gluten elaborados con harina de arroz presentan un bajo nivel de elasticidad esto se debe a la falta de prolaminas (Gluteninas) que son las responsables de brindar la elasticidad requerida. Aunque sus valores son bajos, los panes elaborados con las diferentes variedades estudiadas si presentaron diferencias significativas entre ellas. La variedad INIAP 16 es la que tiene menor elasticidad (3,28+/-0,30) presentando diferencias significativas con la variedad INIAP 17 y las variedades F09 y F50. La variedad F09 es la que mayor elasticidad tiene (3,83+/-0,30) presentando diferencias

significativas con las variedades INIAP 14, 15, 16. Un valor de elasticidad bajo indica que el producto final es quebradizo, mientras que para un valor de elasticidad alto da como resultado un pan con mayor gomosidad.

### Masticabilidad

**GRÁFICO 5  
CAJA Y BIGOTES PARA MASTICABILIDAD  
POR VARIEDAD**



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 5 muestra la masticabilidad por cada variedad. Gráficamente, se observa que el pan con menor masticabilidad ( $6,68 \pm 5,18mJ$ ) se elaboró con la variedad F09, el cual no presentó diferencias significativas con su homólogo F50 y las variedades de INIAP 14, 16. La muestra con mayor masticabilidad ( $29,23 \pm 5,18mJ$ ) perteneció a la variedad INIAP 17, el cual presentó diferencias significativas con todas las muestras estudiadas al igual que INIAP 15. La medición de la masticabilidad es directamente proporcional a la elasticidad; los panes de las diferentes variedades tuvieron valores bajos de elasticidad lo que se traduce en obtener panes con baja masticabilidad es decir que tuvieron baja gomosidad y son fracturables.

### 3.4. Efecto de la variedad de arroz en el color del pan de arroz

VARIEDADES	VALORES DE COLOR		
	L*	a*	b*
INIAP 14	74,00+/-0,00	-3,66+/-0,57	18,33+/-1,15
INIAP 15	72,00+/-1,00	-2,66+/-0,57	23,66+/-4,61
INIAP 16	72,66+/-0,57	-2,66+/-0,57	18,66+/-0,57
INIAP 17	73,66+/-1,15	-3,00+/-0,00	22,33+/-2,30
F09	74,66+/-0,57	-3,66+/-0,57	18,00+/-1,00
F50	74,00+/-0,00	-3,33+/-1,15	19,33+/-1,52

El diagrama de caja y bigotes mostró la luminosidad por cada variedad. Gráficamente, se observó que la variedad de F09 obtuvo el valor más alto ( $74,66 \pm 1,25$ ), esto reveló que esta variedad proporciona colores más claros en el pan sin gluten. Por otra parte se observó que la variedad INIAP 15 presentó el valor más bajo ( $72,00 \pm 1,25$ ) indicando de esta manera que las muestras de este pan son más oscuras.

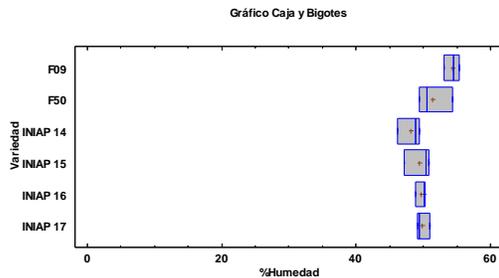
El diagrama de caja y bigotes mostró a\* por cada variedad. Gráficamente, se observó que las variedades de arroz no afectan el rango de colores de rojo (+) a verde (-) en las muestras de pan de cada variedad.

El diagrama de caja y bigotes mostró b\* por cada variedad. Gráficamente, se observó que para la prueba de color del valor b\* se obtuvo que la variedad INIAP 15 presentó el valor más alto ( $23,66 \pm 4,08$ ), esto revela que la muestra de pan elaborada a partir de la misma tiende a tonos más amarillos en su presentación. La variedad F09 obtuvo los valores más bajos ( $18,00 \pm 4,08$ ), esto indica que la tonalidad en la muestra de pan tiende a una coloración azul. El análisis minucioso permite conocer que la variedad INIAP 15 presenta diferencias con el resto de variedades en estudio a excepción de la INIAP 17.

### 3.5. Efecto de la variedad de arroz en la humedad y actividad de agua del pan de arroz

GRÁFICO 6

#### CAJA Y BIGOTES PARA HUMEDAD POR VARIEDAD



Elaborado por: Katherine Macías y Lena Sanjinez

El diagrama de caja y bigotes Gráfico 9 muestra el porcentaje de humedad por cada variedad. Gráficamente, se observa que el pan que obtuvo mayor humedad (54,13+/-2,91 por ciento) fue elaborado a partir de la variedad de arroz F09, el cual no difiere de su homólogo F50. El pan con menor contenido de humedad (48,30+/-2,91 por ciento) se realizó con la variedad de arroz INIAP 14, la misma que no presenta diferencias con el resto de variedades de INIAP. Sería recomendable producir pan con las variedades de Pronaca (F09 y F50), ya que el producto final tendría mayor contenido de humedad y esto favorece que el endurecimiento y envejecimiento del pan sea un poco más prolongado en comparación con las otras variedades.

## 4. Agradecimientos

A la MSc. Fabiola Cornejo, a la Ing. Janaína Sánchez, a nuestra compañera Grace Márquez por su predisposición y colaboración puesta en el desarrollo de este proyecto.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

Se estudió seis variedades de arroz entre las cuales se puede citar a INIAP 14, 15, 16, 17 y F09, F50 a partir de éstas se obtuvo la harina para elaborar pan

sin gluten. La sustitución completa de la harina de trigo en las formulaciones de pan por cien por ciento harina de arroz efectuó cambios en el producto final comparado en relación a un pan tradicional.

El uso de diferentes variedades de arroz provocó un efecto significativo sobre algunas de las características físicas en el pan sin gluten. Específicamente el volumen específico, relación alto/ancho, textura y color. Considerando que el volumen específico, define la calidad del pan, la variedad de arroz que obtuvo el mayor volumen fue F09. Es decir, esta variedad tiene la capacidad de retener mejor el CO<sub>2</sub> formado durante la fermentación. En cuanto a la relación alto/ancho, la variedad F09 no proporcionó el valor deseado porque su valor indica la formación de un pan plano difiriendo completamente de la variedad que si cumplió que fue INIAP 17, pero que resultó compensado el resto de parámetros.

Para la prueba de textura los valores obtenidos de dureza han sido bajos comparados a otros estudios como los de Machado (1996) y Gujral y Molina (2004) en panes a base de harina de arroz. Esto indicaría algo positivo debido a que llega a asemejarse a valores de pan de trigo tradicional, pudiendo tener mayor aceptación en el mercado.

Ya que algunos de los parámetros no cumple con las características del pan de trigo tradicional, se recomienda que para elaborar pan sin gluten se puede hacer una combinación de las harinas determinando así la proporción de cada variedad; la proporción patrón será harina a partir de F09 mezclada con INIAP 17 que ofreció mejores resultados para las pruebas de relación ancho/alto y masticabilidad se pretende que se observen si existen cambios favorables en el producto final.

Para conocer la aceptación de este producto por parte del consumidor es necesario realizar pruebas de evaluación sensorial que determinarán si tiene oportunidad de entrar al mercado o no y consecuentemente hacer un análisis financiero de cuánto costaría producir una unidad de este pan.

## 6. Bibliografía y Referencias

[1] Hernández-Lahoz C., Mauri-Capdevila G., Vega-Villar J., Rodrigo L. Revista de Neurología. “*Neurogluten: patología neurológica por intolerancia al gluten*”. Volumen: 53 (5): pags: 287 - 300. 2011.

[2] Reardon J. North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services, Food and Drug Protection Division. “*Intolerancia al Gluten y la Enfermedad de los Celíacos*”. North Carolina. Pags:1-3.

[3] Sciarini L., Ribotta P., León A., Pérez G. International Journal of Food Science and Technology. “Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality”. Volumen 45, 2306 - 2312. 2010.

[4] Mandala I., Kapsokefalou M. Gluten-Free Bread: Sensory, Physicochemical, and Nutritional Aspect. “*Flour and Breads and their fortification in Health and Disease Prevention*”. Capítulo 15. Pags: 161 - 169 2011.

[5] Arendt E., Morrissey A., Moore M., Dal Bello F. Gluten - Free breads. “*Cereal Products and Beverage*”. Capítulo 13. Pag: 289 – 319. 2008.

[6] Rosell C., León A. De tales harinas, tales panes.”*Arroz*”. 1ª Edición. Córdoba, Argentina. Pags:123 - 193. 2007.

[7] Marco C. “*Mejora de la funcionalidad de proteínas de cereales libres de gluten: Aplicación en productos fermentados*”. TESIS DOCTORAL DE LA UNIVERSIDAD POLITÈCNICA VALENCIA. Valencia. 2008.

[8] Conocimiento con todos y para todos. Disponible en:  
[http://www.ecured.cu/index.php/Variedades\\_de\\_Arroz](http://www.ecured.cu/index.php/Variedades_de_Arroz)

[9] INIAP. Instituto de Investigación Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.”*Variedades del arroz ecuatoriano*”. Disponible en:  
[http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com\\_content&view=article&id=346&Itemid=249](http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=346&Itemid=249)

[10] Alvis A., Pérez L., Arrazola G. “*Estudio de Propiedades Físicas y Viscoelásticas de Panes Elaborados con Mezclas de Harinas de Trigo y de Arroz Integral*”. Colombia. Vol. 22(4), 107-116 . 2011.

[11] Características físicas y químicas del pan elaborado con harina de trigo. Disponible en:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/perez\\_g\\_g/capitulo7.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/perez_g_g/capitulo7.pdf)

[12] Álvarez L., Vallejos R. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy . “*El pan nuestro de cada día*”. UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO. Vol 11- N° 62. 2001.

[13] Tinoco O., “*Desarrollo y evaluación física-química y sensorial de un pan usando salvado de trigo y harina integral*”.PROYECTO ESPECIAL. Zamorano, Honduras. 2009.

[14] Ordóñez G., Oviedo R. “*Alternativas de Aprovechamiento de Harinas no Tradicionales para la Elaboración de Pan Artesanal*”. TESIS DE GRADO DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DEL LITORAL . Guayaquil, Ecuador. 2010.