

**Optimización de la sustitución parcial de  
margarina por semillas de chía (*Salvia  
hispanica* L.) y harina integral de trigo  
(*Triticum aestivum*) por avena (*Avena sativa*)  
en pan molde integral**

**María Andrea Vega Vasconez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Optimización de la sustitución parcial de  
margarina por semillas de chía (*Salvia  
hispanica* L.) y harina integral de trigo  
(*Triticum aestivum*) por avena (*Avena sativa*)  
en pan molde integral**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**María Andrea Vega Vasconez**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2015

# **Optimización de la sustitución parcial de margarina por semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) y harina integral de trigo (*Triticum aestivum*) por avena (*Avena sativa*) en pan molde integral**

Presentado por:

María Andrea Vega Vasconez

Aprobado:

---

Juan Ruano, D.Sc.  
Asesor Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria  
Alimentaria

---

Sandra Espinosa, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

# **Optimización de la sustitución parcial de margarina por semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) y harina integral (*Triticum aestivum*) por avena (*Avena sativa*) en pan molde integral**

**María Andrea Vega Vasconez**

**Resumen:** El pan es un producto de consumo masivo y de bajo costo; por lo que es ideal para aumentar su valor nutricional. Las semillas de chía se caracterizan por ser la fuente natural con mayor proporción de ácido  $\alpha$ -linolénico y la avena un alimento bajo en sodio y grasas saturadas. En base a lo anterior el objetivo de este estudio fue determinar el nivel de sustitución de margarina por semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) y harina integral de trigo duro (*Triticum aestivum*) por avena (*Avena sativa*) que optimice las características fisicoquímicas de un pan molde integral. Se tuvo dos variables independientes avena (%) y chía (%), con 4 puntos factoriales, 4 axiales y 5 centrales. Las variables dependientes fueron pH, actividad de agua, color y compresión. El tratamiento óptimo se determinó usando la metodología de superficie respuesta y se comparó con un control a través de las variables dependientes. Para el análisis estadístico se usó una separación de medias Lsmeans ( $P < 0.05$ ). También se realizó un análisis de proteína y grasa, perfil de ácidos grasos, análisis sensorial y costos variables. Se obtuvo 4 modelos tendenciosos y dos predictivos ( $A_w$  y valor b). Para poder optimizar la  $A_w$  y valor b se determinó por la función de utilidad una sustitución de 12.5% de margarina por chía y 7.5% de harina integral por avena. El tratamiento óptimo presentó 0.4% de Acido Alfa-linolénico y el tratamiento control 0.32%. El cual fue más aceptado que el control. El óptimo presentó mayor costo variable en la formulación. Se debe usar las semillas de chía como sustituto parcial de la margarina en otros productos de panificación.

**Palabras clave:** Ácido alfa linolénico, avena, chía, optimización, pan.

**Abstract:** Bread is a massively consumed product of low cost; hence making it an ideal to improve its nutritional value. Chia seeds are characterized for being the natural source most abundant of  $\alpha$ -linolenic acid and oat is a food source of low sodium and saturated fat. This study was undertaken to determine the levels at which margarine can be substituted with chia seeds (*Salvia hispanica* L.) and hard whole wheat flour (*Triticum aestivum*) substituted by oat (*Avena sativa*). Optimizing the physicochemical characteristics of a whole wheat bread loaf. For which two independent variables oats (%) and chia (%) with 4 factorial points, 4 axial points and 5 central points was established. The dependent variables were pH, water activity, color and compression. The optimal treatment was determined using the response to surface methodology and compared with the control with the dependent variables. The statistical analysis used was Lsmeans separation ( $P < 0.05$ ). An analysis of protein and fat was conducted. A fatty acid profile, sensorial analysis and variable costs were determined. Four tendentious and two predictive models ( $A_w$  value and b) were obtained. The optimal  $A_w$  and b values were determined by a utility function, substitution of 12.5% of margarine for chia and 7.5% of hard whole wheat flour for oat. The optimal treatment has 0.4% of alpha-linolenic acid and 0.32% control treatment. The control treatment was most accepted compared to the optimum; this treatment had a higher variable cost in its formulation. Chia seed should be used as a partial substitute of margarine in other bakery products.

**Keywords:** alpha linolenic acid, bread, chia seed oat, optimization.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros y Figuras .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros		Página
1.	Equipo utilizado para la elaboración y análisis del pan.....	3
2.	Descripción del diseño experimental del estudio.....	5
3.	Niveles de las variables independientes para la formulación de pan integral con chía y avena.....	6
4.	Niveles de las variables independientes para la formulación de pan integral con chía y avena.....	7
5.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de color expresado en valor L.....	10
6.	Análisis de varianza, coeficientes de regresión y $R^2$ para valor L, en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.....	10
7.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de color expresado en valor a.....	11
8.	Análisis de varianza, coeficientes de regresión y $R^2$ para valor a, en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.....	12
9.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de color expresado en valor b.....	13
10.	Análisis de varianza, coeficientes de regresión y $R^2$ para valor b, en función del % avena ( $X_1$ ) y % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.....	14
11.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de pH.....	16
12.	Análisis de varianza, coeficientes de regresión y $R^2$ para pH, en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.....	17
13.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de $A_w$ .....	18
14.	Análisis de varianza, coeficientes de regresión y $R^2$ para $A_w$ , en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.....	18
15.	Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de textura.....	20
16.	Análisis de varianza, coeficientes de regresión y $R^2$ para textura, en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.....	21

Cuadros	Página
17. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de color entre el tratamiento óptimo (12.5 %chía y 7.5 % avena) y control... ..	23
18. Promedios y desviación estándar (D.E) del análisis de textura, pH y Aw entre el tratamiento óptimo (12.5 %chía y 7.5 % avena) y control.....	24
19. Costos variables del tratamiento óptimo y control para un pan molde de 300gr... ..	24
20. Promedios y desviación estándar (D.E) del análisis de grasa y proteína entre el tratamiento óptimo (12.5 %chía y 7.5 % avena) y control.....	25
21. Perfil de ácidos grasos del tratamiento óptimo.....	26
22. Análisis Sensorial de los atributos de color, apariencia, aroma, textura y sabor en el tratamiento óptimo y el control.....	27
23. Análisis Sensorial de los atributos de aceptación general en el tratamiento óptimo y el control. Análisis Sensorial de los atributos de aceptación general en el tratamiento óptimo y el control.....	28
Figuras	Página
1. Diagrama del flujo de proceso para la elaboración del pan molde integral con chía y avena.....	4
2. Efecto de las variables independientes Avena (%) y Chía (%), en el análisis de color valor b.. ..	15
3. Efecto de las variables independientes Avena (%) y Chía (%), en el análisis de Aw.. ..	19
4. Valores óptimos de las variables independientes sobre el color expresado en valor b y la actividad de agua.....	22

## 1. INTRODUCCIÓN

Según la OMS (2015), a nivel mundial las Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) son responsables de la muerte de al menos 38 millones de personas por año, el 46% de las ECNT corresponde a enfermedades de tipo cardiovasculares. En América Latina y el Caribe hay una alta prevalencia de sobrepeso y obesidad, causados por el consumo de dietas no saludables basadas en alimentos procesados, ricos en grasas y azúcares (PRB, 2013).

Las grasas tienen la característica de mejorar la apariencia, textura, cremosidad y la percepción combinada del aroma y el sabor de los alimentos (González, 2012). Por lo que desde los años 80 ha habido un incremento en el consumo de productos con alto contenido de grasa. Sin embargo, en los últimos años se observa una tendencia diferente, ya que existe una mayor demanda de productos saludables. Hoy en día, al menos el 40% de los consumidores analizan lo que compran para limitar su consumo de grasas (West, 2015).

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar productos innovadores, ricos en fibra, nutritivos y con baja ingesta de calorías y grasas. Para satisfacer esta necesidad, en el presente estudio se decidió sustituir parcialmente las grasas y carbohidratos del pan con materias primas de valor nutricional diferenciado. Se eligió el pan molde integral por ser un producto de consumo masivo y de bajo costo. La mayor parte del pan es elaborado a partir de trigo, el cual contiene las proteínas gluteninas y gliadinas que forman la red del gluten. Esta red atrapa CO<sub>2</sub> aumentando el volumen del pan durante el proceso de fermentación, lo cual le confiere una textura más suave (Amendola y Rees, 2002). Así que para mantener las características físicas, químicas y sensoriales en el pan se debe incorporar parcialmente y optimizar la concentración idónea de los componentes funcionales (Medina, 2015).

Para el presente estudio se seleccionó chía y avena como materias primas de reemplazo de la margarina y la harina integral, respectivamente. Las características de estos productos se describen a continuación. La chía está constituida entre el 20.87-33.58% por lípidos. A su vez, estos los lípidos están constituidos en un 59.9% del ácido esencial alfa linolénico, ácido graso de la serie omega 3 (Porrás *et al.*, 2014). Varios estudios coinciden en indicar que el consumo de ácidos grasos omega 3 (en una dosis diaria mayor a tres gramos) disminuye los triglicéridos y la lipoproteína de muy baja densidad en el torrente sanguíneo, mientras que la proteína de alta densidad aumenta (Piñeiro *et al.*, 2013). Cabe considerar que el cuerpo humano no es capaz de sintetizar los ácidos grasos esenciales, por lo que es necesario incorporarlos a través de nuestra dieta.

La semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) contiene una importante cantidad de proteínas (entre el 15-25%) siendo uno de los pocos alimentos de origen vegetal que tiene todos los aminoácidos esenciales y en las proporciones adecuadas (Coates, 2013). La cantidad de fibra en las semillas oscila entre el 18-30%, las tres capas exteriores que cubren la semilla de chía se componen de mucilago. El mucilago es un hidrocoloide capaz de absorber hasta 12 veces su propio peso y formar un gel al mezclarse con líquidos, sus propiedades de estabilizante y gelificante hacen que las semillas de chía sirvan como sustituto parcial de grasa con capacidad de mejorar el volumen del pan (Guiotto, 2014). Sin embargo, aunque se puede mejorar el volumen del pan, cabe indicar que la aceptación sensorial en cuanto a apariencia y textura no siempre es la misma que un pan normal (Cato *et al.*, 2004).

A pesar de sus beneficios, la chía también presenta algunas contraindicaciones. Al igual que otras semillas, su consumo puede provocar una reacción alérgica (Sego, 2014), (EFSA, 2005). Además, según datos preliminares, pacientes con problemas previos de estenosis esofágica pueden consumir chía únicamente cuando ésta ha tenido la capacidad de expandirse plenamente en líquido, a fin de evitar la obstrucción del esófago (Health Day, 2014). No se recomienda consumir chía por parte de personas que toman medicamentos para la hipertensión, personas con diabetes que toman medicamentos para reducir los niveles de glucosa en la sangre, personas con diarrea o si tiene una operación en el sistema digestivo (Vida Sana, 2014).

Otro cereal que se destaca por su contenido de fibra y calidad proteica es la avena (*Avena sativa*) este grano es un alimento con bajo contenido de grasa saturada y sodio, es buena fuente de fibra dietética, tiamina, magnesio y fosforo (Nutrition Data, 2014a). Está constituida por 6.9% de lípidos, 16.89% de proteína y 66.27% de carbohidratos, de los cuales un 11% es fibra dietética (Morales, 2014). En el intestino, la fibra dietética forma un gel viscoso y un bolo que a medida que pasa va disminuyendo el movimiento y la absorción de la grasa. Los betaglucanos conforman entre el 3-7% de la fibra dietética de la avena. La fermentación bacteriana de este compuesto libera ácidos grasos de cadena corta los cuales pueden inhibir la biosíntesis de colesterol. Varios estudios concuerdan en señalar que el consumo de avena está asociado con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares (Terrones, 2008).

En la industria de la panificación se deben buscar nuevas alternativas que brinden al consumidor un producto con bajo contenido de grasa, alto contenido de fibra y rico en omega 3. Por lo tanto, la investigación plantea los siguientes objetivos:

- Determinar el nivel de sustitución de margarina por semilla de chía (*Salvia hispanica* L.) y harina integral de trigo duro (*Triticum aestivum*) por avena (*Avena sativa*) que optimice las características fisicoquímicas de un pan molde.
- Comparar física, química y sensorialmente el tratamiento óptimo y el control.
- Determinar los costos variables de formulación del tratamiento óptimo y del control.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los meses de septiembre y octubre del 2015 en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). En este lugar se elaboró el pan con chía y avena, los análisis físicos y químicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ). Estas instalaciones se encuentran ubicados en el Departamento de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Km 30 de la carretera Danlí, Valle del Yeguaré, municipio San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, C.A.

**Materia prima.** Para la elaboración de pan integral con sustitución parcial de semillas de chía y avena se utilizaron los siguientes ingredientes: harina de trigo fortificada y harina de trigo integral marca El Panadero. La sal yodada de la empresa Refisal S.A., azúcar marca El Cañal, avena en hojuelas marca Quaker, margarina marca Super Line, levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) marca Fermipan red, propianato de calcio de la empresa Niacet, semillas de chía (*Salvia Hispanica* L.) de la marca El bosque, utilizando el equipo descrito en el cuadro 1

Cuadro 1. Equipo utilizado para la elaboración y análisis del pan.

<b>Equipo</b>	<b>Marca/Modelo</b>
Balanza analítica	Ohaus Adventure
Mezcladora	Hobart modelo A200
Termómetro de laser	PCE-888
Fermentador	EPO modelo 3/9-208
Horno	AHPO modelo /9-208
Texturómetro	CT3 4500
Colorflex	Hunterlab
Potenciometro	Orion3Star
Aqualab	3TE
Cromatógrafo de gases	Agilent 78904

**Pruebas preliminares.** Con el fin de determinar el tiempo de mezclado, fermentado y horneado se realizaron pruebas preliminares siguiendo el flujo de procesos de la Planta de Innovación de Alimentos para pan integral. Los tiempos de fermentación analizados fueron 25 min, 60 min y 80 min. Además se evaluó dos temperaturas de horneado 148.9 y 162.8 °C.

**Proceso de elaboración del pan.** El flujo de proceso se describe en la figura 1. Inicialmente se pesaron todos los ingredientes, se remojó la chía con el agua de la formulación (98 g) durante 20 minutos. Los ingredientes secos (harina de trigo, harina integral de trigo, levadura, sal, azúcar, avena, propianato) se mezclaron a 107 rpm durante tres minutos, se añadió las semillas de chía hidratadas con agua y se mezcló durante ocho minutos. Después se añadió la margarina y se mezcló a 198 rpm durante 18 minutos. Se amasó durante un minuto, se moldeó y colocó la masa en moldes previamente engrasados con manteca, se fermentó durante una hora y 20 minutos a 32 °C finalmente se horneó a 148.9 °C por 25 minutos. Después se enfrió el pan por dos horas y se empacó en bolsas de LDPE (Low Density Polyethylene) para posterior análisis.

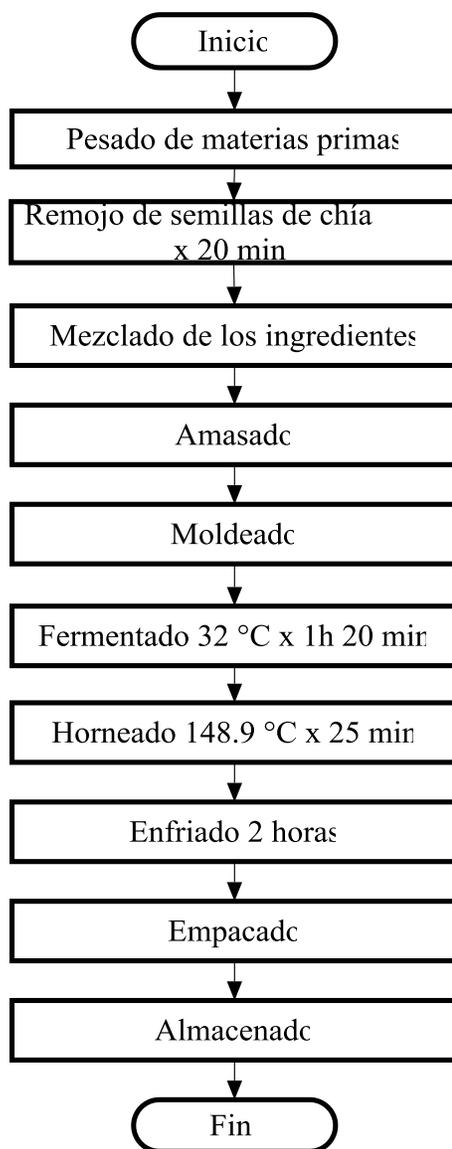


Figura 1. Diagrama del flujo de proceso para la elaboración del pan molde integral con chía y avena.

Fuente: Planta de Innovación de Alimentos (2015), Zamorano. Adaptado por la autora

**Diseño experimental.** El cuadro 2 muestra el diseño experimental del estudio. Este es un experimento con arreglo factorial completo  $2^2$ , estadísticamente se basa en la metodología de superficie respuesta con un Diseño de Composición Central Rotacional (DCCR), el cual permitió determinar la cantidad de chíá (%) y avena (%) óptimos para la elaboración de un pan con características similares al pan integral de la Planta de Procesamiento de Alimentos. Las cantidades de chíá y avena a sustituir se consideraron como las variables independientes del estudio y fueron codificadas en tres niveles (- 1, 0, + 1), basándose en la ecuación 1.

$$xi = Xi - \frac{Z}{\Delta xi} \quad [1]$$

Dónde:

$xi$  = Valor codificado de la variable  $Xi$

$Xi$  = Valor real de la variable

$Z$  = Valor real de la variable en el punto central

$\Delta xi$  = Valor del intervalo de variación de  $xi$

Con el fin de obtener un entorno experimental más delimitado, se presentaron dos niveles de variables axiales  $-\alpha$  y  $+\alpha$ . El valor  $\alpha$  depende del número factorial ( $F = 2^k$ ) del diseño, y el número de variables independientes ( $k=2$ ). Esto se definió según la ecuación 2.

$$\alpha = (F)^{1/4} = (2^k)^{1/4} = 1.414 \quad [2]$$

El número de unidades experimentales se determinó usando un diseño factorial completo definido por la ecuación 3.

$$n = 2^k + 2k + m \quad [3]$$

Dónde:

$2^k$  = número de puntos factoriales

$2k$  = número de puntos axiales

$m$  = número de réplicas del punto central

Cuadro 2. Descripción del diseño experimental del estudio.

<b>Expresión</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Cantidad puntos</b>
$2^k = 2^2$	4	Factoriales
$2k = 2*2$	4	Puntos axiales
M	5	Puntos centrales
	13	Unidades experimentales

En el análisis de los resultados experimentales, se describió el comportamiento de un modelo, en el cual se combinan dos variables independientes ( $X^k$ ), con una variable

dependiente (F). Donde la variable respuesta ( $Y_i$ ) fue una función de los niveles que se combinaron los factores (Box *et al.*, 2005), como se muestra en la ecuación 4.

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad [4]$$

Se realizó un análisis de regresión para ajustar un polinomio de segundo orden con las variables independientes para cada variable respuesta. La expresión general utilizada para predecir el comportamiento de una respuesta es descrita en la ecuación 5.

$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon) \quad [5]$$

Dónde:

$Y_i$ =Función respuesta

$X_1$  y  $X_2$ =Valores de las variables independientes

$\beta_0$ =Coeficiente relativo con la interpretación del eje

$\beta_2$  y  $\beta_1$ =Coeficientes lineales estimados por el método de mínimo cuadrados

$\beta_{11}$  y  $\beta_{22}$ =Coeficientes de variables cuadráticas

$\beta_{12}$ =Coeficiente de interacción entre las variables independientes

$\varepsilon$ =Error experimental

El arreglo del modelo se evaluó usando el método “regresión por pasos” y el análisis de residuos se clasificó como “falta de ajuste”, la varianza del modelo fue indicada por  $R^2$ . Los coeficientes obtenidos de la ecuación 5 es a partir del mejor modelo polinomio, se ajustaron a las respuestas del diseño experimental (Moro, 2013).

En el cuadro 3 se presentan los niveles codificados (-1, 0, +1) y los valores axiales ( $-\alpha$  y  $+\alpha$ ).

Cuadro 3. Niveles de las variables independientes para la formulación de pan integral con chía y avena.

Variables	Niveles				
	- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$
% Avena	0.000	2.196	7.500	12.804	15.000
% Chía	0.000	3.660	12.500	21.340	25.000

En el cuadro 4 se indican los niveles codificados y valores reales de los 14 tratamientos usados.

Cuadro 4. Niveles de las variables independientes para la formulación de pan integral con chía y avena.

Tratamiento	Niveles de variables codificadas		Niveles de variables decodificadas	
	Avena	Chía	Avena (%)	Chía (%)
1	-1.000	-1.000	2.196	3.660
2	-1.000	1.000	2.196	21.340
3	1.000	-1.000	12.804	3.660
4	1.000	1.000	12.804	21.340
5	-1.414	0.000	0.000	12.500
6	1.414	0.000	15.000	12.500
7	0.000	1.414	7.500	0.000
8	0.000	1.414	7.500	25.000
9 &	0.000	0.000	7.500	12.500
10&	0.000	0.000	7.500	12.500
11&	0.000	0.000	7.500	12.500
12&	0.000	0.000	7.500	12.500
13&	0.000	0.000	7.500	12.500

&Punto central del experimento

## Análisis estadístico

### Fase I

El análisis estadístico se realizó con el programa Statistica versión 7.0 utilizando una  $P < 0.1$  con las variables independientes codificadas para determinar los coeficientes de regresión y las variables independientes decodificadas para generar el gráfico de superficie respuesta. Así mismo, se determinaron los puntos óptimos de las variables independientes decodificadas.

Se realizó una separación de medias LS Menas y un análisis de varianza UNIVARIATE con un nivel de significancia del 5% usando el programa estadístico SAS<sup>®</sup> 9.3 (Statistical Analysis Software) para la variable respuesta ( $A_w$ , Color L, a, b, pH y textura).

### Fase II

Se realizó una separación de medias LS Menas y un análisis de varianza UNIVARIATE con un nivel de significancia del 5% usando el programa estadístico SAS<sup>®</sup> 9.3 (Statistical Analysis Software) comparar el tratamiento óptimo y el control en cuanto a color,  $A_w$ , Color L, a, b, pH y textura.

Para el análisis de los datos de la prueba de aceptación del tratamiento óptimo y el control se realizó una separación de medias DUNCAN y un análisis de varianza UNIVARIATE con un nivel de significancia de 5%, usando el programa SAS<sup>®</sup> 9.3 (Statistical Analysis Software).

**Análisis de color.** La medición del color se hizo en el colorímetro (Colorflex®, modelo 45/0 HunterLab Reston, VA, United States of America) y el programa “Universal Software” V4.00. Se realizaron cinco mediciones por tratamiento evaluando los valores L\*, a\* y b\*.

Dónde:

L = luminosidad (0 = negro y 100 = blanco)

a (-60 a 0 = verde, 0 a 60=rojo)

b (-60 a 0 =azul, de 0 a 60 = amarillo)

(Nielsen, 2014)

**Análisis de textura.** En el análisis de textura se utilizó el Texturómetro CT3 4500 por el AACC 74-10A con un acople de 38.1 mm de diámetro. Las muestras se cortaron en formas rectangulares con dimensiones de 30 cm de ancho × 30 cm de largo × 25 cm de alto. Las muestras se comprimieron a un 40%, a dos mm/seg de velocidad, 10 mm de distancia y con una fuerza de cinco gramos. Los resultados se reportaron en Newton (N) y se realizaron tres mediciones por cada tratamiento (Brookfield s,f).

**Análisis de actividad de agua.** Se usó el AQUA LAB® modelo 3 TE, basándose en el método AOAC 978.1. Se analizaron tres muestras de cada tratamiento.

**Análisis de pH.** Inicialmente se diluyó 10 g de miga de pan en 100 mL de agua destilada y reposó por 10 minutos. Luego se agitó y midió el pH con el potenciómetro Thermo Scientific modelo Orion 5, basándose en el método de la AOAC 945.42 (2005).

**Análisis proximal.** Extracto etéreo, AOCS AF 354. Proteína cruda, Kjeldahl (N\*6.25), AOAC 32.2.11.

**Perfil de ácidos grasos.** El perfil de ácidos grasos se analizó en el Cromatógrafo de Gases Agilent 7890 a utilizando el método AOAS Ce1j-07.

**Análisis sensorial de aceptación.** Se hizo un análisis sensorial de aceptación de 104 panelistas utilizando la escala hedónica de nueve puntos siendo uno (me disgusta mucho) y nueve (me gusta mucho). Los atributos evaluados fueron apariencia, aroma, color, sabor, textura y aceptación general del tratamiento óptimo y el control. Durante la evaluación se usó agua y manzana como limpiador de paladar, a cada muestra se le asignó un número de tres dígitos al azar (Meilgaard *et al.*, 1999).

**Análisis de costos variables.** Se realizó un análisis de costos variables en base al precio unitario de cada uno de los ingredientes utilizados en la formulación del pan óptimo y del control para 300 g de pan.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Pruebas preliminares.** Los resultados de las pruebas preliminares indicaron que se puede sustituir desde 0 - 25% de margarina por chía y entre 0 - 15% de harina integral por avena y contar con la aceptación de los panelistas. A todos los tratamientos se sustituyó en la formulación leche por agua. Para el tiempo de fermentado se seleccionó una hora 20 min, 32°C y condiciones anaeróbicas. La mejor temperatura de horneado fue de 148.9 °C por 25 min.

**Valor L (0-100).** El valor L 61.55 del tratamiento dos (2.196% avena y 21.34% chía) es menor al valor L 62.35 del tratamiento cuatro (12.804 avena y 21.34 chía). Lo que indica que a mayor porcentaje de sustitución de harina integral de trigo por avena el pan presentó mayor luminosidad. Estos datos coinciden con Tinoco (2009), quien indica que a menor contenido de salvado de trigo en el pan, mayor será la luminosidad del mismo. El valor L de 62.82 para el tratamiento nueve (7.5% avena y 12.5% de chía) y 62.87 para el tratamiento 11 (7.5% avena y 12.5% de chía) son estadísticamente diferentes al valor L de 60.45 del tratamiento siete (7.5%avena y 0% chía). Esto indica que al añadir mayor cantidad de chía existió mayor luminosidad. Estos resultados difieren a lo encontrado por Puig (2013) quien encontró menor luminosidad en panes de harina de trigo con adición de 5% de semillas de chía y este hecho se le atribuye al color gris de las semillas. Además esto coincide con el valor L de 60.96 del tratamiento ocho (7.5 % avena y 25% chía) el cual indicó que las semillas de chía afectan en la luminosidad (Cuadro 5).

Cuadro 5. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de color expresado en valor L.

<b>Tratamiento</b>	<b>Avena (%)</b>	<b>Chía (%)</b>	<b>Valor L Media ± D.E</b>
1	2.196	3.660	61.90 ± 0.20 bc
2	2.196	21.340	61.55 ± 0.86 cde
3	12.804	3.660	61.79 ± 0.44 bcd
4	12.804	21.340	62.35 ± 0.36 ab
5	0.000	12.500	61.11 ± 0.16 e
6	15.000	12.500	61.58 ± 0.59 cde
7	7.500	0.000	60.45 ± 0.08 f
8	7.500	25.000	60.96 ± 0.22 ef
9	7.500	12.500	62.82 ± 0.19 a
10	7.500	12.500	61.26 ± 0.46 de
11	7.500	12.500	62.87 ± 0.43 a
12	7.500	12.500	61.47 ± 0.68 cde
13	7.500	12.500	61.88 ± 0.74 bc
<b>CV (%)</b>			0.79
<b>R<sup>2</sup></b>			0.72

DE: Desviación estándar

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

Como se puede observar en el cuadro 6, no se encontraron variables independientes que afecten significativamente el valor L. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0.35, lo cual indica que solo el 35% de los datos se ajustaron al modelo lineal y el 65% de los datos no se ajustaron al modelo. La falta de ajuste no fue significativa. Debido a que ninguna de las variables independientes fue significativa, el  $R^2$  fue menor a 0.6, significa que este modelo califica como tendencioso.

Cuadro 6. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y  $R^2$  para valor L, en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepto</b>	6.21E+01	5.15E-09 #
<b>X<sub>1</sub>: Avena (%)</b>	1.69E-01	5.60E-01 #
<b>X<sub>2</sub>: Avena (%)</b>	-1.39E-01	6.51E-01 #
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup>: Chía (%)</b>	1.16E-01	6.84E-01 #
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup>: Chía (%)</b>	-4.57E-01	1.83E-01 #
<b>X<sub>1</sub>: X<sub>2</sub> Avena (%) y Chía (%)</b>	2.29E-01	5.76E-01 #
<b>R<sup>2</sup></b>		0.35
<b>Falta de Ajuste</b>		5.09E-01 #

#No significativo

\* significativo a  $P < 0.1$

**Valor a (-60 a 60).** Según Villar (2014), el color rojizo de los panes se atribuye a los compuestos producidos después de la reacción de Maillard, esta reacción ocurre por la presencia de azúcares reductores, proteínas y altas temperaturas de horneado a las que es sometido el pan. El valor a 4.63 del tratamiento 10 (7.5% avena y 12.5% chía) es mayor al valor a 3.95 del tratamiento 4 (12.804% de avena y 21.34% chía). Por lo, tanto a mayor concentración de chía menor es el valor **a**, esto ocurre porque la semilla de chía está rodeada del mucilago, esto no permite que se expongan los aminoácidos para que se lleve a cabo la reacción de Maillard (Steffolani *et al.*, 2014). El valor **a** 3.9 del tratamiento seis (15% avena, 12.5% chía) es menor que el valor a 4.43 del tratamiento uno (2.196% avena, 3.66% chía). Es decir, que a mayor porcentaje de avena en el pan, el valor **a** es menor. Similar a lo encontrado por Capuano (2009), que panes elaborados con harinas con alto contenido de cenizas y fibras tienen mayor contenido de acrilamidas. Debido a que la avena tiene menor contenido de fibra (10.9%) que la harina integral (12.5%), se tuvo un menor valor a en panes con más avena (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de color expresado en valor a.

Tratamiento	Avena (%)	Chía (%)	Valor a Media ± D.E
1	2.196	3.660	4.43 ± 0.22 abc
2	2.196	21.340	4.36 ± 0.11 bcde
3	12.804	3.660	4.29 ± 0.22 bcdef
4	12.804	21.340	3.95 ± 0.13 g
5	0.000	12.500	4.16 ± 0.09 defg
6	15.000	12.500	3.90 ± 0.12 g
7	7.500	0.000	4.39 ± 0.12 abcd
8	7.500	25.000	4.10 ± 0.15 efg
9	7.500	12.500	4.03 ± 0.39 fg
10	7.500	12.500	4.63 ± 0.25 a
11	7.500	12.500	4.55 ± 0.13 ab
12	7.500	12.500	4.34 ± 0.23 bcde
13	7.500	12.500	4.25 ± 0.31 cdef
<b>CV (%)</b>			4.96
<b>R<sup>2</sup></b>			0.59

DE: Desviación estándar

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

En el cuadro 8, no se encontraron variables independientes que afecten significativamente el valor a. El coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) fue de 0.57, lo que indica que solo el 57% de los datos se ajustaron al modelo lineal y el 43% de los datos no se ajustaron al modelo. La falta de ajuste no fue significativa. Y debido a que ninguna de las variables independientes fue significativa, el R<sup>2</sup> fue menor a 0.6 el modelo califica como tendencioso.

Cuadro 8. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R<sup>2</sup> para valor a, en función de % avena (X<sub>1</sub>), % chía (X<sub>2</sub>) en las formulaciones del pan.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidad
<b>Intercepto</b>	4.36E+00	2.13E-06 *
<b>X<sub>1</sub>: Avena (%)</b>	-1.16E-01	2.40E-01 #
<b>X<sub>2</sub>: Avena (%)</b>	-1.36E-01	2.07E-01 #
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup>: Chía (%)</b>	-1.02E-01	2.93E-01 #
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup>: Chía (%)</b>	-2.74E-02	7.77E-01 #
<b>X<sub>1</sub>: X<sub>2</sub> Avena (%) y Chía (%)</b>	-6.80E-02	5.99E-01 #
<b>R<sup>2</sup></b>		0.57
<b>Falta de Ajuste</b>		8.95E-01 #

#No significativo

\*significativo a P < 0.1

**Valor b (-60 a 60).** Existen diferencias significativas entre el tratamiento tres (12.804% avena, 3.66% chía) que presentó el mayor valor **b** 21.02 y tratamiento ocho (7.5 avena, 25% chía) que muestra el menor valor **b** 19.882. El tratamiento ocho presentó un color menos amarillo debido a que se sustituyó una mayor cantidad de margarina por semilla de chía (Cuadro 9). Según Albercht (1994) la margarina contribuye a la pigmentación amarilla del pan. Esto difiere de lo encontrado por Steffolani *et al.*, (2014), quienes afirmaron que el pan libre de gluten elaborado a partir de harina de arroz, al cual se adicionó 15% de semillas de chía en relación a toda la formulación, encontró que los panes con chía presentaron un mayor **b** al compararlos con panes sin semillas.

Cuadro 9. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de color expresado en valor **b**.

Tratamiento	Avena (%)	Chía (%)	Valor b Media ± D.E
1	2.196	3.660	20.80 ± 0.30 ab
2	2.196	21.340	20.31 ± 0.33 bcde
3	12.804	3.660	21.02 ± 0.34 a
4	12.804	21.340	20.19 ± 0.33 cde
5	0.000	12.500	20.36 ± 0.20 bcde
6	15.000	12.500	20.57 ± 0.39 abc
7	7.500	0.000	20.57 ± 0.23 abc
8	7.500	25.000	19.88 ± 0.22 e
9	7.500	12.500	20.07 ± 0.75 de
10	7.500	12.500	20.34 ± 0.41 bcde
11	7.500	12.500	20.41 ± 0.39 bcd
12	7.500	12.500	20.65 ± 0.34 abc
13	7.500	12.500	20.68 ± 0.47 abc
<b>CV (%)</b>			1.89
<b>R<sup>2</sup></b>			0.47

DE: Desviación estándar.

Medias en la misma columna con letra distinta (a-e) son estadísticamente diferentes (P<0.05)

CV Coeficiente de variación

El nivel de la variable chía lineal ( $X_2$ ) fue la única variable significativa con (P< 0.1) que influyó en el color **b**. Además, se observa un efecto lineal negativo a medida que aumenta la cantidad de chía sustituida por margarina disminuye el color expresado en valor b. El coeficiente de determinación  $R^2$  fue igual a 0.67 e indica que el 67% de los datos se adaptaron al modelo y que el 33% de los datos no lo hicieron. Además la falta de ajuste no fue significativa por lo que se obtiene un modelo de carácter predictivo, el cuadro 10 indica el coeficiente de regresión y probabilidad para cada factor (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y R<sup>2</sup> para valor **b**, en función del % avena (X<sub>1</sub>) y % chía (X<sub>2</sub>) en las formulaciones del pan.

<b>Factor</b>	<b>Coeficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepto</b>	2.04E+01	5.17E-09 #
<b>X<sub>1</sub>: Avena (%)</b>	4.86E-02	6.08E-01 #
<b>X<sub>2</sub>: Avena (%)</b>	7.74E-02	4.56E-01 #
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup>: Chía (%)</b>	-2.87E-01	3.05E-02 *
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup>: Chía (%)</b>	-4.23E-02	6.75E-01 #
<b>X<sub>1</sub>: X<sub>2</sub> Avena (%) y Chía (%)</b>	-8.50E-02	5.30E-01 #
<b>R<sup>2</sup></b>		0.67
<b>Falta de Ajuste</b>		5.97E-01 #
<b>F calculado</b> 14.99		<b>F tabular</b> 3.23

#No significativo

\* significativo a P < 0.1

El valor **b** está representado por una expresión matemática, es un modelo cuadrático de segundo orden con productos cruzados que se expresan por el coeficiente cuadrático de la variable chía (%), entre el valor **b** y las variables independientes, como se indica en la ecuación 6.

$$\text{Valor } b = 20.43 + 0.28X_2 \quad [6]$$

Se determinó el valor de F con una probabilidad del 10% de significancia y fue igual a 14.99, mayor que F tabular 3.23. Lo cual permitió graficar el modelo, ya que existió mayor variación fuera del experimento que dentro del mismo.

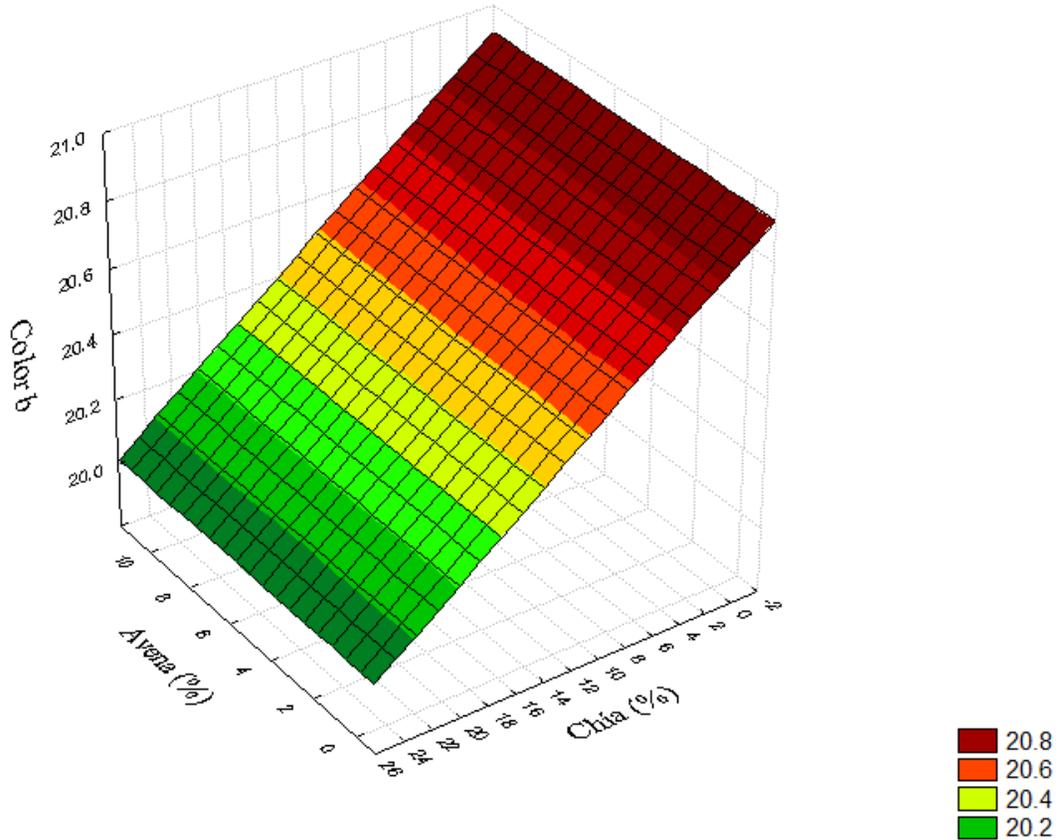


Figura 2. Efecto de las variables independientes Avena (%) y Chía (%), en el análisis de color valor b.

En la Figura 2 se observó que la variable chía lineal es significativa lo que indica que a medida que aumenta la cantidad de chía, el pan presentó un menor valor b. La margarina por lo general presenta color amarillo claro, por lo que al sustituir margarina por semilla de chía en un 25% se reduce el color amarillo en el pan (Sreenivasan, 1981).

**Análisis de pH.** Respecto a la variable potencial de Hidrogeno se identificó que el pH de 5.74 del tratamiento tres (12.804% avena y 3.66% chía) fue el menor valor y el pH 5.87 del tratamiento cuatro (12.804% avena, 21.34% chía) fue el mayor valor, lo que permite deducir que a una mayor cantidad de chía mayor será el pH. Esto puede deberse al pH de las semillas de chía que es de nueve (Muñoz, 2012) (Cuadro 11). Según lo especificado por la FDA el rango de pH del pan integral debe estar comprendido entre 5.47- 5.85. Por lo que todos los tratamientos se encuentran dentro del rango establecido con excepción del tratamiento cuatro que se encuentra fuera del límite. Hipotéticamente se asume que el tratamiento cuatro se encuentra fuera de este rango debido una adición excesiva de propianato que retardo la fermentación de las bacterias ácido lácticas y acéticas. Según Yang (2006) la cantidad de propianato que debe añadirse al pan es de 0.14%, en este tratamiento se usó una cantidad mayor a 0.16% por lo que retardo la acción de las bacterias ácido lácticas y acéticas, disminuyó la producción de ácidos por ende no se logró disminuir el pH del pan. En un pH mayor a seis puede existir crecimiento de *Bacillus mesentericus*

y *Bacillus subtilis*, provenientes principalmente de la maquinaria y utensilios contaminados (Gil, 2010).

Cuadro 11. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de pH.

<b>Tratamiento</b>	<b>Avena (%)</b>	<b>Chía (%)</b>	<b>pH Media ± D.E</b>
1	2.196	3.660	5.80 ± 0.02 cd
2	2.196	21.340	5.77 ± 0.03 e
3	12.804	3.660	5.74 ± 0.01 f
4	12.804	21.340	5.87 ± 0.01 a
5	0.000	12.500	5.82 ± 0.01 bc
6	15.000	12.500	5.79 ± 0.01 de
7	7.500	0.000	5.81 ± 0.01 bcd
8	7.500	25.000	5.77 ± 0.01 e
9	7.500	12.500	5.82 ± 0.01 b
10	7.500	12.500	5.81 ± 0.02 bc
11	7.500	12.500	5.83 ± 0.01 b
12	7.500	12.500	5.81 ± 0.01 bc
13	7.500	12.500	5.82 ± 0.01 b
<b>CV(%)</b>			0.23
<b>R<sup>2</sup></b>			0.9

DE: Desviación estándar.

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

De acuerdo al cuadro 12, el nivel de la variable cuadrática avena fue significativa, al igual que las variables lineal y cuadrática chía (P < 0.1). El coeficiente múltiple de determinación R<sup>2</sup> fue igual a 0.67 e indica que el 67% de los datos se adaptaron al modelo y que el 33% de los datos no lo hicieron. La falta de ajuste fue significativa por lo que no permite que éste sea un modelo predictivo y pasa a ser tendencioso.

Cuadro 12. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y  $R^2$  para pH, en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.

<b>Factor</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepto</b>	5.82E+00	5.09E-13 *
<b>X<sub>1</sub>: Avena (%)</b>	1.20E-03	6.55E-01 #
<b>X<sub>2</sub>: Avena (%)</b>	-8.36E-03	3.48E-02 *
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup>: Chía (%)</b>	5.96E-03	7.43E-02 *
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup>: Chía (%)</b>	-1.51E-02	4.75E-03 *
<b>X<sub>1</sub>: X<sub>2</sub> Avena (%) y Chía (%)</b>	4.00E-02	3.38E-04 *
<b>R<sup>2</sup></b>		0.67
<b>Falta de Ajuste</b>		4.04E-03 *
<b>F calculado 20.19</b>		<b>F tabular 3.23</b>

#No significativo

\* significativo a  $P < 0.1$

**Análisis de actividad de agua ( $A_w$ ).** El tratamiento uno (2.196% avena, 3.66 % chía) con una actividad de agua de 0.903, fue diferente al tratamientos cuatro (12.804% avena, 21.34% chía) que presentó una actividad de agua de 0.916 siendo éste el mayor valor (Cuadro 13). Y el tratamiento 6 (15% avena, 12.5% chía) con una actividad de agua de 0.916 es diferente al tratamiento cinco (0% avena, 12.5% chía) que presentó una actividad de agua de 0.903. Por lo que se asume que a mayor contenido de avena existe mayor actividad de agua debido a la presencia de betaglucanos que incluso a bajas concentraciones tienen una alta capacidad de retención de agua (Choi, 2012).

Cuadro 13. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de Aw.

Tratamiento	Avena (%)	Chía (%)	Aw
			Media $\pm$ D.E
1	2.196	3.660	0.903 $\pm$ 0.003 f
2	2.196	21.340	0.909 $\pm$ 0.002 cde
3	12.804	3.660	0.911 $\pm$ 0.002 bcd
4	12.804	21.340	0.916 $\pm$ 0.004 a
5	0.000	12.500	0.903 $\pm$ 0.003 f
6	15.000	12.500	0.916 $\pm$ 0.002 a
7	7.500	0.000	0.906 $\pm$ 0.004 ef
8	7.500	25.000	0.908 $\pm$ 0.004 cde
9	7.500	12.500	0.907 $\pm$ 0.001 de
10	7.500	12.500	0.910 $\pm$ 0.003 cd
11	7.500	12.500	0.914 $\pm$ 0.000 ab
12	7.500	12.500	0.911 $\pm$ 0.002 bc
13	7.500	12.500	0.909 $\pm$ 0.001 cde
<b>CV(%)</b>			0.248
<b>R<sup>2</sup></b>			0.846

DE: Desviación estándar

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

La variable avena ( $X_1$ ) fue significativa (P< 0.1), sobre la actividad de agua con signo positivo, que indica el aumento en la Aw a medida que aumenta la cantidad avena. El  $R^2$  fue igual a 0.81 e indica que el 81% de los datos se adecuaron al modelo y que el 19% de los datos no lo hicieron. Así mismo, la falta de ajuste no fue significativa por lo que se obtiene un modelo predictivo (Cuadro 14).

Cuadro14. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y  $R^2$  para Aw, en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.

Factor	Coefficiente de regresión	Probabilidad
<b>Intercepto</b>	9.10E-01	1.57E-11 *
<b>X<sub>1</sub>: Avena</b>	4.17E-03	1.03E-02 *
<b>X<sub>2</sub>: (%)Avena</b>	2.50E-05	9.81E-01 #
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup>:(%)Chía</b>	1.73E-03	1.32E-01 #
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup>:(%)Chía</b>	-1.22E-03	2.80E-01 #
<b>X<sub>1</sub> X<sub>2</sub>(%) Avena y (%) chía</b>	-2.50E-04	8.56E-01 #
<b>R<sup>2</sup></b>		0.67
<b>Falta de Ajuste</b>		5.95E-01#
<b>F calculado 20.19</b>		<b>F Tabular 3.23</b>

#No significativo

\* significativo a P < 0.1

La actividad de agua es representada por una expresión matemática, mediante un modelo cuadrático de segundo orden con productos cruzados que se expresan por el coeficiente lineal de la variable chía (%), entre la actividad de agua, como se indica en la ecuación 7.

$$A_w = 0.91 + 0.004X_1 \quad [7]$$

Se determinó el valor de F con una probabilidad del 10% de significancia y su valor fue igual a 20.18, mayor que F tabular de 3.23, lo cual permitió graficar el modelo, ya que existió mayor variación fuera del experimento que dentro del mismo

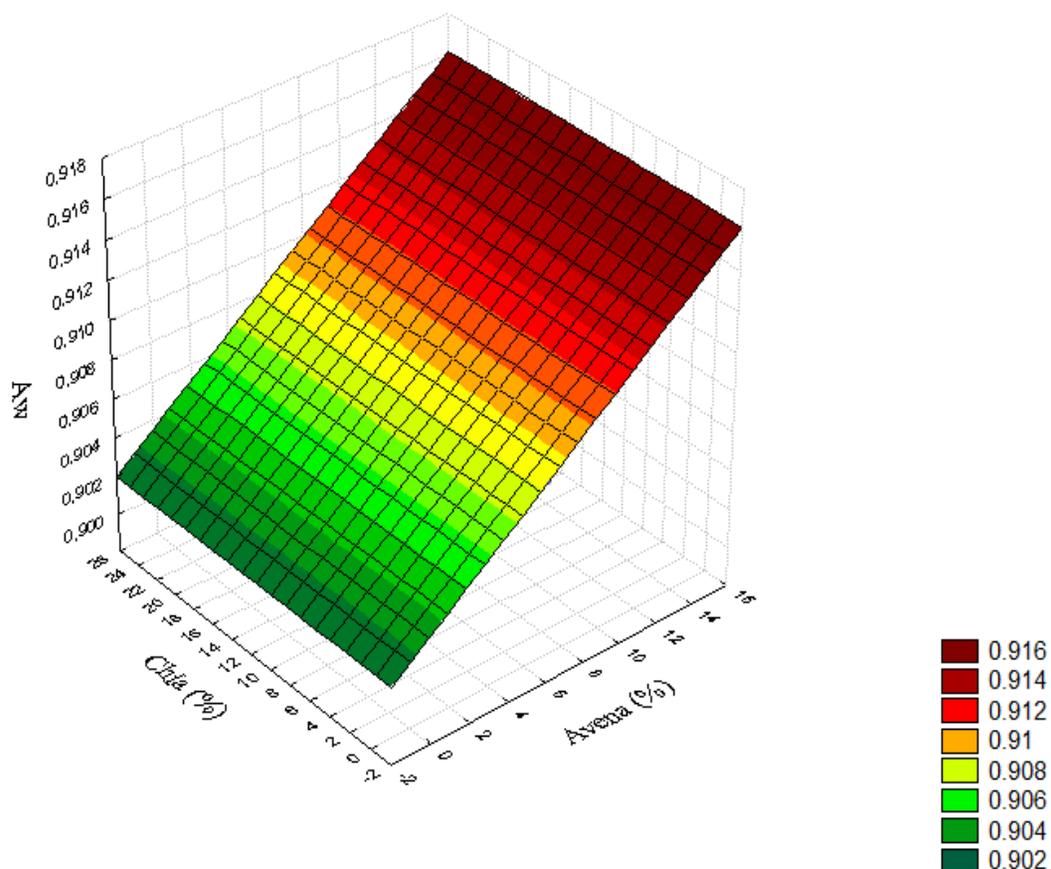


Figura 3. Efecto de las variables independientes Avena (%) y Chía (%), en el análisis de Aw.

Esta variación en la actividad de agua es explicada por Choi (2012) quien indica que los betaglucanos presentes en la avena contribuyen a la retención de agua inclusive a bajas concentraciones. La actividad de agua de los panes, según Clayton *et al.* (2012), debe estar comprendida entre 0.90-0.905. Todos los tratamientos se encontraron dentro del rango. (Figura 3). Es importante indicar que en la Aw encontrada pueden crecer bacterias como *Salmonella spp.*, *Pseudomonas*, *Escherichía coli* (Clayton *et al.*, 2012).

**Textura.** Se analizó la fuerza de compresión en el pan con el fin de imitar la fuerza que ejerce el consumidor en el pan antes de comprarlo, lo que permite inferir en la frescura y suavidad del pan (Cauvain, 2015). El tratamiento que presentó mayor suavidad 2.161 fue el tratamiento 12 (7.5% avena, 12.5% chía) (Cuadro 15). Guarda (2013) indica que no se entiende completamente el comportamiento de los hidrocoloides, existe una hipótesis que los hidrocoloides debilitan el almidón provocando una mayor retención de agua y disminuyendo la dureza de los panes debido al alto contenido de agua del producto final. Así mismo, a medida que aumenta la cantidad de fibras provenientes de la avena, el pan se mantiene más suave gracias a la retención de agua (Bhise y Kaur, 2014).

Cuadro 15. Promedios y desviación estándar (DE) del efecto de la sustitución de margarina por semillas de chía y harina integral de trigo por avena en el análisis de textura.

Tratamiento	Avena (%)	Chía (%)	Dureza
			Media (N)± D.E
1	2.196	3.660	4.303 ± 0.36 abc
2	2.196	21.340	4.478 ± 0.92 ab
3	12.804	3.660	3.228 ± 0.37 de
4	12.804	21.340	4.382 ± 0.63 abc
5	0.000	12.500	3.872 ± 0.50 abcd
6	15.000	12.500	3.709 ± 0.30 bcde
7	7.500	0.000	3.359 ± 0.50 cde
8	7.500	25.000	2.772 ± 0.20 ef
9	7.500	12.500	3.741 ± 1.21 bcde
10	7.500	12.500	3.491 ± 0.57 bcde
11	7.500	12.500	3.370 ± 0.66 cde
12	7.500	12.500	2.161 ± 0.08 f
13	7.500	12.500	4.869 ± 0.54 a
<b>CV(%)</b>			16.75
<b>R<sup>2</sup></b>			0.69

DE: Desviación estándar

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

El R<sup>2</sup> fue igual a 0.19 lo que significa que solo el 19% de los datos se ajustaron al modelo y el 81% no lo hizo. La falta de ajuste no fue significativa y al no tener variables significativas, no se puede calcular el valor F por lo que el modelo es tendencioso (Cuadro 16).

Cuadro 16. Análisis de varianza, coeficientes de regresión y  $R^2$  para textura, en función de % avena ( $X_1$ ), % chía ( $X_2$ ) en las formulaciones del pan.

<b>Factor</b>	<b>Coeficiente de regresión</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>Intercepto</b>	3.53E+00	1.23E-03 *
<b>X<sub>1</sub>: Avena</b>	-1.75E-01	6.35E-01 #
<b>X<sub>2</sub>: (%)Avena</b>	2.99E-01	4.60E-01 #
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup>:(%)Chía</b>	6.24E-02	8.64E-01 #
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup>:(%)Chía</b>	-6.30E-02	8.72E-01 #
<b>X<sub>1</sub> X<sub>2</sub>(%) Avena y (%) Chía</b>	2.45E-01	6.39E-01 #
<b>R<sup>2</sup></b>		0.19
<b>Falta de ajuste</b>		6.65E-01 #

#No significativo

\* significativo a  $P < 0.1$

**Funcion de utilidad.** En la Figura 4 se pueden observar los valores optimos de las variables independientes chía y avena sobre las diferentes respuestas que resultaron ser significativas (Color b y Aw). Se encontró que al sustituir en un 12.5% la margarina por chía y un 7.5% la harina integral por avena se optimizan estas características en el pan . Es así que el pan óptimo se determinó disminuyendo el color expresado en valor b al nivel mas bajo combinado con la menor actividad de agua.

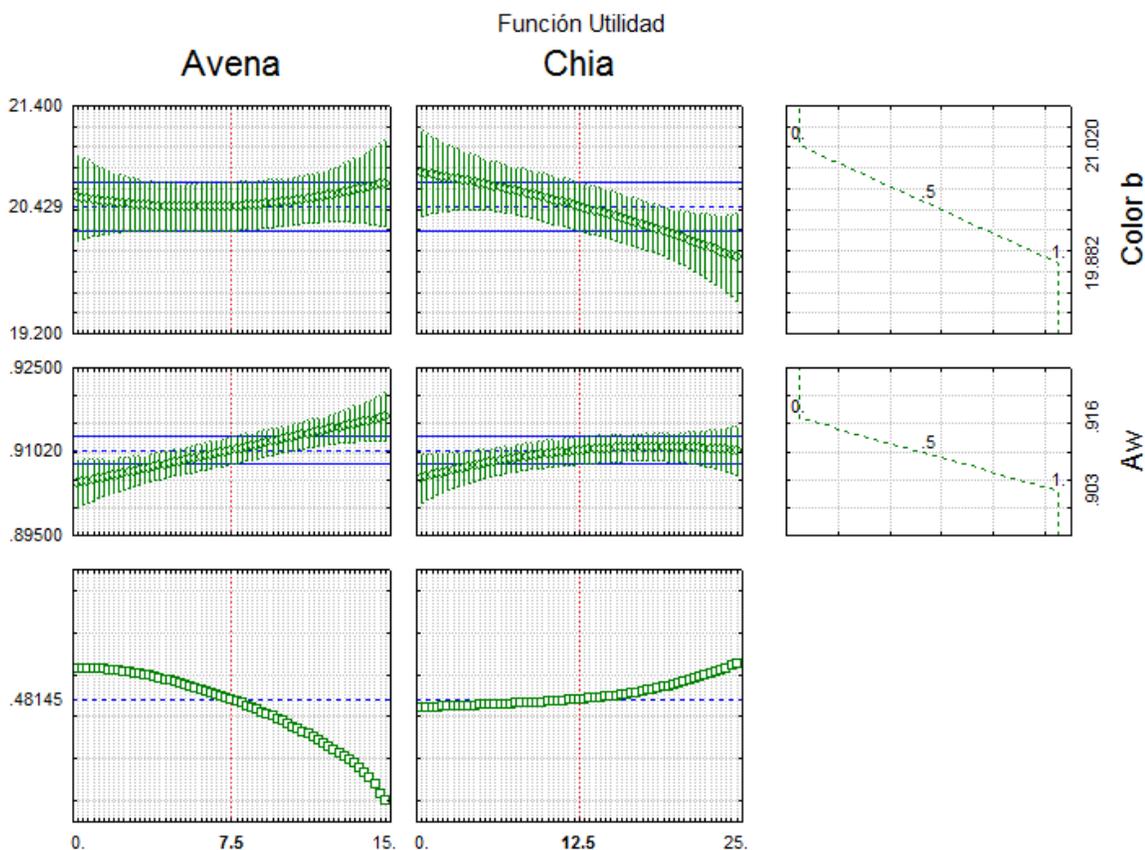


Figura 4. Valores óptimos de las variables independientes sobre el color expresado en valor b y la actividad de agua.

## Fase II. Comparación entre el tratamiento optimo y el control

**El valor L** El tratamiento control (0% avena, 0% chía) tuvo un valor L de 61.78 y el óptimo (7.5% avena, 12.5% chía) con valor L 61.47 no existieron diferencias estadísticas significativas al analizar el valor L. (Cuadro 17). Esto se debió al porcentaje de semillas añadidas al pan fue de 12.5% y estas se distribuyeron uniformemente en todo el pan, por lo que no afectaron la luminosidad (Steffolani *et al.*, 2014). Mientras que la cantidad de harina integral reemplazada por avena no afecto la luminosidad.

**Valor a.** El valor a 4.54 del tratamiento optimo (7.5% avena, 12.5% chía) es igual al valor a 4.56 del tratamiento control (0% avena, 0% chía) (Cuadro 17). Gómez *et al.* (2011) indica que el color del pan se ve afectado por el color de las materias primas. Sin embargo, en este estudio no existieron diferencias estadísticamente significativas al aumentar avena y chía en la formulación del tratamiento óptimo.

**Valor b.** El tratamiento óptimo (7.5% avena, 12.5% chía) tuvo un valor b de 19.41 diferente al valor b 21.10 del tratamiento control (0% avena, 0% chía) (Cuadro 17). Lo que indica que a mayor concentración de chía disminuye el valor b. Según Mc Williams (2006) la margarina contribuye al color de los panes y sugiere pueden usar otros sustitutos de grasa

o aceite pero este atributo se verá afectada, lo que explica la coloración menos amarilla en el tratamiento óptimo se puede deber a una disminución en un 12.5% de la margarina y un aumento en el mismo porcentaje de las semillas de chía. No se encontró un efecto de la avena en esta variable.

Cuadro 17. Promedios y desviación estándar (DE) del análisis de color entre el tratamiento óptimo (12.5 % chía y 7.5 % avena) y control.

Tratamiento	Valor L	Valor a	Valor b
	Media $\pm$ D.E	Media $\pm$ D.E	Media $\pm$ D.E
Control	61.78 $\pm$ 0.11 a	4.54 $\pm$ 0.01 a	21.10 $\pm$ 0.12 a
Óptimo	61.47 $\pm$ 0.61 a	4.56 $\pm$ 0.02 a	19.41 $\pm$ 0.08 b
CV(%)	0.81	0.24	1.47

DE: Desviación estándar

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

**Textura.** El tratamiento óptimo (7.5% avena, 12.5% chía) tiene una compresión de 4.65 N y 3.82 N el tratamiento control (0% avena, 0% chía) estos tratamientos son estadísticamente iguales (Cuadro 18). Eso significa que ni la chía ni la avena influyeron significativamente en la textura del pan.

**pH.** Según lo especificado por la Norma Mexicana NMX-F-159-s-1983, el pH debe encontrarse en un pH mínimo de 4.5 y máximo de 5.8. El tratamiento óptimo (7.5% avena, 12.5% chía) tiene un pH de 5.69 diferente al pH 5.79 del tratamiento control (0% avena, 0% chía). Hipotéticamente un valor menor de pH en el tratamiento óptimo se asume que se debe a que la harina de este tratamiento tenía bacterias ácido lácticas y ácido acético debido a que los estudiantes del módulo de Procesamiento de Granos también manipularon esta materia prima ya que la utilizan para la elaboración del pan. Durante la fermentación las bacterias producen ácido láctico y acético que disminuyó el pH en el producto final (Yang, 2006).

**Actividad de agua (Aw).** La actividad de agua del control fue de 0.907 y del tratamiento óptimo de 0.908. (Cuadro 18) se encuentran en el rango establecido por Clayton *et al.* (2012) y fueron estadísticamente iguales debido a que se añadió poca cantidad de avena y chía en el tratamiento óptimo y ni la capacidad de retención de agua de las semillas de chía ni los betaglucanos de la avena afectaron en la Aw. A esta Aw se da principalmente el crecimiento de bacterias como *Salmonella spp.*, *Pseudomonas*, *Escherichia coli* (Clayton *et al.*, 2012).

Cuadro 18. Promedios y desviación estándar (D.E) del análisis de textura, pH y Aw entre el tratamiento óptimo (12.5 %chía y 7.5 % avena) y control.

Tratamiento	Textura (N)	pH	Aw
	Media ± D.E	Media ± D.E	Media ± D.E
Control	3.82 ± 0.300 a	5.79 ± 0.000 a	0.907 ± 0.000 a
Optimo	4.65 ± 0.001 a	5.69 ± 0.020 b	0.908 ± 0.000 a
CV (%)	14.19	0.19	0.29

DE: Desviación estándar

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

### Análisis de costos variables

Los costos variables fueron determinados para 300 g de pan tanto para el tratamiento óptimo como el control.(Cuadro 19). El tratamiento óptimo costo L. 0.85 más que el tratamiento control. La chía fue la materia prima que influyó más en el aumento de los costos del tratamiento óptimo.

Cuadro 19. Costos variables del tratamiento óptimo y control para un pan molde de 300gr.

Ingredientes	Óptimo			Control	
	Costo L./g	Peso g	Costo (L.)	Peso g	Costo (L.)
Harina Blanca	0.017	110.88	1.85	110.88	1.85
Harina Integral	0.017	53.872	0.91	58.24	0.98
Azúcar	0.179	13.44	2.40	13.44	2.40
Margarina	0.018	11.76	0.21	13.44	0.24
Sal	0.006	4.00	0.02	4.00	0.02
Avena	0.065	4.368	0.28	0.00	0.00
Chía	0.400	1.68	0.67	0.00	0.00
Propianato	0.110	0.48	0.05	0.48	0.05
Levadura	0.108	2.08	0.22	2.08	0.22
Agua	0.000	98.00	0.00	98.00	0.00
<b>Costo Total L.</b>			6.63		5.77

### Análisis de proteína y grasa

**Grasa.** El tratamiento óptimo tiene un contenido de grasa de 6.74% que es estadísticamente diferente al contenido de grasa en el tratamiento control 3.8%. El contenido de grasa de las semillas de chía es de 53% (Nutrition Data, 2015b). Y el contenido de grasa de la avena es de 15%. (Nutrition Data, 2015a). La margarina por su parte tiene un contenido de 80% (Nutrition Data, 2015c). Hipotéticamente se asume que un contenido de grasa mayor en el pan óptimo se debe al aporte de grasa de la margarina, la chía y la avena combinadas.

**Proteína.** El análisis de proteína tuvo un coeficiente de variación de 0.05%. No hubo diferencia estadística entre el tratamiento óptimo 9.73% y el control 9.53% (Cuadro 20). A

pesar de que la semilla de chía tiene un contenido de 11% de proteína y la avena tiene un contenido de 3.3% de proteína que aporta al contenido final de proteína del tratamiento óptimo, además el salvado de trigo también aporta un 13% de proteína tanto al tratamiento óptimo como al control (Nutrition Data, 2014d). A pesar que los dos tratamientos no presentan diferencias en la cantidad de proteína. Se asume que la calidad de la proteína es diferente debido a que la chía tiene todos los aminoácidos esenciales en un 115% respecto al requerimiento de aminoácidos del ser humano. Mientras que la harina de trigo integral solo cubre el requerimiento en un (54%), harina de trigo (44%) y avena (81%) presentando deficiencias en el contenido de lisina (Nutrition Data, 2014e).

Cuadro 205. Promedios y desviación estándar (D.E) del análisis de grasa y proteína entre el tratamiento óptimo (12.5 %chía y 7.5 % avena) y control.

Tratamiento	Grasa	Proteína Cruda
	(%)	(%)
	Media ± D.E	Media ± D.E
Optimo	6.74 ± 0.890 a	9.73 ± 0.000 a
Control	3.80 ± 0.180 b	9.53 ± 0.007 a
CV (%)	12.19	0.05

DE: Desviación estándar

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

**Análisis del perfil de ácidos grasos del tratamiento control y el óptimo.** En la cuantificación que se hizo al tratamiento control se encontró un 53.62% de grasa saturada, 34.35% de grasa monoinsaturada, 11.81% de grasa poliinsaturada y 0.22% de grasas trans (Cuadro 21). Mientras que en el análisis del tratamiento óptimo se encontró 53.23% de grasa saturada, 34.20% de grasa monoinsaturada, 12.45% de grasa poliinsaturada y 0.12% de grasas trans. El ácido palmítico fue el que se encontró en mayor proporción 46.98 en el pan control y 46.66% en el pan óptimo (Cuadro 21). Este alto porcentaje fue debido a que se usa aceite de palma para la elaboración de margarina que tiene un contenido de 3.54% de ácido palmítico (Díaz, 2009). Así mismo Díaz (2009) indicó que las materias primas que aportan Ácidos Grasos Trans al pan son la margarina y la leche. Las grasas trans del pan control provienen principalmente de la margarina ya que en ninguno de los dos panes se usó leche. Según Nutriinfo (2005), las temperaturas de horneado no aumentan la cantidad de ácidos trans ya que al calentar aceite de palma durante 2 horas a 240 °C solo produce 0.3% de ácidos trans.

La chía posee 23% de lípidos, el 59% de los lípidos contenido en la semilla es ácido alfa linoléico y 20% de ácido linoleico (Porras *et al.*, 2014). Hipotéticamente se asume que la chía contribuyó con 0.4% de ácido alfa linoleico y 0.22 de ácido linoléico al pan. La avena por su parte tiene un contenido de 6.9% de grasa. El 1.9% de los lípidos de la avena es ácido alfa linoléico mientras que el 40.5% es ácido linoleico. El pan tiene ácido graso alfa linoléico y linoleico en un 0.4% y 11.55% respectivamente (Youngs, 1978). No se pueden establecer diferencias entre el contenido de ácidos grasos poliinsaturados del pan

óptimo y el control ya que el perfil de ácidos grasos no se hizo por triplicado debido a los costos que esto implicaba.

Cuadro 6. Perfil de ácidos grasos del tratamiento óptimo

Ácido Graso	Carbón	Óptimo	Control
<b>Grasa saturada</b>			
Ácido Butanoico (Butírico)	04:0	1.29	0.39
Ácido Dodecanoico (láurico)	12:0	0.11	0.13
Ácido Tetradecanoico (Mirístico)	14:0	0.89	0.94
Ácido Hexadecanoico (Palmítico)	16:0	45.39	46.54
Ácido Heptadecanoico (Margárico)	17:0	0.11	0.13
Ácido Octadecanoico (Esteárico)	18:0	5.35	5.38
Ácido Tetracosanoico (Lignocérico)	24:0	0.09	0.12
<b>Grasa monoinsaturada</b>			
Ácido Hexadecenoico (Palmitoleico)	16:1 cis-9	0.15	0.15
Ácido heptadecenoico (Margárico)	17:1 cis-10	0.02	0.98
Ácido octadecenoico (Oleico)	18:1n9c cis-9	33.07	33.03
Ácido octadecenoico (Vaccénico)	18:1 cis-11	0.83	0.96
Ácido eicosenoico (Gadoléico)	20:1 cis-11	0.13	0.16
<b>Gras polinsaturada</b>			
Ácido Octadecadienoico Linoleico)	18:2n6 cis - 9,12	11.55	10.91
Ácido Octadecatrienoico ( $\gamma$ -linolénico)	18:3n6 cis - 6,9,12	0.37	0.48
Ácido Octadecatrienoico (Alfa-linolénico)	18:3n3 cis - 9,12,15	0.40	0.32
Ácido Eicosatrienoico	20:3n3 cis - 11,14,17	0.09	0.10
Ácido Docosatetraenoico (Adrénico)	22:4 cis - 7,10,13,16	0.03	0.00
<b>Gasa trans</b>			
Ácido Hexadecenoico (Palmitelaídico)	16:1n9t trans-9	0.03	0.04
Ácido Octadecenoico (Elaídico)	18:1n9t trans-9	0.00	0.11
Ácido Octadecadienoico (Linoelaídico)	16:1n9t trans-9	0.00	0.06
Ácido Octadecenoico (Transvacénico)	18:1n11t trans-11	0.10	0.00

### Análisis Sensorial de Aceptación

**Apariencia.** Según Jervis *et al.* (2014), la apariencia es el principal atributo para la decisión de compra del consumidor. Ambos tratamientos fueron evaluados por los panelistas como “Me gusta moderadamente”, el tratamiento óptimo recibió una calificación de 6.83 y el tratamiento control de 6.42 valores estadísticamente iguales, lo anterior se atribuye a que la apariencia entre el óptimo y el control era bastante similar debido a que las semillas de chíá en el producto óptimo se distribuyeron de manera uniforme en el pan y no eran visibles muchas semillas por muestra, para el caso de la avena durante el mezclado se transformó en partículas más pequeñas difícil de identificar en el producto final (Cuadro 22).

**Color.** El color es uno de los atributos más importantes en la evaluación sensorial (Feili *et al.*, 2013). A pesar de la presencia de algunas semillas de chía por muestra en el producto óptimo esto no afectó la calificación del atributo del color, presentando El tratamiento control una calificación de 6.97 y el tratamiento óptimo de 6.83 (Me gusta moderadamente) estadísticamente iguales (Cuadro 22).

**Aroma.** En pan se han encontrado 540 componentes volátiles los de mayor importancia son los alcoholes, aldehídos, ácidos, pirroles. (Cho y Peterson, 2010). El pan óptimo recibió una calificación de 6.77 (Me gusta moderadamente) mientras que el pan control 7.07 el consumidor no encontró diferencias entre los compuestos volátiles de los dos panes (Cuadro 22).

**Sabor.** El sabor de un pan está determinado principalmente por el sabor de las materias primas, las reacciones enzimáticas y no enzimáticas, la fermentación de las bacterias ácido láctica y acéticas así como también por el horneado (Cho y Peterson, 2010). El tratamiento control en cuanto al atributo del sabor recibió una calificación de 7.16 (Me gusta moderadamente) el consumidor no encontró diferencias significativas con el control que fue calificado con 6.74 (Me gusta moderadamente) (Cuadro 22).

**Textura.** El pan control tuvo una calificación de 7.15 en la textura estadísticamente igual al óptimo 6.63. Esto lo explican Steffolani *et al.* (2014) que al masticar las semillas de chía causa una sensación agradable y realzan los sabores del pan gracias al contenido de grasas que tiene la chía (Cuadro 22).

Cuadro 22. Análisis Sensorial de los atributos de color, apariencia, aroma, textura y sabor en el tratamiento óptimo y el control.

<b>Tratamiento</b>	<b>Apariencia Media±D.E</b>	<b>Color Media±D.E</b>	<b>Aroma Media±D.E</b>	<b>Sabor Media±D.E</b>	<b>Textura Media±D.E</b>
Control	6.83±1.62 a	6.97±1.57 a	7.07±1.53 a	7.16±1.66 a	7.15±1.51 a
Optimo	6.42±1.68 a	6.83±1.63 a	6.77±1.58 a	6.74±1.60 a	6.63±1.69 a
<b>CV(%)</b>	25.02	23.24	22.49	23.47	23.29

DE: Desviación estándar.

Medias en la misma columna con letra distinta (a-b) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Escala: 1=Me disgusta extremadamente 9= Me gusta extremadamente.

CV: Coeficiente de variación

**Aceptación.** El pan control fue el más aceptado con una calificación de 7.27 (me gusta moderadamente) estadísticamente diferente al control con una calificación de 6.83 (me gusta moderadamente). Hipotéticamente se asume que esta diferencia fue debido a que los panelistas que eran estudiantes consumen regularmente el pan control. El pan control es el pan de la Planta de Innovación de Alimentos por lo que aceptaron más el control. Además en el mercado hondureño existen pocos panes con semillas (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis Sensorial de los atributos de aceptación general en el tratamiento óptimo y el control.

<b>Tratamiento</b>	<b>Aceptación General Media±D.E</b>
Control	7.27 ± 1.39 a
Óptimo	6.83 ± 1.41 b
<b>CV(%)</b>	19.93

DE: Desviación estándar

Medias en la misma columna con letra distinta (a-f) son estadísticamente diferentes (P<0.05).

CV: Coeficiente de variación

Escala: 1=Me disgusta extremadamente 9= Me gusta extremadamente.

#### 4. CONCLUSIONES

- La sustitución parcial del 12.5% de margarina por semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) prehidratadas y del 7.5% de harina integral de trigo (*Triticum aestivum*) por avena (*Avena sativa*) permiten tener un pan con el color expresado en valor b al nivel mas bajo y una menor actividad de agua.
- Al evaluar textura, Aw, color expresado en valor a y valor L el tratamiento óptimo y el control son iguales, mientras que al analizar color expresado en valor b y pH presentan diferencias.
- La aceptación del pan óptimo fue menor debido a que los panelistas no se encuentran familiarizados con el consumo de productos que contengan chía.
- El tratamiento óptimo tiene un costo de L.6.63 y el tratamiento control L.5.77 por 300 g de pan, siendo el tratamiento óptimo más caro que el control.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Utilizar las semillas de chía como sustituto parcial de la margarina en otros productos de panificación.
- Realizar análisis microbiológicos, tanto en el tratamiento óptimo como en el control.
- Realizar investigaciones para establecer diferencias en las propiedades de los productos de panificación al usar semillas de chía hidratada y semillas de chía secas.

## 6. LITERATURA CITADA

Albercht, J y Lauterbach, S. 1994. Funtions of Baking Ingredients. (en línea). Consultado el 20 de septiembre del 2015. Disponible en:

<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1412&context=extensionhist>

Amendola, J y N. Rees, 2003. Understanding Baking: The Art and Science of Baking. Edición N° 3. Wiley. 40 p

Bhise, S y Kaur, A. 2014. Incorporation of Oat, Psyllium and Barley Fibers: Effect on Baking Quality, Sensory Properties and Shelf Life of Bread. International Journal of Engineering Practical Research. 3(3):52-58 p.

Box, G., Hunter, J. y Hunter, W. 2005. Statistics for Experimenters: Design, Innovation and Discovery. 2 ed. Wiley, New Jersey, Estados Unidos. 437-483 p.

Brookfield. s.f. Pan, panadería. (en línea). Consultado el 23 de octubre del 2015. Disponible en: <http://www.brookfieldengineering.com/education/applications/texture-bakery-bread.asp>.

Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Serpen, A., Gokmen, V., Fogliano, V. 2009. Effect of flour type on Maillard reaction and acrylamide formation during toasting of bread crisp model systems and mitigation strategies. Food Research International 42 (2009):1295–1302 p.

Cato, L., Gan J.J., Rafael LGB., Small D.M. 2004. Gluten free breads using rice flour and hydrocolloid gums. Food Australia. 56:75-78 p.

Clayton, K., Bush, D. y Keener, K. 2012. Métodos para la conservación de alimentos. Emprendimientos alimentarios. West Lafayette. Estados Unidos. 6 p.

Cho, I. y Peterson, D. 2010. Chemistry of bread Aroma: A Review. Food Science and Biotechnology. 19(3):575-582 p.

Choi, I., Han, O., Chun, J., Chun, J., Kang, K., Kim, Y., Cheong, Y., Park, T., Choi, J y Kim, K. Hydration and Pasting Properties of Oat (*Avena sativa*) Flour. Preventive Nutrition and Food Science 17 (1):87-89 p.

Coates, W. 2013. Chía The Complete Guide to the Ultimate Superfood. Sterling. New York, Estados Unidos. 192p.

Díaz, K. 2005. Cuantificación de ácidos grasos trans por cromatografía de gases en pan blanco e integral de la Planta de Procesamiento de Granos de Zamorano Tesis Ing. Agroindustria. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 26p.

European Food Safety Authority. 2005. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the safety of chia (*Salvia hispanica* L.) seed and ground whole chia seed as a novel food ingredient intended for use in bread. The European Food Safety Authority Journal. 278:1-12 p.

Food and Drug Administration. 2007. Approximate pH of Foods and Food Products. (en línea). Consultado el 1 de octubre del 2015. Disponible en: <http://www.foodscience.caes.uga.edu/extension/documents/fdaapproximatephoffoodslacphys.pdf>

Feili, R., Zzaman, W., Wan, W., Yang, T. 2013. Physical and Sensory Analysis of High Fiber Bread Incorporated with Jackfruit Rind Flour. Food Science and Technology 1(2): 30-36 p.

Gil, A. 2010. Tratado de Nutrición Tomo II. Editorial Medica Panamericana. Madrid, España. 111p.

Gómez, M., Ruíz, E., Aparicio, N y Oliete, B. 2011. Adequacy of different wheat cultivars for low-hydration bread making. Journal of the Science of Food and Agriculture. 91(6): 1148-1154 p.

González, A. 2012. Características de las propiedades funcionales de fructanos de Agave para su uso como sustitutos de grasa en alimentos. Tesis MAE. Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, México. 13p.

Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C., & Galotto, M. J. (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. Food Hydrocolloids, 18: 241-247 p.

Guiotto, E. 2014. Aplicación de Subproductos de Chía (*Salvia hispanica* L.) y Girasol (*Helianthus annuus* L.) en Alimentos. Tesis de Ing. Químico e Agroindustrial. Navarra, España. Universidad de Navarra. 16 p.

Health Day. 2014. Use chia seed with caution, researcher warns. Consultado 01 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://consumer.healthday.com/alternative-medicine-information-3/mis-alternative-medicine-news-19/use-chia-seeds-with-caution-researcher-warns-692782.html>

Jervis, S., Jervis, M., Guthrie, B., Drake, M. 2014. The Efficacy of Using Photographs to Represent attributes of Sliced Sandwich Bread in an Adaptive Choice- Based Conjoint. Journal Sensory Studies. 29(2014):64-73 p.

Mc Williams, M. 2006. Nutrition and Dietics. Los Ángeles, Estados Unidos. 158 p.

Medina, C. 2015. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena en la elaboración de pan. Tesis de Ing. Agroalimentaria. Navarra España. Universidad de Navarra. 16 p.

Meilgaard, M., Vance, G. Carr, T. 1999. Sensory Techniques. 3 ed. Boca Ratón, Estados Unidos. 140 p.

Morales, S. 2014. Diseño de los Procesos de Secado por Rodillos y Spray Dryer para la Elaboración de un suplemento Nutricional con Base en la Mezcla de Amaranto, Quinoa, Chocho y Avena. Tesis de Ing. Químico e Agroindustrial. Navarra, España. Universidad de Navarra. 16 p.

Moro, T. 2013. Caracterización físico-química de bioplásticos elaborados por extrusión y Termo compresión a partir de harina de maracuyá (*Passiflora edulis sp.*). Maestría de Tecnología de Alimentos. Instituto de Tecnología. Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro. Seropédica, Rio de Janeiro.

Nielsen, S. 2014. Analysis Food. Editor Springer. West Lafayette, Estados Unidos. 577p.

Nutrition Data. 2014a. Oats. (en línea). Consultado 27 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://nutritiondata.self.com/facts/cereal-grains-and-pasta/5708/2>

Nutrition Data. 2014b. Seeds, chia seeds, dried. (en línea). Consultado 27 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://nutritiondata.self.com/facts/nut-and-seed-products/3061/2>.

Nutrition Data. 2014c. (en línea). Margarine, regular, stick, composite, 80% fat, with salt. (en línea) Consultado 27 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://nutritiondata.self.com/facts/fats-and-oils/7187/2>.

Nutrition Data. 2014d. Wheat bran, crude. (en línea). Consultado 27 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://nutritiondata.self.com/facts/cereal-grains-and-pasta/5742/2>

Nutrition Data. 2014e. Wheat flour, white (industrial), 13% protein, bleached, enriched (en línea). Consultado 27 de septiembre del 2015. Disponible en: <http://nutritiondata.self.com/facts/cereal-grains-and-pasta/9262/2>

Nutriinfo. 2005. Cambio en Porcentaje de Ácidos Grasos Trans por Acción del Calor (en línea). Consultado el 28 de octubre del 2015. Disponible en: [www.nutriinfo.com.ar](http://www.nutriinfo.com.ar)

OMS. 2015. Enfermedades no transmisibles (en línea). Consultado 28 de octubre de 2015. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/es/>

Piñero, G., Lago, N., Culebras, J. 2013. Papel de los ácidos grasos omega-3 en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Nutrición Hospitalaria, 28(1): 1-5

Porras, P., Jiménez, M., Sosa, M., Palou, E., y López, A. 2014. Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chía (*Salvia hispanica* L.) seeds. International Journal of Food Science and Technology 49: 571-57

Population Reference Bureau. 2013. Enfermedades no transmisibles en America Latina y El Caribe. Population Reference Bureau (en línea). Consultado 27 de septiembre del 2015. Disponible en:  
<http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2013/noncommunicable-diseases-latinamerica-youth-datasheet.aspx>

Puig, E. 2013. Mejora del valor nutricional y Tecnológico de productos de panadería por ingredientes a base de chía (*Salvia hispánica* L.). Tesis MAE. Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 13-15 p

Sego, Sh. 2014. Alternative meds update. Chia seeds. The Clinical Advisor. (en línea). Consultado 02 de noviembre del 2015. Disponible en:  
<http://www.clinicaladvisor.com/alternative-meds-update/chia-seeds-mostly-good-news/article/354760/>

Sreenivasan, B y Baker, K . 1981. Naturally Food Color Compositions. New Jersey, Estados Unidos. 1 p.

Steffolani, E., De la Hierra, E., Pérez, G y Gómez, M. 2014. Efecto de chía (*Salvia hispánica* L.) addition on the quality of gluten free bread. Journal of Food Quality. 37(2014): 309-317 p.

Terrones, M. 2008. Propiedades Funciones de la Avena. *Renut* 2(4):172-173 p.

Tinoco, O. 2009. Desarrollo y Evaluación Física-Química y Sensorial de un Pan Usando Salvado de Trigo y Harina Integral. Tesis Ing. Agroindustria. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 13p.

Vida Sana. 2014. Chía: 6 contraindicaciones que debes saber. Consultado 02 de noviembre del 2015. (en línea). Disponible en: <http://peru.com/estilo-de-vida/vida-sana/chia-6-contraindicaciones-que-debes-saber-antes-consumirla-noticia-288642>.

Villar, J. 20014. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote (*Ipomoea batatas* var. bush buck) en las características físicas químicas y sensoriales del pan blanco. Tesis Ing. Agroindustria. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 12p.

West, T. 2015. Sólo un tercio de los consumidores afirma tener una dieta saludable. Consultado 26 de agosto del 2015. (en línea). Disponible en:  
[http://www.foodnavigator.com/Market-Trends/Just-one-third-of-consumers-claim-to-have-a-healthy-diet?utm\\_source=RSS\\_text\\_news&utm\\_medium=RSS\\_feed&utm\\_campaign](http://www.foodnavigator.com/Market-Trends/Just-one-third-of-consumers-claim-to-have-a-healthy-diet?utm_source=RSS_text_news&utm_medium=RSS_feed&utm_campaign)

Youngs, V. 1978. Oat Lipids. *Cereal Chemistry*. 55(5): 590-597 p.