

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

TITULO:

“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO
POR HARINA DE ALCACHOFA Y HARINA DE SOJA EN LA
ELABORACION DE PAN DE MOLDE”.

PRESENTADO POR:

Bach. Velásquez Pera Maricruz
Bach. Obando Morales Luis Eduardo

ASESOR:

Ms. Ing. MORENO ROJO CESAR

Nuevo Chimbote, abril 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFECIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR
HARINA DE ALCACHOFA Y HARINA DE SOJA EN LA ELABORACION DE
PAN DE MOLDE”.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Velásquez Pera Maricruz

Bach. Obando Morales Luis Eduardo

REVISADO POR:

Ms. CESAR MORENO ROJO

ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFECIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR
HARINA DE ALCACHOFA Y HARINA DE SOJA EN LA ELABORACION DE
PAN DE MOLDE”.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Velásquez Pera Maricruz

Bach. Obando Morales Luis Eduardo

Revisado, sustentado y aprobado por unanimidad con una nota vigesimal de 19,0
y calificado Excelente; ante el Jurado Evaluador conformado por:



M.Sc. SAUL EUSEBIO LARA

PRESIDENTE



Ms. CESAR MORENO ROJO

SECRETARIO



Ing. VICENTE CARRANZA VARAS

INTEGRANTE

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres y hermanos. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres y hermanos, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora.

Maricruz Velásquez Pera

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar. A mi novia, compañera inseparable de cada jornada. Ella representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. También dedico este proyecto a mis abuelos por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Luis Eduardo Obando Morales

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales.

A nuestro asesor de tesis, Ms. Ing. Cesar Moreno Rojo por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en nosotros que podamos terminar nuestros estudios con éxito.

También nos gustaría agradecer a nuestros profesores durante toda la carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a nuestra formación profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestras vidas a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestras vidas. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y corazón, sin importar en donde estén queremos darles las gracias, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: **Muchas gracias y que Dios los bendiga.**

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.	Aspectos Generales sobre la Alcachofa	4
2.1.1	Definición	4
2.1.2	Valor nutricional	4
2.1.3	Aplicaciones actuales de la alcachofa	6
2.2	Aspectos Generales sobre la soya	8
2.2.1	Definición	8
2.2.2	Valor nutricional	8
2.2.3	Beneficios potenciales de la Soya para la Salud	9
2.2.4	Aplicaciones actuales de la soya	10
2.2.4.1	Productos oleaginosos	10
2.2.4.2	Productos integrales	10
2.2.4.3	Productos proteínicos	11
2.2.4.4	Cascara	11
2.3	Aspectos Generales sobre el pan de molde	12
2.3.1	Definición	12
2.3.2	Clasificación	12
2.3.2	Métodos de elaboración del pan de molde	12
2.4	Uso de metodología de superficie de respuesta	13
2.4.1.	Diseño Compuesto Central Rotacional	14
2.4.2.	Etapas para la optimización de un proceso	15

III. MATERIALES Y METODOS	17
3.1 Lugar de Ejecución	17
3.2 Materia Prima e Insumos	17
3.2.1 Materia Prima	17
3.2.2 Insumos	17
3.2.3 Equipos e instrumentos, reactivos y otros materiales	18
3.2.3.1 Equipos e Instrumentos	18
3.2.3.2 Reactivos	18
3.2.3.3 Otros materiales	18
3.3 Métodos	19
3.3.1 Caracterización de las materias primas	19
3.3.1.1 Caracterización de la harina de trigo	19
3.3.1.1.1 Composición porcentual	19
3.3.1.1.2 Colorimetría.	19
3.3.1.2 Caracterización de la harina de soya	20
3.3.1.2.1 Composición porcentual	20
3.3.1.2.2 Colorimetría	20
3.3.1.2.3 Fibra	21
3.3.1.3 Caracterización de la harina de alcachofa	21
3.3.1.3.1 Composición porcentual	21
3.3.1.3.2 Colorimetría	21
3.3.1.3.3 Fibra	21
3.4 Producción de Pan de molde	21
3.4.1 Formulación	21

3.4.2	Diseño experimental	22
3.4.3	Procedimiento para elaboración de pan de molde	23
3.5	Evaluación de la calidad de los panes	26
3.5.1	Volumen específico	26
3.5.2	Color de la corteza y de la miga	27
3.5.3	Textura instrumental	27
3.5.4	Análisis sensorial	27
3.5.5	Análisis estadístico	28
3.6	Evaluación de la mejor formulación de pan de molde	28
3.6.1	Composición porcentual	29
3.6.2	Fibra.	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1	Caracterización de las harinas de trigo, soya y alcachofa	30
4.1.1	Composición porcentual	30
4.1.1.1	Humedad.	30
4.1.1.2	Cenizas	31
4.1.1.3	Proteínas	31
4.1.1.4	Grasa	32
4.1.2	Propiedades físicas	32
4.1.2.1	Colorimetría	32
4.1.3	Fibra	33
4.2	Evaluación de calidad de los panes de molde	34
4.2.1	Volumen específico	34
4.2.2	Color de la corteza de los panes de molde	40

4.2.2.1. Luminosidad de la corteza de los panes de molde	41
4.2.2.2 Cromacidad de la corteza de los panes de molde	47
4.2.2.3 Ángulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde.	51
4.2.3 Color de la miga de los panes de molde	57
4.2.3.1 Luminosidad de la miga de los panes de molde	58
4.2.3.2 Cromacidad de la miga de los panes de molde	62
4.2.3.3 Ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde.	66
4.2.4 Evaluación sensorial	71
4.2.4.1 Color del pan de molde	72
4.2.4.2 Aroma del pan de molde	76
4.2.4.3 Textura del pan de molde	80
4.2.4.4 Sabor del pan de molde	83
4.2.4.5 Intención de compra del pan de molde	87
4.2.5 Textura instrumental	91
4.2.5.1 Altura	92
4.2.5.2 Dureza (Newton)	94
4.2.5.3 Elasticidad (mm)	99
4.2.5.4 Masticabilidad (mJ)	102
4.3 Determinación de influencias significativas de las variables independientes en las respuestas estudiadas.	106
4.4 Determinación de la mejor formulación	108
4.4.1 Evaluación de las mejores formulaciones	108
4.4.1.1 Composición porcentual	108

4.4.1.2 Fibra	109
4.4.2 Determinación de región óptima	111
4.5 Computo químico	112
V. CONCLUSIONES	114
VI. RECOMENDACIONES	116
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
ANEXOS	120

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Valor nutricional de la alcachofa (100 g de materia seca)	5
TABLA 2: Formulación estándar para la producción de pan de molde	22
TABLA 3: Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2	23
TABLA 4: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2^2	23
TABLA 5: Composición porcentual (%) de las harinas de trigo, soya y alcachofa.	30
TABLA 6: Valores medios de los parámetros de Luminosidad, a^* , b^* c^* y h de las materias primas.	32
TABLA 7: Contenido de fibra (%)	33
TABLA 8: Volumen específico del pan de molde	34
TABLA 9: Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico c los panes de molde	36
TABLA 10: Análisis de varianza para la respuesta Volumen específico del pan de molde	38
TABLA 11: Color de la corteza de los panes de molde de acuerdo con el planeamiento experimental	41
TABLA 12: Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la corteza de los panes de molde	43
TABLA 13: Análisis de varianza para la respuesta Luminosidad de la	44

corteza del pan de molde

TABLA 14: Coeficientes de regresión para respuesta de cromacidad de **47**

la corteza de los panes de molde.

TABLA 15: Análisis de varianza para la respuesta Cromacidad de la
corteza del pan de molde **48**

TABLA 16: Coeficientes de regresión para respuesta de ángulo de **52**

tonalidad de la corteza de los panes de molde.

TABLA 17: Análisis de varianza para la respuesta Ángulo de tonalidad de **54**

corteza del pan de molde

TABLA 18: Color de la miga de los panes de molde de acuerdo con el **57**

planeamiento experimental

TABLA 19: Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de **59**

la miga de los panes de molde

TABLA 20: Análisis de varianza para la respuesta luminosidad miga del **60**

pan de molde

TABLA 21: Coeficientes de regresión para respuesta de cromacidad de **63**

la miga de los panes de molde.

TABLA 22: Análisis de varianza para la respuesta Cromacidad de la
miga del pan de molde **64**

TABLA 23: Coeficientes de regresión para respuesta ángulo de tonalidad **67**

de la miga de los panes de molde.

TABLA 24: Análisis de varianza para la respuesta Ángulo de tonalidad de la miga del pan de molde	68
TABLA 25: Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde	71
TABLA 26: Coeficientes de regresión para respuesta color de los panes de molde	72
TABLA 27: Análisis de varianza para la respuesta color del pan de molde	74
TABLA 28: Coeficientes de regresión para respuesta aroma de los panes de molde	76
TABLA 29: Análisis de varianza para la respuesta aroma del pan de molde	78
TABLA 30: Coeficientes de regresión para respuesta textura de los panes de molde	80
TABLA 31: Análisis de varianza para la respuesta textura del pan de molde	82
TABLA 32: Coeficientes de regresión para respuesta sabor de los panes de molde	84
TABLA 33: Análisis de varianza para la respuesta sabor del pan de molde	85
TABLA 34: Coeficientes de regresión para respuesta intención de compra de los panes de molde	87
TABLA 35: Análisis de varianza para la respuesta intención de compra de pan de molde	89

TABLA 36: Respuestas obtenidas de la textura instrumental de los panes de molde	91
TABLA 37: Coeficientes de regresión para respuesta altura de los panes de molde	93
TABLA 38: Coeficientes de regresión para respuesta Dureza (N) de los panes de molde	94
TABLA 39: Análisis de varianza para la respuesta dureza del pan de molde	96
TABLA 40: Coeficientes de regresión para respuesta Elasticidad (mm) de los panes de molde	101
TABLA 41: Coeficientes de regresión para respuesta Masticabilidad (m) de los panes de molde	102
TABLA 42: Análisis de varianza para la respuesta masticabilidad del pan de molde	104
TABLA 43: Influencias estadísticamente significativas de las variables independientes sobre las respuestas	107
TABLA 44: Composición porcentual (%) de las mejores formulaciones	109
TABLA 45: Contenido de fibra (%)	109
TABLA 46: Cómputo Químico de los ensayos del planeamiento experimental	112

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: Alcachofa Cynara Scolymus L	7
FIGURA 02: Semillas de Soya Glycine Max	11
FIGURA 03: Esquema de un sistema en estudio	14
FIGURA 04: Diagrama de Flujo del proceso de elaboración	26
FIGURA 05: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.	37
FIGURA 06: Superficies de respuesta para el volumen de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).	39
FIGURA 07: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta luminosidad de la corteza	44
FIGURA 08: Superficies de respuesta para la luminosidad de la corteza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).	46
FIGURA 09: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la corteza	48
FIGURA 10: Superficies de respuesta para la cromacidad de la corteza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).	51
FIGURA 11: Diagrama de pareto de efectos significativos para la	53

respuesta ángulo de tonalidad de la corteza

FIGURA 12: Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la **56**

corteza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

FIGURA 13: Diagrama de pareto de efectos significativos para la **60**
respuesta luminosidad de la miga.

FIGURA 14: Superficies de respuesta para la luminosidad de la miga de **61**
los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

FIGURA 15: Diagrama de pareto de efectos significativos para la **64**
respuesta cromacidad de la miga.

FIGURA 16: Superficie de respuesta para la cromacidad de la miga de **66**
los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

FIGURA 17: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta **68**
ángulo de tonalidad de la miga.

FIGURA 18: Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la **70**
miga de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

FIGURA 19: Diagrama de pareto de efectos significativos para la **73**
respuesta color.

FIGURA 20: Superficies de respuesta para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg).	75
FIGURA 21: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta aroma.	77
FIGURA 22: Superficies de respuesta para el aroma de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg).	79
FIGURA 23: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta textura.	81
FIGURA 24: Superficie de respuesta para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg).	83
FIGURA 25: Superficies de respuesta para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg).	87
FIGURA 26: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta intención de compra	89
FIGURA 27: Superficies de respuesta para la intención de compra de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg).	91
FIGURA 28: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta altura.	94

- FIGURA 29:** Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta dureza instrumental **96**
- FIGURA 30:** Superficies de respuesta para la dureza instrumental de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg). **98**
- FIGURA 31:** Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta elasticidad instrumental **102**
- FIGURA 32:** Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta masticabilidad instrumental **104**
- FIGURA 33:** Superficies de respuesta para la masticabilidad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg). **107**
- FIGURA 34:** Contenido de fibra en las mejores formulaciones de pan de molde con sustitución parcial de harina de soya (%) y harina de alcachofa (%) **113**

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se elaboró un pan de molde funcional, con adición de harina de soya y de alcachofa con el objetivo de estudiar la influencia de este en el producto terminado. Las formulaciones fueron realizadas utilizándose un delineamiento factorial completo 2^2 , considerando como variables independientes los niveles de Harina de soya y alcachofa. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características físico-químicas (volumen específico, color de la corteza y miga del pan), propiedades sensoriales realizadas con 30 panelistas no entrenados y análisis de perfil de textura. Los resultados fueron analizados por la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR). La harina de soya presentó influencia significativa en todos los parámetros menos en el volumen específico, la cromacidad de la miga, ángulo de tonalidad de la miga, elasticidad y en las propiedades organolépticas estudiadas. La mezcla de harinas solo tuvo efecto significativo en la respuesta luminosidad de la miga e intención de compra de los panes de molde.

La evaluación sensorial realizada, nos indica que el producto goza de aceptabilidad del público en especial las formulaciones 2 (0.9% de Harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya) y 6 (6% de Harina de alcachofa y 4% de harina de soya).

Analizando la superficie de respuesta elaborada se puede señalar que al adicionar harina de soya de 0 a 4% y harina de alcachofa de 0 a 3% se obtiene valores de volúmenes específicos mayores a 5 ml/g.

El cómputo químico de aminoácidos esenciales para las formulaciones del Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR 2^2) fue elevado para el total de aminoácidos.

La composición porcentual de las mejores formulaciones del diseño factorial 2^2 presentó valores de 24.82% de humedad, 12.54% de grasa, 2.5% de cenizas, 12.63% de proteína y 20.61% de fibra para la formulación 2 y 29.1% de humedad, 12.28% de grasa, 2.21% de cenizas, 13.03% de proteína y 5.38% de fibra para la formulación 6.

Palabras claves: Pan de molde, Harina de soya, harina de alcachofa.

ABSTRACT

In this research, a functional mold bread was elaborated, with the addition of soybean meal and artichoke, in order to study the influence of this in the finished product. The formulations were made using a complete factorial delineation 2^2 , considering as independent variables the levels of soybean meal and artichoke. The effects of these variables were evaluated according to physical-chemical characteristics (specific volume, crust color and bread crumb), sensorial properties performed with 30 untrained panelists and texture profile analysis. The results were analyzed by the Response Surface Methodology (MSR). Soybean meal had a significant influence on all parameters except for the specific volume, the crumb chromacity, the angle of the crumb, the elasticity and the organoleptic properties studied. The flour mixture only had a significant effect on the brightness response of the crumb and intention to buy the mold loaves.

The sensory evaluation carried out indicates that the product enjoys public acceptability, especially formulations 2 (0.9% Artichoke Flour and 6.9% Soybean Meal) and 6 (6% Artichoke Flour and 4% Flour soy).

Analyzing the processed response surface, it can be noted that adding soybean meal of 0 to 4% and artichoke flour of 0 to 3% yields values of specific volumes greater than 5 ml / g.

The chemical computation of essential amino acids for the formulations of the Rotational Central Compound Design (DCCR 22) was raised for the total amino acids.

The percentage composition of the best formulations of the factorial design 22 presented values of 24.82% of humidity, 12.54% of fat, 2.5% of ashes, 12.63% of protein and 20.61% of fiber for formulation 2 and 29.1% of humidity, 12.28% Of fat, 2.21% of ash, 13.03% of protein and 5.38% of fiber for formulation 6.

Key words: Mold bread, Soybean meal, artichoke flour

I. INTRODUCCION

Tanto el pan y otros productos de panificación han sido desde hace muchos años, alimentos básicos en la dieta del ser humano. Los panes son productos con gran valor nutritivo, el cual depende mucho de la calidad de los ingredientes y aditivos en su composición (Fierro, 2010).

Los productos de panadería son una de las categorías de productos consumidos más amplias en el mundo. Entre la amplia variedad de productos de esta categoría, una gran parte son alimentos secos estables en estantes como son las galletas y el pan (Pimentel, 2015); teniendo en éste último al pan de molde como alternativa para erradicar y combatir problemas de salud.

La alcachofa se considera un interesante alimento funcional porque contiene la cynarina que es un compuesto nutracéutico. Su principal mecanismo de acción es sobre las células hepáticas que hace que aumente la secreción biliar reduciendo el colesterol (LDL) en seres humanos. Además, facilita la digestión de las grasas y también es diurético porque provoca mayor expulsión de la orina. La alcachofa constituye un ingrediente muy conveniente en la dieta de adelgazamiento inclusive para las personas que sufren de diabetes, ya que las brácteas tienen propiedades hipoglucemiantes e hipocolesterolemiantes gracias a su contenido en flavonoides (cinarósido) con acción antiinflamatoria. Presenta cantidades de inulina que se metaboliza en el organismo dando lugar a unidades de fructosa. Proporciona sensación de saciedad y favorece el tránsito intestinal previniendo el estreñimiento. Es rica en fibra y aporta minerales como el fósforo, hierro, magnesio, calcio y potasio (Robles, 2001).

La soya es una legumbre que contiene 40% de proteína calculada en base seca. En cualquier caso, la soya tiene un contenido mucho más alto de proteína que otros granos de leguminosas cuyo promedio está entre 20 y 30%. La proteína de soya es particularmente valiosa debido a que su composición de aminoácidos complementa la de los cereales. Por lo tanto la combinación de cereales y soya tiene un mejor valor nutricional que cada uno de estos por separado. (Jiménez, 2008). La harina de soya es única entre las proteínas de plantas en su capacidad de proporcionar los aminoácidos esenciales en cantidades adecuadas, para corregir las deficiencias de aminoácidos en los granos. La proteína aportada por la harina de soya, es altamente rica en lisina y deficitaria en metionina y triptófano. (Turcios, 2004).

Es así que en la presente Investigación, se propone aprovechar los recursos de la alcachofa y la soya para la elaboración de un pan de molde, y así mismo evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de alcachofa y harina de soya en las propiedades fisicoquímicas, nutritivas y organolépticas del pan de molde; mediante la metodología de superficies de respuestas aplicando un Diseño Compuesto Central Rotacional 2².

Los objetivos específicos propuestos para esta investigación fueron los siguientes:

- Determinar la composición proximal de la harina de alcachofa y harina de soya.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas (volumen específico, textura instrumental y colorimetría), propiedades organolépticas (Color, aroma,

textura, sabor) e intención de compra de los panes de molde, obtenidos del diseño compuesto central rotacional DCCR 2².

- Determinar una región óptima con los rangos de harina de alcachofa y harina de soya mediante el análisis de las superficies de respuestas obtenidas para cada variable dependiente.
- Determinar el cómputo químico de aminoácidos para todas las formulaciones del diseño compuesto central rotacional 2².
- Realizar la composición proximal del pan de molde con mejor aceptabilidad y características fisicoquímicas.

II. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos Generales sobre la Alcachofa.

2.1.1. Definición.

La alcachofa pertenece a la especie *Cynara scolymus*, de la familia Compositae (Compuestas), a la que también pertenecen la lechuga, el girasol, el marigold, la dalia, la manzanilla y muchas otras especies alimenticias, medicinales y ornamentales, siendo genéticamente una especie de 34 cromosomas. Se trata de una planta originaria del norte de África y sur de Europa; es una planta vivaz que puede considerarse como bianual y triannual, con tallos erguidos, gruesos, acanalados longitudinalmente y ramificados, con más de un metro de altura. La inflorescencia inmadura que es la parte comestible de la planta, está constituida por el receptáculo carnoso insertado en el extremo del tallo, en el cual están constituidas las flores reunidas en cabezales terminales; este conjunto está recubierto por brácteas también carnosas en su base. El fruto es un aquenio provisto de vilano, de forma oblonga y color grisáceo que son considerados como la semilla de la planta, pesando de 600 a 610 gr. y durando de seis a doce años su facultad germinativa. (Pimentel, 2015).

2.1.2. Valor Nutricional.

Debido a su bajo contenido calórico y alta proporción de fibra, la alcachofa es considerada una hortaliza light. Es el prototipo de hortaliza sana, de amplio espectro medicinal y se recomienda habitualmente en el campo de la nutrición, por considerarse muy saludable a distintos niveles del organismo, gracias a sus reconocidas propiedades coleréticas, hepatoprotectoras y diuréticas. Favorece el crecimiento y desarrollo de los niños y el esfuerzo físico de los deportistas;

favorece la función hepática y vesícula biliar, con lo que mejora la digestión. La fibra tiene capacidad de absorber agua, aumenta el volumen de las heces, de manera que ayuda a corregir el estreñimiento. Además, la fibra proporciona sensación de plenitud y saciedad, lo que conduce a la persona a ingerir menos alimentos. Reduce los niveles de colesterol, es diurética y evita elevaciones bruscas de la glucosa en el organismo (por eso es saludable para los diabéticos). Esto resulta beneficioso en el caso de sufrir cálculos renales, hiperuricemia, hipertensión arterial, retención de líquidos u oliguria (producción escasa de orina) (Pimentel, 2015). En el Cuadro 1 se muestra el valor nutricional de la alcachofa por 100 g de porción comestible.

Tabla 1. Valor nutricional de la alcachofa (100 g de materia seca)

Componentes	Cantidad
Energía (kcal)	19
Agua (g)	92.9
Proteína (g)	2.8
Grasa total (g)	0.2
Carbohidratos (g)	2.9
Fibra cruda (g)	1.4
Fibra dietaria (g)	5.4
Cenizas (g)	1.2

Fuente: Pimentel, 2015.

La alcachofa tiene como composición química: ácidos cafeíco, clorogénico, cinarina (diéster de los ácidos cafeíco y quínico), flavonoides y cinaropicrina. Además contiene ácidos orgánicos, sales potásicas y magnésicas, mucílago, aceite esencial, fitoesteroles, alcoholes triterpénicos, vitaminas A, B2 y C. (Fonnegra y Jiménez, 2007).

2.1.3. Aplicaciones actuales de la alcachofa.

La alcachofa por su contenido de vitaminas y hierro, es considerada como un excelente alimento medicinal para personas con diabetes, anemia y enfermos del hígado. La decocción de las raíces se usa como febrífugo y para aliviar afecciones hepáticas. En casos de problemas prostáticas, más dificultad para orinar e irritación de los uréteres y de la vejiga. La decocción de las hojas, con jugo de limón se utiliza como reconstituyente hepático y para favorecer el flujo biliar. (Fonnegra y Jiménez, 2007).

Las alcachofas pueden procesarse en diversas formas, siendo la más común la elaboración de conservas, que se preparan al natural (en salmuera) y aliñadas o marinadas (en aceite de girasol o de oliva, vinagre y especies aromáticas), que es un proceso más costoso. Al margen del tipo de proceso se prepara conservas de corazones a partir de alcachofines enteros o partidos en dos o más partes y también de fondos de alcachofas de tamaño mayor. Otras formas de proceso son el puré, a base de fondos triturados y hojas con trozos de fondos, pero en ambos casos la demanda y los precios son mucho menores. Los tallos florales o pedúnculos pelados también se procesan en conserva para ciertos mercados - al natural y marinados como los fondos y corazones, y con ellos se elabora igualmente pastas y harinas, pero en cualquiera de los casos se trata de subproductos. La industria de la alcachofa ofrece numerosas posibilidades para su procesamiento y obtención de diversos productos y subproductos tendientes a la industrialización en forma integral; aprovechando los excedentes de este cultivo, que no son absorbidos por el mercado regional y nacional, o como aquellos fuera de calibre (brácteas abiertas); y en segundo lugar, aprovechar las brácteas, tallos, hojas y deshechos resultantes del

procesamiento. De las brácteas, en caso de las brácteas tiernas (base), se obtiene pastas o pulpas congeladas y harina; y de las brácteas externas (coriacéas) alimento para ganado. (Pimentel, 2015).



Figura 1. Alcachofa *Cynara Scolymus* L.

2.2. Aspectos Generales sobre la soya.

2.2.1. Definición.

La soya es una legumbre de ciclo anual, de porte erguido, que alcanza entre 0,50 y 1,5 metros de altura, posee hojas grandes, trifoliadas y pubescentes. Su nombre científico es *Glycine max*, pertenece a la familia de las Papilionáceas, Fabáceas, y en otros países se la conoce popularmente como soya, Portugal y Francia e Inglaterra, soia, Italia, y soyabohne en Alemania.

Las leguminosas son una de las mayores fuentes de proteínas y juegan un papel clave en la rotación de cultivos en la mayor parte del mundo, ya que pueden mejorar la fertilidad del suelo y reducir la incidencia de enfermedades y pestes en los diferentes cultivos. (Ridner, 2006).

2.2.2. Valor Nutricional.

El valor nutricional de los alimentos y sus productos derivados está dado por la cantidad y calidad de sus nutrientes, que son sustancias digeribles y asimilables por el organismo. La soya es una importante fuente de proteínas y aceite y, por lo tanto, un alimento con alto valor nutricional. La composición del grano es, en promedio, 36,5% de proteínas; 20% de lípidos; 30% de hidratos; 9% de fibra alimentaria; 8,5% de agua; y 5% de cenizas. Posee proteínas de alta calidad, en comparación con otros alimentos de origen vegetal. (Ridner, 2006).

2.2.3. Beneficios potenciales de la Soya para la Salud.

La proteína de la soya tiene importantes beneficios para la salud:

- **Función Renal.** A través de distintos estudios se avala la utilidad de la proteína de soya, por ejemplo, en la función renal. Esta proteína no aumenta la velocidad de filtrado ni flujo sanguíneo renal. Los alimentos a base de soya resultan beneficiosos para diabéticos, ya que en comparación con las proteínas de origen animal aportan valores mucho más bajos y disminuyen la carga renal

- **Proteína de soya y lípidos sanguíneos.** Investigadores publicaron un meta análisis de 38 investigaciones en el que se habían estudiado a 743 pacientes. En él se comprobó que, en 34 de esos estudios, se comprobó que la proteína de soya disminuía el colesterol total un 9,3%; el LDL-C un 12 %; el VLDL-C un 2,6%; el TG un 10,6%; y que aumentaba el HDL-C en un 2,4%, con una ingesta de 47 gramos por día de proteínas de soya. Estos resultados, permitieron que, en el año 1999, la FDA aprobara el Health Claim en relación a las propiedades saludables de la proteína de soya. Un año después se sumó la AHA (American Heart Association). Tanta fue su aceptación que, en 2002, la Joint Claims Initiative (JHCI) del Reino Unido recomendó la proteína de soya para integrarla a la alimentación de pacientes dislipidémicos.

Además de minimizar las cardiopatías, las proteínas de la soya funcionan como:

- Antioxidante (sobre el LDL-C).

- Antitrombótica (Ridner, 2006).

- Antiinflamatoria de los vasos sanguíneos, junto con las isoflavonas de la soya, disminuyendo así la formación de la placa de ateroma. (Ridner, 2006).

2.2.4. Aplicaciones actuales de la soya.

Actualmente se pueden encontrar los siguientes derivados de soya:

2.2.4.1. Productos oleaginosos.

a) Aceite de soya refinado

Usos alimenticios: diferentes subproductos como la mayonesa, la margarina aceites de cocina, crema para café, etc. También se utiliza en la elaboración de productos farmacéuticos. **Usos técnicos:** en la industria se lo utiliza como anticorrosivos, combustible ecológico, desinfectantes, fondo de linóleo, pinturas, funguicidas y pesticidas, jabones, champús, detergentes, entre otros destinos, etc. (Ridner, 2006).

b) Lecitina de soya

Uso alimenticio: en emulsiones, productos panificados, dulces, chocolates y productos medicinales. **Usos técnicos:** como productos de limpieza y pigmentos para pinturas, tintas, cosméticos y caucho. (Ridner, 2006).

2.2.4.2. Productos integrales.

En golosinas, confituras, bebidas de soya líquida, panificados, dulces, postres, galletitas, y en productos dietéticos, entre otros. . (Ridner, 2006).

2.2.4.3. Productos proteínicos.

a) Concentrados y extractos de harina de soya

Usos alimenticios: Pastas, cervezas, ingredientes para panificación, productos dietéticos, o no convencionales como “leche hipoalergénica”, embutidos, etc. **Usos técnicos:** Pegamentos, reactivos para análisis de laboratorio, pintura a base de agua, plásticos, pesticidas, funguicidas, textiles y productos de limpieza. (Ridner, 2006).

b) Harina de soya

Usos en alimentos balanceados para animales. (Ridner, 2006).

2.2.4.4. Cáscara.

Se incorpora en alimentos balanceados para ganado lechero, material para filtros, y en la elaboración de pan integral. (Ridner, 2006).



Figura 2. Semillas de Soya Glycine Max.

2.3. Aspectos Generales sobre el pan de molde.

2.3.1. Definición.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), pan de molde es el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos. (De la Cruz, 2009).

2.3.2. Clasificación.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), según el grado de extracción de la harina utilizada, el pan de molde se clasificará en:

- PAN INTEGRAL: Es el pan de molde elaborado con harina integral.
- PAN BLANCO: Es el pan de molde elaborado con harina, con un máximo de 82% de extracción.
- PAN CORRIENTE: Es el pan de molde elaborado con harina de más de 82% hasta 86% de extracción.
- PAN TOSTADO DE MOLDE: Es el producto que como producto anterior tiene el pan de molde y que ha sido tostado (o secado) bajo condiciones controladas. (De la Cruz, 2009).

2.3.3. Métodos de elaboración del pan de molde.

Los principales métodos de elaboración actualmente son:

- Método de masa directa, en este método todo los componentes de la masa son mezclados y combinados en una sola etapa. En el mezclado se trata de obtener una masa suave con un óptimo de elasticidad. La masa se fermenta

por 2 a 4 horas y ocasionalmente se realiza el "punch" durante este periodo. (De la Cruz, 2009).

- Método de esponja, en este método el volumen de harina a utilizar es dividido en dos partes: una de ellas es mezclada con levadura y agua, dejándole fermentar cierto tiempo, a esta masa se le llama "esponja", la cual se mezcla con la otra cantidad de harina y los otros ingredientes (masa).

La cantidad de harina a utilizar en la "esponja" y en la masa está regulada por el tipo de harina y el tipo de producto a elaborar. (De la Cruz, 2009).

2.4. Uso de metodología de superficie de respuesta.

Uno de los problemas más comunes que un investigador puede enfrentar en una determinación de influencia de una o más variables (factores o variables independientes) sobre una u otra variable de interés (respuesta o variable dependiente).

Esquemáticamente, puede ser representado como en la figura 3, donde el número de factores, F_1, F_2, \dots, F_k , que actúan sobre el sistema en estudio, produce las respuestas R_1, R_2, \dots, R_j . El sistema es considerado como una función que actúa sobre las variables de entrada (factores) y produce como salida de respuestas observadas. El objetivo de aquellos que realizan experimentos es descubrir esta función, o al menos obtener una aproximación satisfactoria para ella.

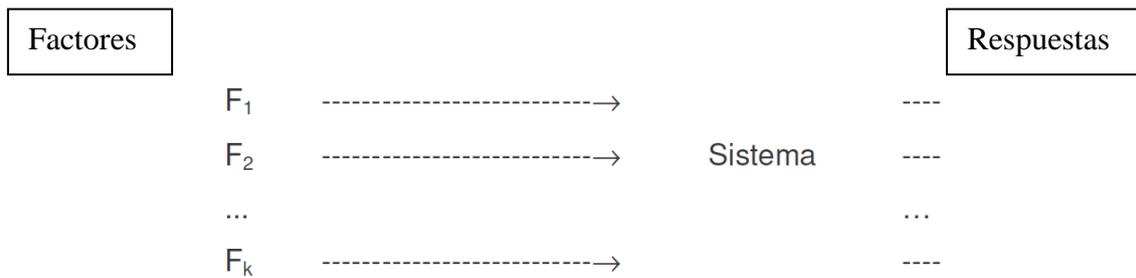


Figura 3. Esquema de un sistema en estudio.

Los planeamientos experimentales están basados en principios estadísticos que posibilitan obtener la mayor cantidad posible de información sobre el sistema en estudio a través de la realización de un número mínimo de experimentos.

La metodología de Superficie de Respuesta (RSM) es una técnica de optimización basado en el uso de planeamientos experimentales factoriales. (Vernaza, 2007).

2.4.1. Diseño Compuesto Central Rotacional.

La elección del planeamiento adecuado dependerá del número de variables independientes involucradas en el estudio, la disponibilidad de la materia prima, la viabilidad del número de pruebas que se pueden alcanzar y el costo en el proceso de estudio. No obstante hay un número mínimo de ensayos que deben realizarse de acuerdo a los factores a estudiar, para que la discusión, los resultados y la interpretación no se vean comprometidos. En esta óptica, los planeamientos factoriales completas y fraccionadas deben seguir estrategias secuenciales para lograr el objetivo deseado. **(Rodríguez, 2005)**

El número de planeamientos experimentales depende principalmente del número de variables independientes que serán estudiadas inicialmente.

En caso de 2 o 3 variables independientes se recomienda realizar un diseño compuesto central rotacional (DCCR). **(Rodríguez, 2005)**

El procesamiento de los datos obtenidos se realiza en el programa STATISTICA Statsoft. **(Rodríguez, 2005)**

Un diseño compuesto central rotacional o factorial completo está conformado por formulaciones con condiciones factoriales, axiales y con condición de punto central (repeticiones). **(Rodríguez, 2005)**

La utilización de un DCCR tiene las siguientes ventajas:

- Permite determinar los efectos positivos y negativos de las variables independientes en las variables respuestas.
- Menos formulaciones a diferencia de otros métodos tradicionales (Ejemplo: Un factor a la vez, combinación de factores).
- Optimización de procesos y productos.
- Menos costo y menos tiempo. **(Rodríguez, 2005)**

2.4.2. Etapas para la optimización de un proceso.

a. Definir claramente cuáles son los objetivos a ser alcanzados con los experimentos.

-Realizar reuniones para analizar profundamente el proceso en estudio.

-Verificar las restricciones del proceso.

-Definir las variables independientes del estudio y respuestas de interés a ser analizadas.

b. Elaborar un procedimiento experimental considerando las variables independientes definidas.

Cuando el número de variables independientes es igual a 2 o 3, un factorial completo debe ser aplicado.

- c. Realizar los experimentos para obtener las respuestas.
- d. Calcular los efectos de las variables, los errores y analizar estadísticamente.
- e. Elaborar los modelos predictivos de las respuestas en función de las variables independientes.
- f. Realizar el ANOVA para verificar la calidad de ajuste del modelo. Calcular las respuestas a través del modelo ajustado y los desvíos entre la respuesta experimental y la estimada por el modelo.
- g. Generar superficies de respuestas y curvas de contorno para análisis y definición de rangos óptimos operacionales de cada variable del proceso.
- h. Validar experimentalmente los resultados realizando ensayos en condiciones optimizadas. **(Rodríguez, 2005)**

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Lugar de Ejecución.

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes ambientes:

- Laboratorio de Investigación y desarrollo de productos agroindustriales de la Escuela de Agroindustria – Universidad Nacional del Santa.
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la Escuela de Agroindustria-Universidad Nacional del Santa.
- Instalaciones del Área de panificación de la Planta Piloto Agroindustrial-Universidad Nacional del Santa.
- Corporación de laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales (COLECBI S.A.C.).

3.2. Materia Prima e Insumos.

3.2.1. Materias Primas.

Para la producción de pan de molde, fueron utilizadas las siguientes materias primas:

- Harina de trigo.
- Harina de alcachofa.
- Harina de soya.

3.2.2. Insumos.

Para la producción de pan de molde, se utilizó los siguientes insumos:

- Azúcar Rubia.

- Manteca.
- Huevos.
- Leche en polvo.
- Levadura seca.
- Sal.

3.2.3. Equipos e instrumentos, reactivos y otros materiales.

Fueron necesarios para la realización de este trabajo de investigación, los siguientes equipos e instrumentos, materiales y reactivos:

3.2.3.1. Equipos e Instrumentos.

- Alveógrafo de CHOPIN.
- Amasadora o sobadora marca NOVA, modelo K23, capacidad 40Kg.
- Balanza analítica marca ADAM, modelo PW-254.
- Cámara de fermentación marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-400.
- Digestor de proteínas.
- Estufa marca Blue-M, modelo SW-17TC-1.
- Horno rotatorio por convención marca NOVA, modelo MAX 1000.
- Mufla marca Thermolyne.
- Rebanadora o cortadora de pan marca NOVA, modelo ESTANDAR.
- Set para la extracción de grasa Soxhlet.

3.2.3.2. Reactivos.

- Ácido sulfúrico concentrado y estandarizado a 0.1N.
- Fenolftaleína.

- Rojo de metilo.
- Solución de hidróxido de sodio (0.1N y 0.01N).
- Sulfato de cobre anhidro (CuSO₄).
- Sulfato de potasio anhidro (K₂PO₄).

3.2.3.3. Otros materiales.

- Bolsas de polipropileno litografiadas.
- Cuchillos
- Jarras plásticas.
- Materiales de vidrio y porcelana: Probetas, placas petri, vasos de precipitación, tubos de ensayo, matraces Erlenmeyer, mortero y pilón.
- Material para prueba sensorial: cabinas de degustación, formatos, lapiceros, vasos y platos descartables.
- Mesa de acero inoxidable:
Largo x ancho x altura =2.5 m x 1.0m x 1.5m.
- Moldes de pan:
Largo x ancho x altura =29.4 cm x 10.5 cm x 9.9 cm.
- Pinzas de metal.

3.3. Métodos.

3.3.1. Caracterización de las materias primas.

3.3.1.1. Caracterización de la harina de trigo.

La harina de trigo fue caracterizada por las siguientes propiedades.

3.3.1.1.1. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina fueron realizadas por los métodos N°44-15A de la AACC (1995), N°920.87 de

la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos fueron determinados por diferencia. Las pruebas fueron realizadas por triplicado.

3.3.1.1.2. Colorimetría.

Para determinar el color de la harina de trigo se utilizó el colorímetro (marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L*luminosidad (negro 0/ Blanco 100), a*(verde-/ rojo+) y b*(azul-/ amarillo +). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

3.3.1.2. Caracterización de la harina de soya.

La harina de soya fue caracterizada por las siguientes propiedades.

3.3.1.2.1. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina fueron realizadas por los métodos N°44-15A de la AACC (1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos fueron determinados por diferencia. Las pruebas fueron realizadas por triplicado.

3.3.1.2.2. Colorimetría.

Para determinar el color de la harina de trigo se utilizó el colorímetro (marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L*luminosidad (negro 0/ Blanco 100), a*(verde-/ rojo+) y b*(azul-/ amarillo +). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

3.3.1.2.3. Fibra.

La determinación de fibra fue realizada según el método NMX-F-090 (1978).

3.3.1.3. Caracterización de la harina de alcachofa.

La harina de alcachofa fue caracterizada por las siguientes propiedades.

3.3.1.3.1. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la chía fueron realizadas por los métodos N°44-15A de la AACC (1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos fueron determinados por diferencia. Las pruebas fueron realizadas por triplicado.

3.3.1.3.2. Colorimetría.

Para determinar el color de la harina de trigo fue utilizado el colorímetro (marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L*luminosidad (negro 0/ Blanco 100), a*(verde-/ rojo+) y b*(azul-/ amarillo +). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según Minolta (1993).

3.3.1.3.3. Fibra.

La determinación de fibra fue realizada según el método NMX-F-090 (1978).

3.4. Producción de Pan de molde.

3.4.1. Formulación.

La formulación para la elaboración del pan de molde que se utilizó está representada en la tabla 2.

Tabla 2. Formulación estándar para la producción de pan de molde.

INGREDIENTES	CANTIDAD (%)
Harina de trigo*	100
Agua	50
Azúcar rubia	8
Yemas de huevo	6
Manteca	5
Leche en polvo	4
Levadura seca instantánea	2
Sal	2

3.4.2. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado para la siguiente investigación fue el Diseño Compuesto Central Rotacional o diseño factorial 2^2 , donde las variables independientes son los niveles de harina de alcachofa y harina de soya (Tabla 3).

El diseño experimental que se muestra en la tabla 4 incluye un total de 11 ensayos, 4 ensayos en condiciones axiales, 4 ensayos en condiciones factoriales y 3 repeticiones del punto central.

Mediante el diseño estadístico, el procesamiento y análisis de los datos (programa STATISTICA Statsoft v 13.2) obtenidos se evaluó los efectos o influencias de las variables independientes sobre las variables dependientes (color instrumental, volumen específico, textura instrumental, color, aroma, textura, perfil de textura).

A través de las superficies de respuestas obtenidas para cada variable dependiente se seleccionó una región óptima (rango de harina de alcachofa y

rango de harina de soya) donde se obtendrá un pan con las mejores propiedades físico-químicas y organolépticas.

Tabla 3. Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2².

Variables Independientes	Niveles				
	- α	-1	0	+1	+ α
X1 : Harina de Alcachofa (%)	0	0.9	3	5.1	6
X2 : Harina de soya (%)	0	1.2	4	6.8	8

$\alpha=1.4142$

Tabla 4. Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto Rotacional 2².

Ensayo	Valores codificados		Valores reales	
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
1	-1	-1	0.9	1.2
2	-1	+1	0.9	6.9
3	+1	-1	5.1	1.2
4	+1	+1	5.1	6.8
5	- α	0	0	4
6	α	0	6	4
7	0	- α	3	0
8	0	α	3	8
9	0	0	3	4
10	0	0	3	4
11	0	0	3	4

X₁: Harina de alcachofa, X₂: Harina de soya

3.4.3. Procedimiento para elaboración de pan de molde.

El procedimiento para la elaboración de pan de molde esta descrito por las siguientes etapas:

A. Recepción.

Se recepcionó la materia prima (harina de trigo) y los insumos a usarse en la elaboración del pan de molde, pasando por los controles respectivos, verificando su fecha de producción y vencimiento.

B. Pesado.

En esta etapa se pesaron las materias primas e insumos según las formulaciones de cada ensayo. Operación que se realizó en una balanza. Esta operación permitió determinar la cantidad de materia prima que ingresa; además pudimos determinar el rendimiento final y cuanto se perdió en cada proceso.

C. Amasado y Sobado.

Para cada formulación los ingredientes fueron mezclados en una amasadora automática marca NOVA, modelo K23, capacidad de 40Kg; el tiempo de mezcla en velocidad lenta fue de 5 min y luego se procedió a monitorear el tiempo hasta que se produjo el desenvolvimiento del gluten (formación del punto liga o gluten) el cual indica que la masa esta lista.

D. Boleado y moldeado.

Previo al boleado la masa fue dividida en porciones de 650 gr. para tener una mayor superficie de contacto con la temperatura ambiente; luego se realizó el boleado de forma manual, apretando suavemente la porción de masa y dando un ligero movimiento de

rotación hacia dentro, hasta que se obtuvo una forma esférica y una superficie lisa; después se dejó la masa reposando por un período de 15min, se cortaron de forma elíptica y las porciones fueron puestas en el molde previamente untados de manteca.

E. Fermentación.

La masa luego fue mantenida en la cámara de fermentación (marca NOVA, modelo MAX 1000) en condiciones de 31°C y 69% de HR; el tiempo en cada ensayo dependió del comportamiento y desarrollo de la masa con respecto al molde; para lo cual hubo un monitoreo continuo. Se retiró la masa cuando alcanzó los $\frac{3}{4}$ del molde.

F. Horneado.

Las masas fueron colocadas en el horno (marca NOVA, modelo MAX 1000) a 140°C, por 45min.

G. Enfriado.

Los panes fueron sacados de sus moldes y colocados en fuentes secas y frías en una zona fresca, libre de contaminación.

H. Rebanado y embolsado.

Los panes de molde fueron rebanados en la cortadora o rebanadora (marca NOVA, modelo ESTÁNDAR) y luego embolsados en bolsas de polipropileno litografiadas.

I. Almacenamiento.

El almacenamiento se hizo en un ambiente limpio, fresco; a temperatura ambiente.

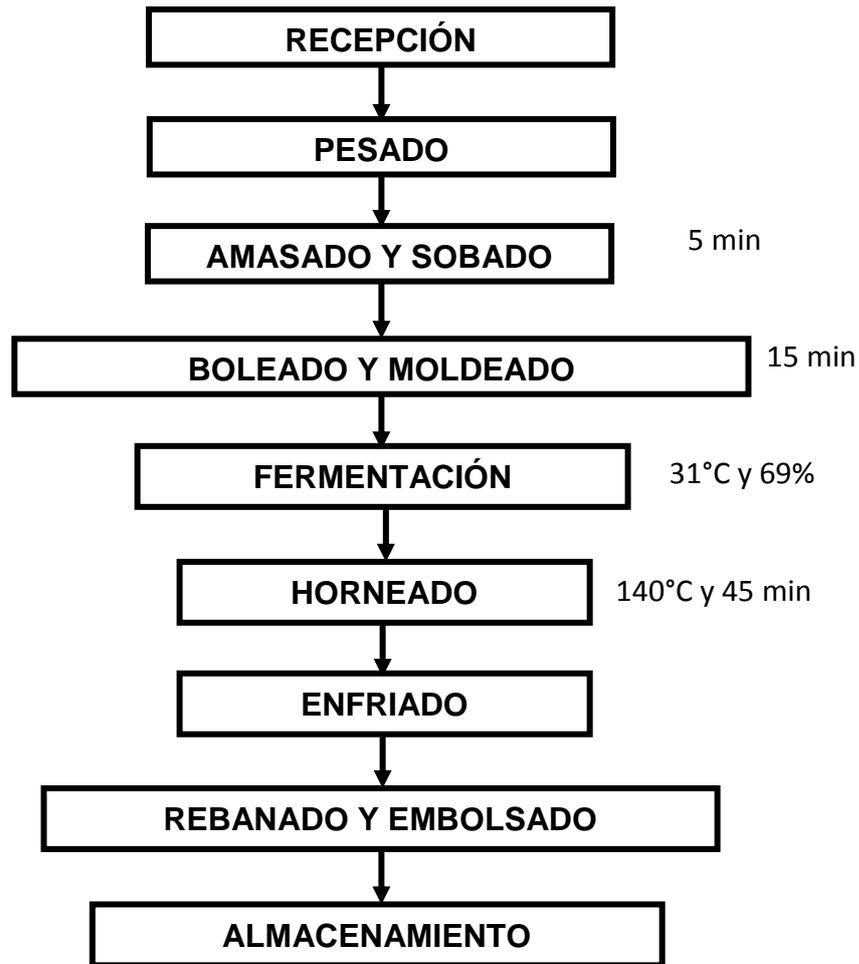


Figura 4. Diagrama de Flujo del proceso de elaboración

3.5. Evaluación de la calidad de los panes.

Los panes producidos fueron caracterizados a través de los siguientes análisis:

3.5.1. Volumen específico.

El volumen del producto se determinó por el método de desplazamiento de semillas de baja densidad (alpiste), una hora después del horneado. El recipiente utilizado fue de metal.

$$\text{Volumen específico} = \frac{\text{Volumen del pan}(ml)}{\text{Masa}(g)}$$

3.5.2. Color de la corteza y de la miga.

Para la determinación del color de la corteza y la miga de los panes fue utilizado el colorímetro (Marca. KONICA MINOLTA) siguiendo el sistema CIE-lab, determinándose los valores de L* luminosidad (Negro 0/Blanco 100), a* (verde-/rojo+) y b* (azul-/amarillo+). La cromacidad (C*) y el ángulo de tonalidad (h*), fue calculado según minolta (1993).

El color de la miga fue realizado en el centro de la rebanada de pan, por triplicado y el color de la corteza en la parte superior del pan, en el punto medio.

La cromacidad fue determinado utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Cromacidad (C*)} = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$$

El ángulo de tonalidad h fue determinado por:

$$h = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

3.5.3. Textura instrumental.

Para determinar la resistencia a la extensión se utilizó el extensógrafo Brabender.

3.5.4. Análisis sensorial.

Fue realizado el análisis sensorial de todas formulaciones de pan de molde incluyendo el pan patrón.

Los panes fueron evaluados por 30 panelistas no entrenados de ambos sexos y diferentes grupos de edad. Las características evaluadas fueron: color, aroma, textura, sabor e intención de compra.

Las muestras fueron codificadas con números de tres cifras. Por otro lado las fichas de evaluación sensorial fueron realizadas teniendo en cuenta una escala hedónica de 5 puntos (1=me disgusta mucho a 9=me gusta mucho). Los panelistas fueron cuestionados en cuanto a la intención de compra, en caso de que el producto estuviera en venta, en una escala de 5 puntos.

3.5.5. Análisis estadístico.

El programa estadística STATISTICA–STATSOFT en su versión 13.2 fue utilizado para determinar los efectos de las variables independientes en la variables respuestas, para calcular los coeficientes de regresión, el análisis de varianza (ANOVA) y construir las superficies de respuesta con nivel de significancia de 5% o 10% según sea el caso.

3.6. Evaluación de la mejor formulación de pan de molde.

La elección de la mejor formulación del Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2^2 aplicado, se realizó teniendo en cuenta principalmente que en el

análisis sensorial la formulación goce de la mayor aceptación e intención de compra, un volumen específico y un perfil de textura adecuado. A la formulación seleccionada como la mejor, conjunto con el patrón se le determinó los siguientes análisis:

3.6.1. Composición porcentual.

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la mejor formulación y el patrón fueron realizadas por los métodos N°44-15A de la AACC (1995), N°920.87 de la AOAC (1980) y 923.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos fueron determinados por diferencia. Las pruebas fueron realizadas por triplicado.

3.6.2. Fibra.

La determinación de fibra fue realizada según el método NMX-F-090(1978).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Caracterización de las harinas de trigo, soya y alcachofa.

4.1.1. Composición porcentual.

En la tabla 5 se presentan los datos de composición porcentual de las harinas de trigo, soya y alcachofa.

Tabla 5: Composición porcentual (%) de las harinas de trigo, soya y alcachofa.

Componentes %	Harina de trigo	Harina de soya	Harina de alcachofa
Humedad	13.0	7.80	8.82
Grasa	1.72	24.87	4.83
Cenizas	0.55	4.47	3.00
Proteína	12.03	6.75	6.20
Carbohidratos	70.50	56.11	77.15

4.1.1.1. Humedad.

La harina de trigo tuvo un contenido de humedad de 13.0%, encontrándose dentro de límite establecido por la **Norma Técnica Peruana 205.027 de INDECOPI (Febrero 1986) y CODEX Alimentarius 152-1985**, que determinan que la cantidad de humedad de la harina no debe exceder 15%, pues influencia en la conservación de la calidad, siendo uno de los factores de aceleración de reacciones químicas, enzimáticas y crecimiento de microorganismos.

Para el caso de las harinas sucedáneas presentan una marcada disminución respecto a la humedad. La alcachofa y soya obtuvieron valores de 8.82% y 7.80% respectivamente; encontrándose dentro del límite de 15% referido en la **Norma Técnica Peruana 205.040 de INDECOPI (1976 con revisión en el 2011)**.

4.1.1.2. Cenizas.

En el caso de las harinas en estudio, la harina de trigo presento un valor de cenizas de 0.60%; estando por debajo del 0.64% establecido como límite por la **Norma Técnica Peruana 205.027 de INDECOPI (Febrero 1986)**. Para las harinas de alcachofa y soya se tuvieron porcentajes de cenizas de 3% en la harina de alcachofa y 4.47% en la harina de soya; siendo menor límite de tolerancia de 5% mencionado en la **Norma Técnica Peruana 205.040 de INDECOPI (1976 con revisión en el 2011)**. La caracterización de cenizas en la harina de alcachofa fueron mayores al reportado por otros investigadores **(Márquez, 2008)**.

4.1.1.3. Proteínas.

Las harinas de alcachofa y soya presentaron un porcentaje de proteínas de 6.20% y 6.75% respectivamente; siendo inferiores al 12.03% presentado por la harina de trigo. Estos valores se ajustan dentro del rango de 5 a 7% para el contenido de proteínas de las fibras comerciales, según menciona **Guilavert (2008)**.

4.1.1.4. Grasa.

La harina de soya fue la materia prima que presento el mayor porcentaje de grasa con 24.87%; siendo muy superior a los valores de 1.72% y 4.83% presentados por la harina de trigo y la harina de alcachofa, respectivamente. Esta tendencia con respecto a la harina de alcachofa también fue reportado por Boubaker (2016).

4.1.2. Propiedades físicas.

4.1.2.1. Colorimetría.

Las medias de los parámetros de color L, a*, b*, C* y h° de las materias primas están presentados en la tabla 6.

Tabla 6. Valores medios de los parámetros de Luminosidad, a*, b* c* y h de las materias primas.

Materia Prima	Luminosidad (L*)	a*	b*	Cromacidad (C*)	Angulo de tonalidad (h°)
Harina de Trigo	99.2485	1.1569	14.4071	14.4534	85.4088
Harina de soya	93.917	-0.503	30.470	30.474	89.0534
Harina de alcachofa	77.507	0.710	24.460	24.470	88.3371

La harina de trigo presentó una coloración más clara (99.2485) con respecto a la harina de soya (93.917) y harina de alcachofa (77.507).

Con respecto a los valores de b^* de las harinas, todas tienen una tendencia al color amarillo. En cuanto al valor de a^* se tiene una ligera tendencia al color rojo en la harina de trigo y harina de alcachofa. Y para el caso de la harina de soya una tendencia al color verde.

Las harinas en su totalidad presentaron valores de ángulo de tonalidad entre 85 y 89 grados, indicando la tendencia al color amarillo.

La cromacidad o grado de pigmentación, que se encuentra en función a a^* y b^* ; también presento una tendencia a la tonalidad amarilla.

4.1.3. Fibra.

Se determinó el contenido de fibra obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7. Contenido de fibra (%)

Materia Prima	Fibra (%)
Harina de soya	42.82
Harina de alcachofa	57.23

Se realizó el análisis del contenido de fibra en harina de alcachofa y harina de soya cuyos resultados fueron 42.82% y 57.23%, respectivamente. Bouker (2016) reporto similar contenido de fibra en la harina de alcachofa. Además

señalo que los productos con contenido de fibras superior al 50% puede considerarse una rica fuente fibra.

4.2. Evaluación de calidad de los panes de molde.

4.2.1. Volumen específico.

Tabla 8: Volumen específico del pan de molde.

Ensayos	Harina de alcachofa	Harina de soya	Volumen Específico (ml/g)
1	-1	-1	4.981
2	-1	+1	4.291
3	+1	-1	4.387
4	+1	+1	3.591
5	-1.41	0	4.974
6	1.41	0	3.523
7	0	-1.41	4.746
8	0	1.41	4.037
9	0	0	4.421
10	0	0	4.704
11	0	0	4.501
Patrón	-	-	4.682

La **tabla 8** muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados y como valores reales; además de los resultados obtenidos de la variable en estudio.

Como se puede observar en la **tabla 8**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de volumen específico entre

3.523 (Formulación 6) y 4.981 (Formulación 1); valores mínimos y máximo respectivamente.

Las formulaciones o ensayos con condición de punto central (ensayos 9, 10 y 11), mostraron valores próximos (4.421 a 4.704 ml/g); lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes (**tabla 9**) y los efectos significativos para la variable en estudio (**figura 5**). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental o también llamado residuo); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de alcachofa (x_1) y Harina de soya (x_2).

Tabla 9: Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(7)	p-valor*
Media	4.54	0.08	57.58	<0.0001
x₁ (L)	-0.88	0.09	-9.16	0.0003
x₁ (Q)	-0.29	0.11	-2.59	0.0491
x₂ (L)	-0.57	0.09	-5.94	0.0019
x₂ (Q)	-0.15	0.11	-1.34	0.2375
x₁ x x₂	-0.05	0.14	-0.39	0.7140

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia ($p < 0.10$).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 10%, es decir que los términos que tuvieron una probabilidad menor a 0.10 serán significativos. Por lo tanto se concluye del análisis que los términos significativos (ver tabla 9 y figura 5) en el estudio de la variable Volumen Específico; fueron el término lineal de harina de alcachofa, el término lineal de harina de soya y el término cuadrático de harina de alcachofa.

El coeficiente de explicación (r^2); para el delineamiento experimental completo fue de **96.193%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. De la misma manera al excluir de la tabla 9, los términos que no fueron significativos ($p > 0.10$); el nuevo valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental es de **94.709%**. Lo que aun un buen ajuste de los datos experimentales en el modelo experimental; es

decir se puede considerar una óptima explicación de la variación total, por parte de la recta inherente a las 11 formulaciones.

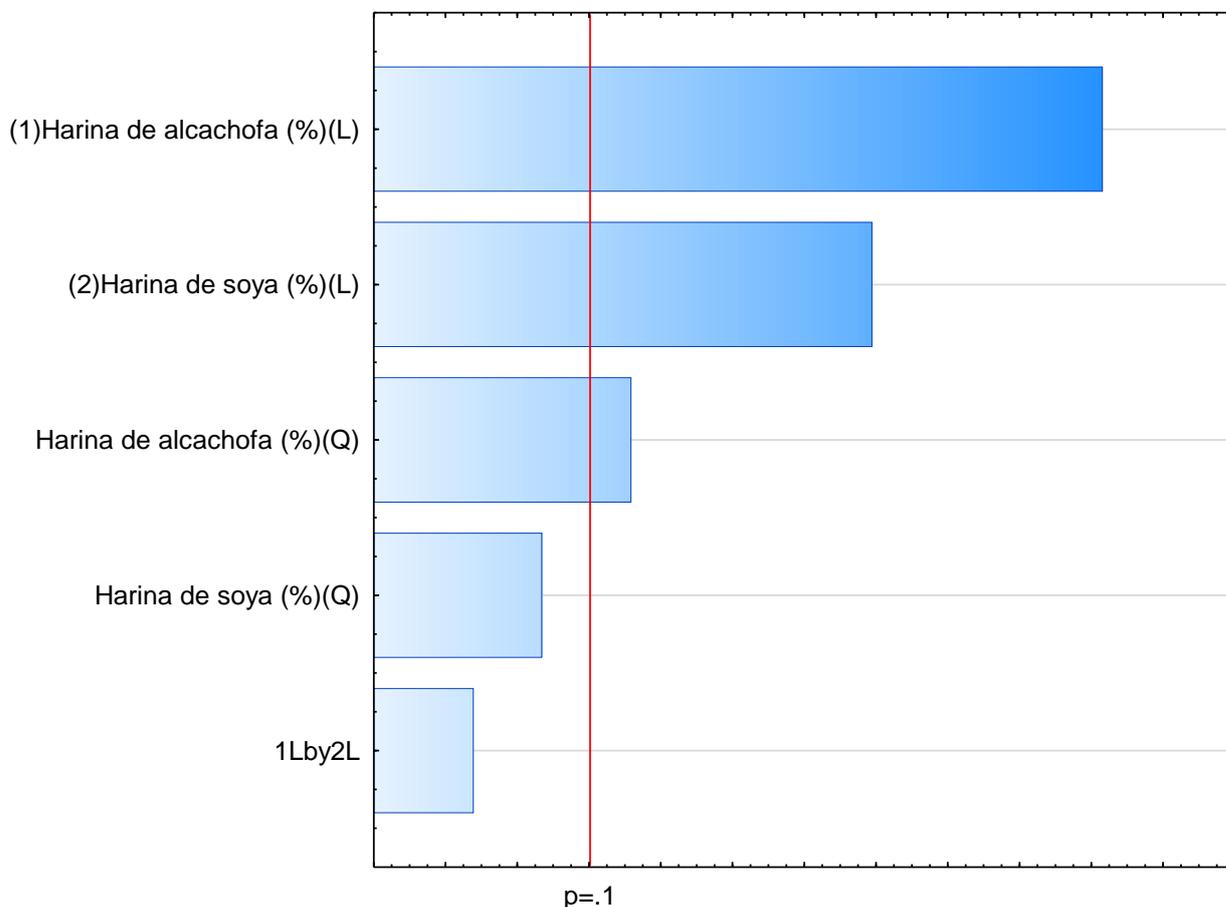


Figura 5: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.

La tabla 10 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta Volumen específico. Del cuadro se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal). Por lo tanto teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r^2 es adecuado; podemos concluir y construir un modelo ajustado codificado (**ecuación 1**) que relaciona

el Volumen específico en función de las concentraciones de harina de alcachofa y soya.

Tabla 10: Análisis de varianza para la respuesta Volumen específico del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 7;0.10)
Regresión	2.32	3	0.77		
Residuos	0.13	7	0.02	38.5	3.07
Total	2.45	10	0.25		

$$\text{Volumen específico} = 4.54 - 0.88x_1 - 0.29 x_1^2 - 0.57x_2 \dots(1)$$

Donde:

x_1 =Harina de alcachofa

x_2 =Harina de soya

Además es posible construir superficies de respuestas para el volumen específico, la cual se presenta en la **figura 6**.

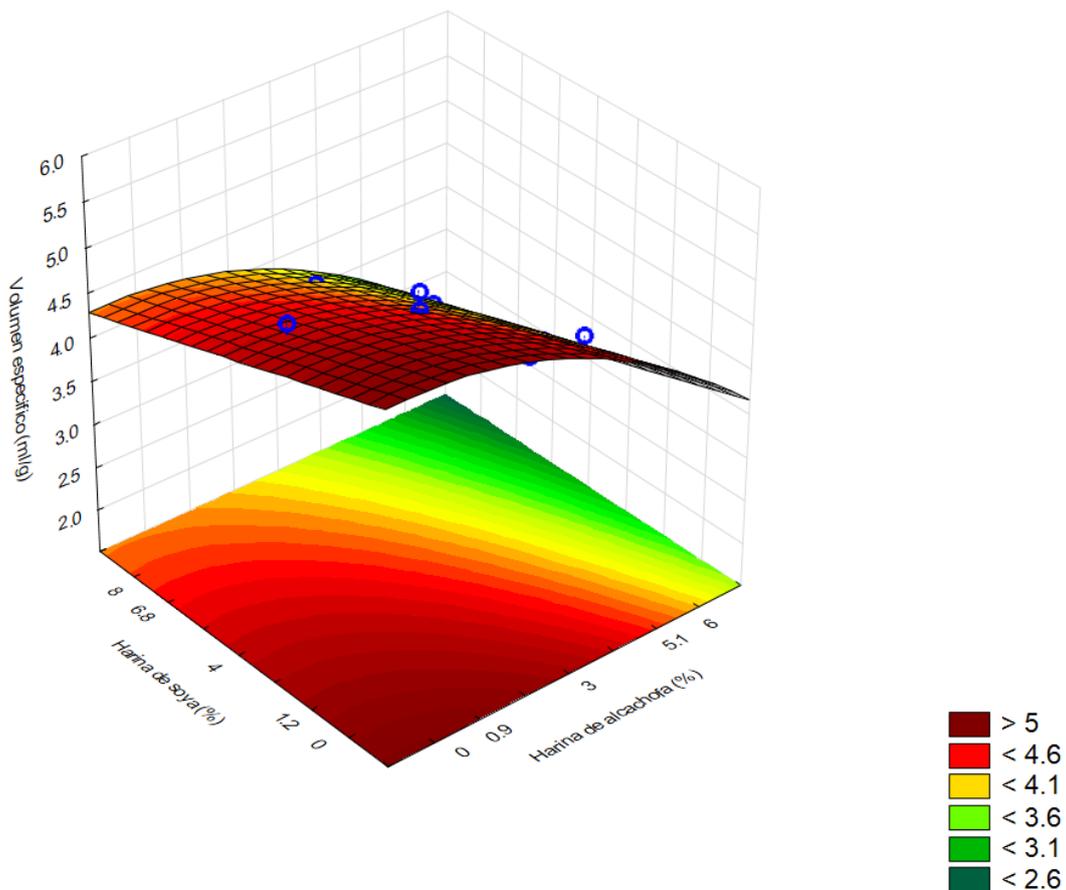


Figura 6. Superficies de respuesta para el volumen de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

Analizando la superficie de respuesta mostrada en la figura 6 podemos señalar que al adicionar harina de soya de 0 a 4% y harina de alcachofa de 0 a 3% se obtiene valores de volúmenes específicos mayores a 5 ml/g.

Según

El efecto de la disminución del volumen específico al aumentar las concentraciones de harina de soya y harina de alcachofa pudo ser visto en otras investigaciones.

Según Silva (2016), indica que al aumentar harina de soya en reemplazo de la harina de trigo, se disminuye el gluten, que es la proteína que da elasticidad y

expansibilidad al pan. Esto pudo ser verificado al haber realizado sustituciones de 5,10, 15 y 20%.

La incorporación de harina de soya integral provoco un descenso determinante del volumen y altura del pan, que se relacionó a su vez con una mayor firmeza de la miga (Ballat, 2014). Es así que teóricamente usando harina de soya al 5% se obtuvo un pan con volumen similar al pan de referencia.

Se mostró una buena correlación entre el volumen específico y la cantidad de harina de alcachofa adicionada. La formulación con ninguna fibra añadida y 3% de harina de alcachofa mostraron los más altos volúmenes específicos. Solo la formulación con sustitución parcial de 12% de harina de alcachofa muestra diferencias significativas con respecto a la formulación patrón. (Guilabert, 2008).

4.2.2. Color de la corteza de los panes de molde.

La tabla 11, presenta los valores obtenidos de luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de los panes de molde; de acuerdo con el planeamiento experimental.

Tabla 11: Color de la corteza de los panes de molde de acuerdo con el planeamiento experimental

Ensayos	Harina de alcachofa	Harina de soya	Luminosidad (L*)	Cromaticidad (C*)	Ángulo de Tonalidad (h°)
1	-1	-1	37.373	12.631	69.566
2	-1	+1	36.99	13.356	76.005
3	+1	-1	36.993	14.033	71.827
4	+1	+1	36.25	13.387	74.178
5	-1.41	0	35.48	14.604	69.923
6	1.41	0	36.537	14.174	74.225
7	0	-1.41	35.323	15.130	74.460
8	0	1.41	34.86	15.500	69.729
9	0	0	56.95	24.500	66.479
10	0	0	56.357	24.549	65.791
11	0	0	57.307	27.732	65.607
Patrón	-	-	62.333	30.997	68.467

4.2.2.1. Luminosidad de la corteza de los panes de molde.

Los valores de luminosidad de los panes de molde presentaron una tendencia al color blanco (tabla 11).

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron valores muy cercanos, lo que representa la buena repetitividad del proceso realizado.

La tabla 12 muestra a los términos cuadráticos de harina de alcachofa y harina de soya como términos significativos (valores de $p < 0.05$). La significancia de los términos en estudio también se representa en la figura 6.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **99.466%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir del modelo los términos que no fueron significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **99.419%**. Lo que indica un buen ajuste del delineamiento experimental; es decir se puede considerar una óptima explicación de la variación total, por parte de la recta inherente a las 11 formulaciones.

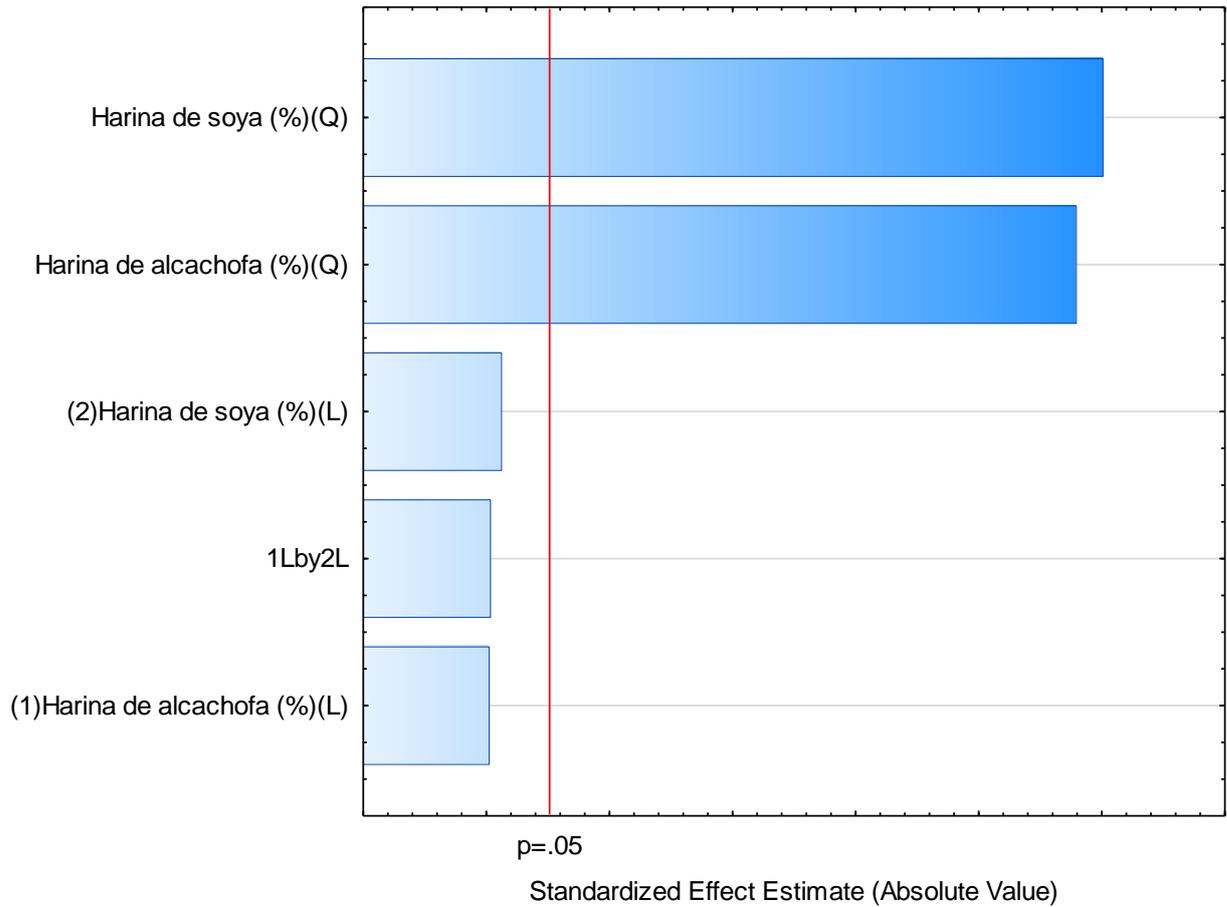
Tabla 12: Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la corteza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	56.87	0.58	98.51	<0.0001
x₁ (L)	0.09	0.71	0.13	0.9013
x₁ (Q)	-20.19	0.84	-23.98	<0.0001
x₂ (L)	-0.44	0.71	-0.63	0.5579
x₂ (Q)	-21.10	0.84	-25.08	<0.0001
x₁ x x₂	-0.18	0.99	-0.18	0.8642

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

La tabla 13 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta luminosidad del pan de molde. De la tabla se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal). Por lo tanto teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r² es adecuado; podemos concluir y construir una ecuación de modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros estadísticamente significativos (**ecuación 3**) que relaciona la luminosidad en función de las harinas de alcachofa y soya.



**Figura 7: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta
luminosidad de la corteza**

**Tabla 13. Análisis de varianza para la respuesta Luminosidad de la
corteza del pan de molde**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.05)
Regresión	930.82	2	465.41		
Residuos	5.44	8	0.68	684.43	4.46
Total	936.26	10	93.626		

$$\text{Luminosidad de corteza} = 56.87 - 20.19 x_1^2 - 21.10 x_2^2 \dots(2)$$

Donde:

x_1 =Harina de alcachofa

x_2 =Harina de soya

La figura 8 muestra la superficie de respuesta obtenida para la luminosidad de la corteza del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la maximización de la luminosidad de la corteza, se puede calcular los valores de harina de alcachofa y harina de soya que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener el valor más alto de este parámetro. Por lo cual se deriva la ecuación (2).

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = 40.38x_1 = 0$$

$$x_1 = 0$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = 42.2x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Dado que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados se obtuvieron los valores reales de la tabla de Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2 .

Por tanto para el valor codificado de $x_1 = 0$, se obtiene como valor real $a=3\%$ de harina de alcachofa. Y para el caso del valor codificado $x_2=0$; se obtiene 4% de harina de soya. Es decir las concentraciones para obtener el máximo valor de luminosidad de corteza en los panes de molde será cuando se adicione 3% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya.

En el estudio realizado por Ballat, 2014; se destaca que aunque la formulación con un 5% de soya presentó valores de a^* más elevados tanto en la miga como en la corteza, presentó una luminosidad en la corteza muy parecida a la del pan de 100% trigo.

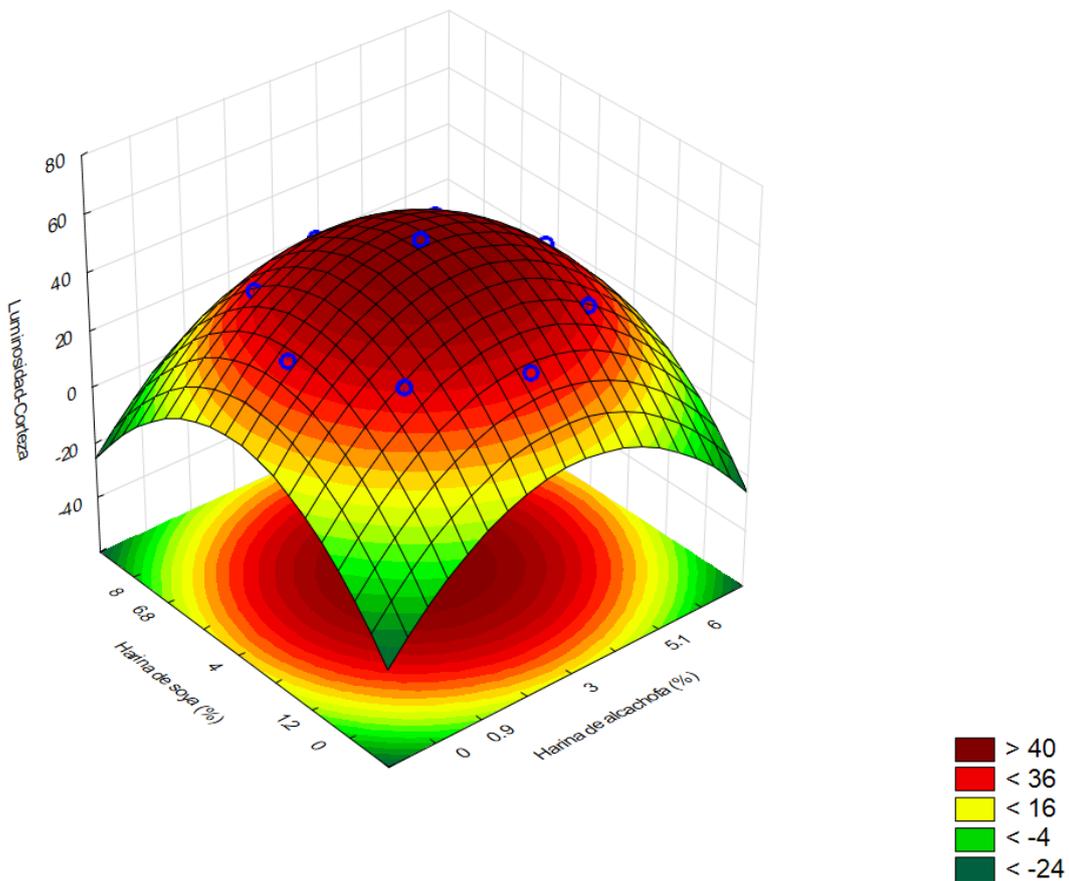


Figura 8. Superficies de respuesta para la luminosidad de la corteza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

4.2.2.2. Cromacidad de la corteza de los panes de molde.

La **tabla 11** muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable cromacidad de la corteza del pan de molde.

Como se puede observar en la **tabla 11**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de cromacidad de la corteza entre 12.631 (Formulación 1) y 27.732 (Formulación 11); valores mínimos y máximo respectivamente.

Al procesar los datos obtenidos del diseño experimental se obtiene los valores de probabilidad mostrados en la **Tabla 14**. En dicha tabla se observa que solo los términos cuadráticos de harina de alcachofa y harina de soya fueron altamente significativos. Esto también se observa en la figura 9.

Tabla 14: Coeficientes de regresión para respuesta de cromacidad de la corteza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	25.97	0.81	31.96	<0.0001
x₁ (L)	-0.13	0.99	-0.13	0.8994
x₁ (Q)	-12.33	1.18	-10.41	0.0001
x₂ (L)	0.49	0.99	0.49	0.6439
x₂ (Q)	-11.41	1.18	-9.63	0.0002
x₁ x x₂	-0.69	1.41	-0.49	0.6468

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

Además el valor del coeficiente de determinación fue 96.897%, indicando el buen ajuste del modelo experimental. De otro lado el modelo sigue manteniendo esta condición cuando se ignora los términos que no fueron significativos (96.589%).

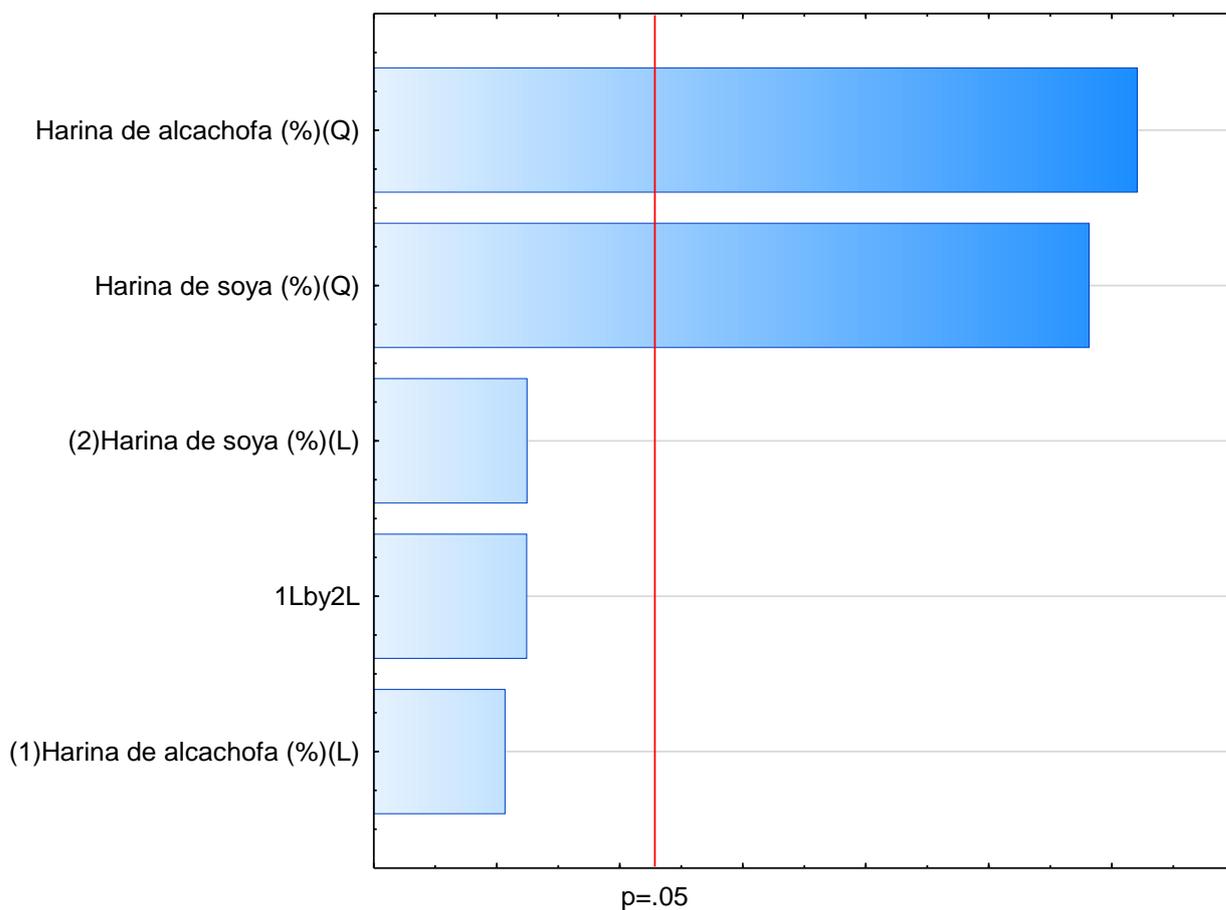


Figura 9: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la corteza.

Tabla 15. Análisis de varianza para la respuesta Cromacidad de la corteza del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.05)
Regresión	308.22	2	154.11		
Residuos	10.89	8	1.36	113.32	4.46

Total	319.11	10	31.91
--------------	--------	----	-------

La tabla 15 muestra el análisis de varianza del modelo experimental para la variable dependiente cromacidad de la corteza. En la tabla se observa que el valor de $F_{calculado}$ es mayor $F_{tabulado}$.

Por lo tanto al tener el coeficiente de determinación aceptable y el $F_{calculado}$ mayor al $F_{tabulado}$ para el modelo experimental, se puede concluir en la ecuación de modelo ajustado predictiva para la respuesta cromacidad de la corteza del pan de molde que se presenta a continuación:

$$\text{Cromacidad de corteza} = 25.97 - 12.33 x_1^2 - 11.41 x_2^2 \dots(3)$$

Donde:

x_1 =Harina de alcachofa

x_2 =Harina de soya

La figura 10 muestra la superficie de respuesta obtenida para la variable cromacidad del corteza. Dado que la superficie de respuesta representa la maximización de la cromacidad de la corteza, se puede calcular los valores de harina de alcachofa y harina de soya que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener el valor más alto de este parámetro. Por lo cual se deriva la ecuación (3).

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = 24.66x_1 = 0$$

$$x_1 = 0$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = 22.82x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Dado que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados se obtuvieron los valores reales de la tabla de Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2².

Por tanto para el valor codificado de $x_1 = 0$, se obtiene como valor real a=3% de harina de alcachofa. Y para el caso del valor codificado $x_2=0$; se obtiene 4% de harina de soya. Es decir las concentraciones para obtener el máximo valor de cromacidad de corteza en los panes de molde será cuando se adicione 3% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya.

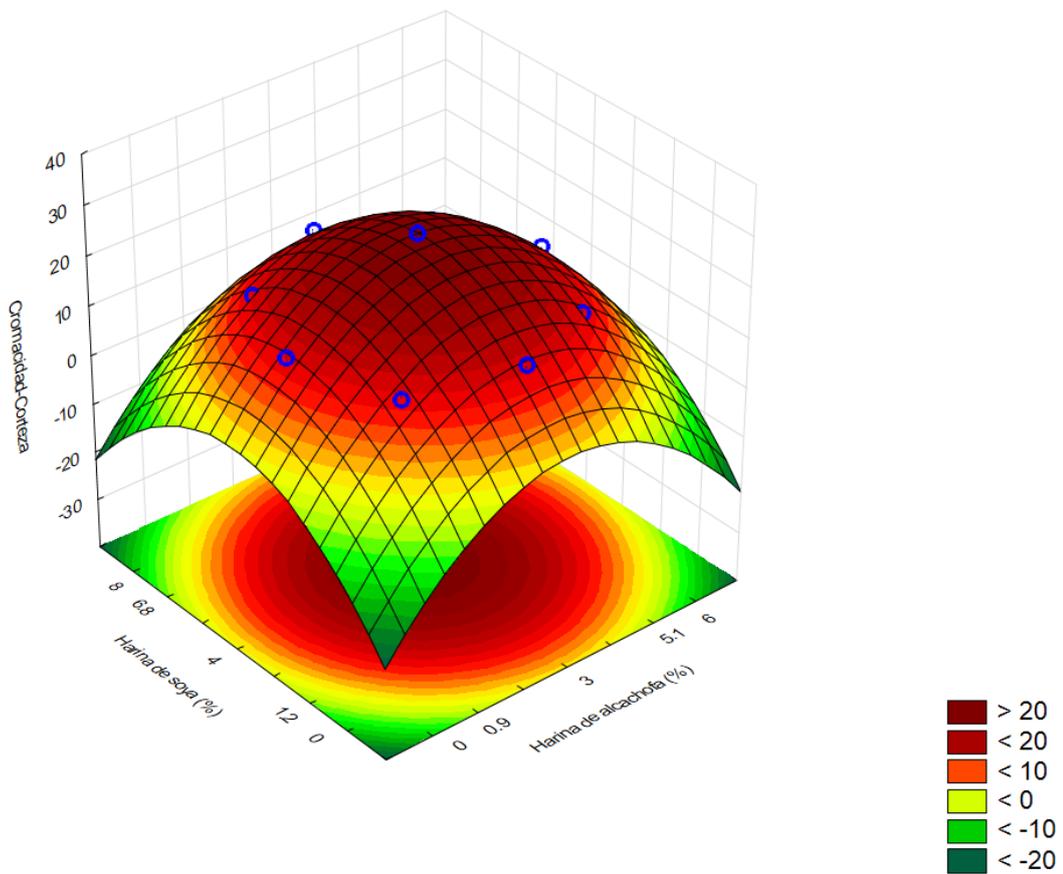


Figura 10. Superficies de respuesta para la cromacidad de la corteza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

4.2.2.3. Ángulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde.

De forma general los valores reportados en la tabla 11 para el ángulo de tonalidad de la corteza del pan de molde presentan un rango de 65.607 (Formulación 11) y 76.005 (Formulación 2).

Los puntos centrales y/o repeticiones presentan valores muy próximos, esto indica la buena ejecución de los ensayos del diseño experimental.

Los valores de probabilidad de significancia obtenidos del procesamiento de los datos recopilados para la respuesta ángulo de tonalidad en el programa STATISTICA STATSOFT se muestran en la tabla 16. Aquí se identifica a los términos cuadráticos de harina de alcachofa y harina de soya como altamente significativos; y al término lineal de harina de alcachofa como significativo.

Tabla 16. Coeficientes de regresión para respuesta de ángulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	65.96	0.77	85.18	<0.0001
x₁ (L)	3.72	0.95	3.92	0.0112
x₁ (Q)	6.52	1.13	5.78	0.0022
x₂ (L)	-1.56	0.95	-1.65	0.1600
x₂ (Q)	6.54	1.13	5.79	0.0022
x₁ x x₂	-2.04	1.34	-1.52	0.1880

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El coeficiente de determinación para el modelo completo en el estudio de la respuesta ángulo de tonalidad fue de 93.518%. Dicho coeficiente de determinación se vio disminuido hasta un valor de 86.981%, debido a que se excluyeron aquellos términos que no fueron significativos.

El valor obtenido representa un buen ajuste del modelo.

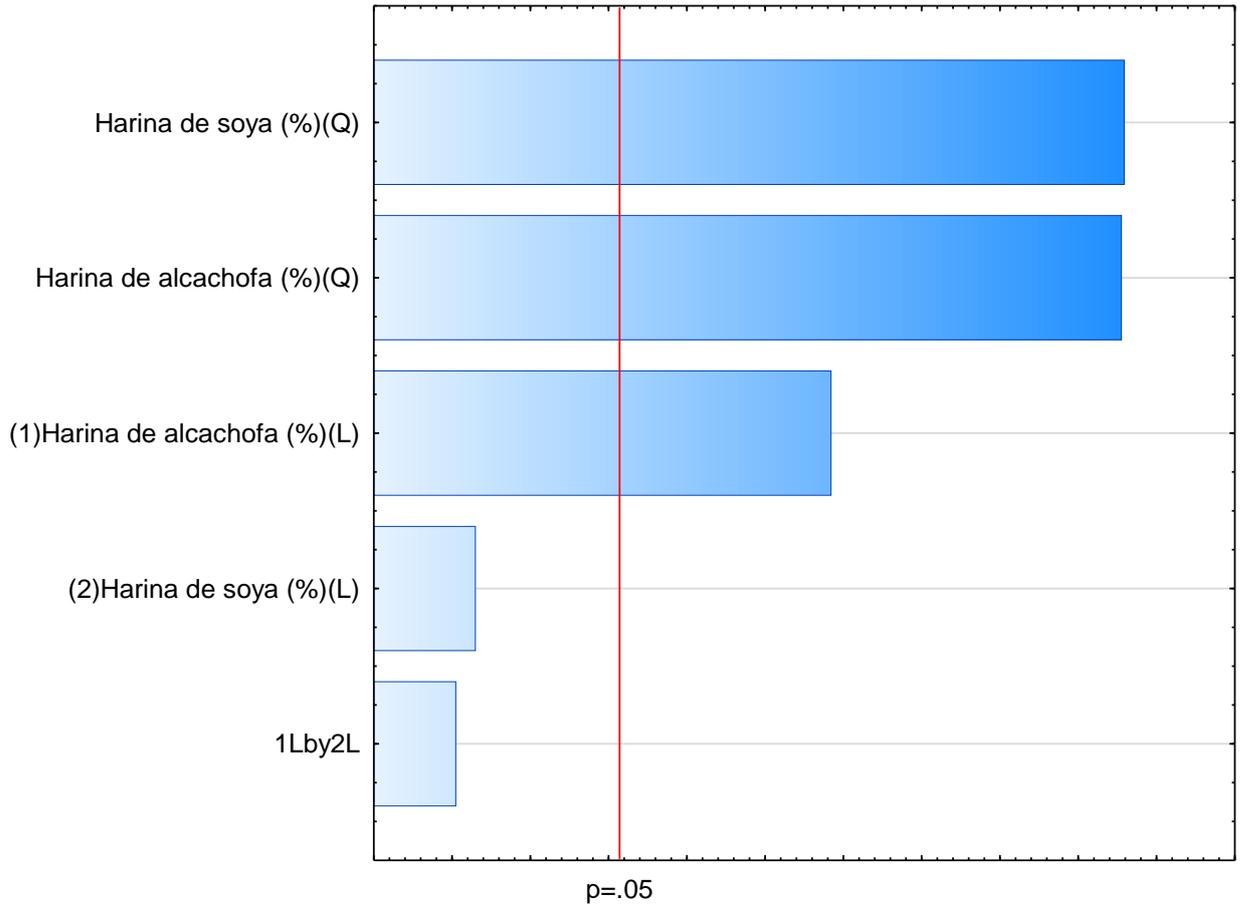


Figura 11: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta ángulo de tonalidad de la corteza.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 17, se observa que el modelo que describe la respuesta ángulo de tonalidad de la corteza en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y el valor de $F_{calculado}$ es mayor $F_{tabulado}$ permitiendo la construcción de una ecuación del modelo; además de una superficie de respuesta.

Tabla 17. Análisis de varianza para la respuesta Ángulo de tonalidad de la corteza del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 7;0.05)
Regresión	120.69	3	40.23		
Residuos	18.07	7	2.58	15.59	4.35
Total	138.76	10	13.88		

La ecuación del modelo ajustado para la variable respuesta ángulo de tonalidad de la corteza en función de la harina de alcachofa y la harina de soya se presenta a continuación:

$$\text{Ángulo de tonalidad} = 65.96 + 3.72 x_1 + 6.52x_1^2 + 6.54x_2^2 \dots(4)$$

Donde:

x_1 =Harina de alcachofa

x_2 =Harina de soya

La figura 12 muestra la superficie de respuesta obtenida para la variable ángulo de tonalidad de la corteza. Dado que la superficie de respuesta representa la minimización de la cromacidad de la corteza, se puede calcular los valores de harina de alcachofa y harina de soya que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener el valor más bajo de este parámetro. Por lo cual se deriva la ecuación (4).

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = 3.72 + 7.04x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.53$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = 13.08x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Dado que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados se obtuvieron los valores reales de la tabla de Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2².

Por tanto para el valor codificado de $x_1 = -0.53$, se obtiene como valor real a= 1.9% de harina de alcachofa. Y para el caso del valor codificado $x_2=0$; se obtiene 4% de harina de soya. Es decir las concentraciones para obtener el máximo valor de cromacidad de corteza en los panes de molde será cuando se adicione 3% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya.

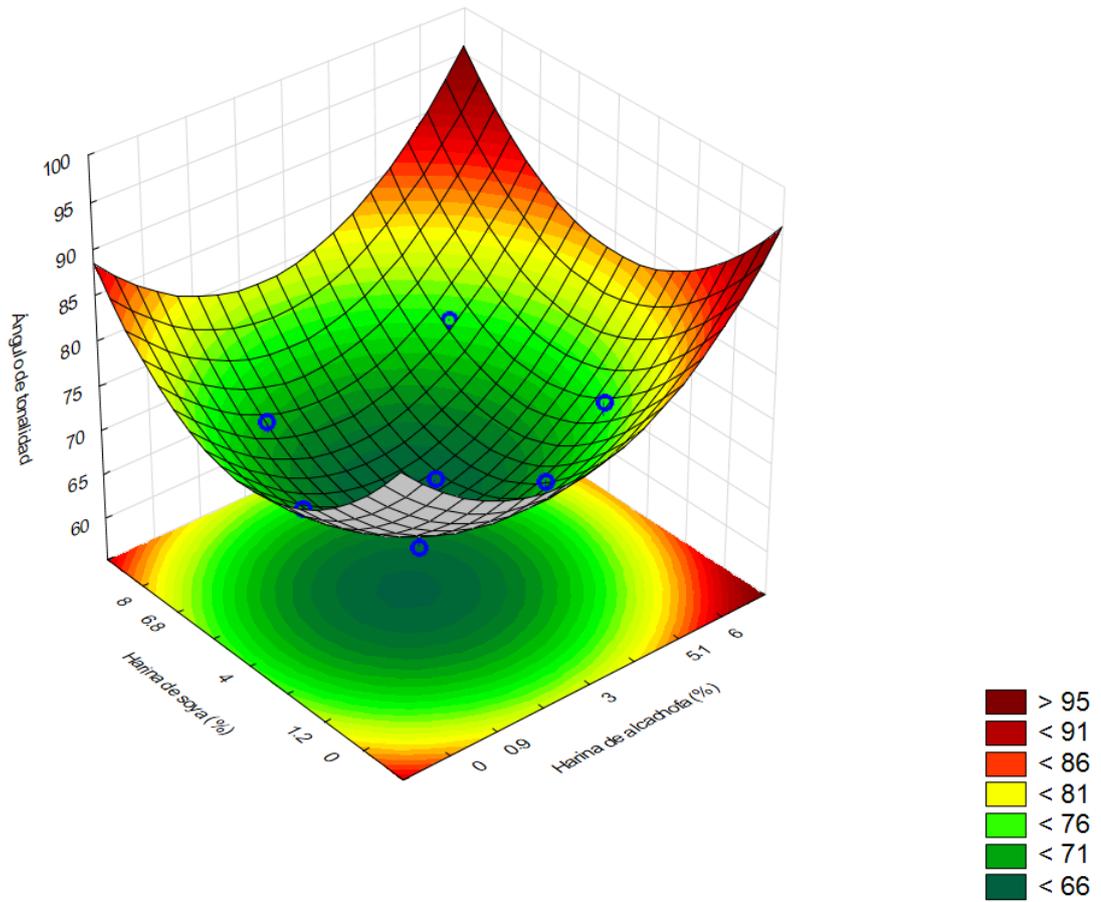


Figura 12. Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la corteza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soja (%).

4.2.3. Color de la miga de los panes de molde.

La tabla 18, presenta los valores obtenidos de luminosidad, cromacidad y ángulo de tonalidad de la miga panes de molde; de acuerdo con el planeamiento experimental.

Tabla 18: Color de la miga de los panes de molde de acuerdo con el planeamiento experimental

Ensayos	Harina de alcachofa	Harina de soya	Luminosidad (L*)	Cromacidad (C*)	Ángulo de Tonalidad (h°)
1	-1	-1	45.243	7.398	80.037
2	-1	+1	34.297	9.448	88.625
3	+1	-1	44.010	7.074	80.178
4	+1	+1	37.707	10.374	87.790
5	-1.41	0	47.343	7.603	80.868
6	1.41	0	35.523	9.090	87.835
7	0	-1.41	42.057	9.033	82.408
8	0	1.41	40.560	9.290	85.637
9	0	0	54.210	8.979	83.819
10	0	0	54.347	8.878	84.225
11	0	0	53.957	9.010	84.671
Patrón	-	-	57.123	7.980	78.995

4.2.3.1. Luminosidad de la miga de los panes de molde.

Los valores de luminosidad de los panes de molde presentaron una tendencia al color blanco (tabla 18).

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron proximidad en sus valores, lo que representa la repetitividad del proceso.

El término lineal de harina de alcachofa y los términos cuadráticos de harina de alcachofa y harina de soya son considerados términos altamente significativos debido a que sus valores de probabilidad son menores a 0.05 (Tabla 19 y figura 13).

Si bien es cierto se procesaron los datos en un nivel de significancia del 5%, ha sido conveniente incluir también el término que señala la interacción de la harina de alcachofa y harina de soya, ya que al excluir los términos que no fueron significativos; hace que el nuevo valor de probabilidad para la interacción sea menor a 0.05.

Además el coeficiente de determinación para el modelo experimental que en un principio fue 99.142%; sigue presentando el mismo valor al no incluir los términos no significativos en el modelo.

Tabla 19: Coeficientes de regresión para respuesta de luminosidad de la miga de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(6)	p-valor*
Media	54.17	0.56	97.28	<0.0001
x₁ (L)	-8.49	0.68	-12.45	0.0001
x₁ (Q)	-13.27	0.81	-16.34	<0.0001
x₂ (L)	0.02	0.68	0.02	0.9833
x₂ (Q)	-13.39	0.81	-16.49	<0.0001
x₁ x x₂	2.32	0.96	2.41	0.0611

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

La tabla 20 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta luminosidad de la corteza de las galletas. De la tabla se puede observar que el valor de F calculado es mayor al F tabulado; rechazándose la hipótesis nula (concluyéndose sobre la existencia de regresión lineal). Por lo tanto teniendo en cuenta que el F calculado es mayor al tabulado y que el valor de r² es adecuado; podemos concluir y construir una ecuación de modelo ajustado codificado de segundo orden incluyendo los parámetros estadísticamente significativos (**ecuación 3**) que relaciona la luminosidad de la miga en función de las variables independientes (harina de alcachofa y harina de soya).

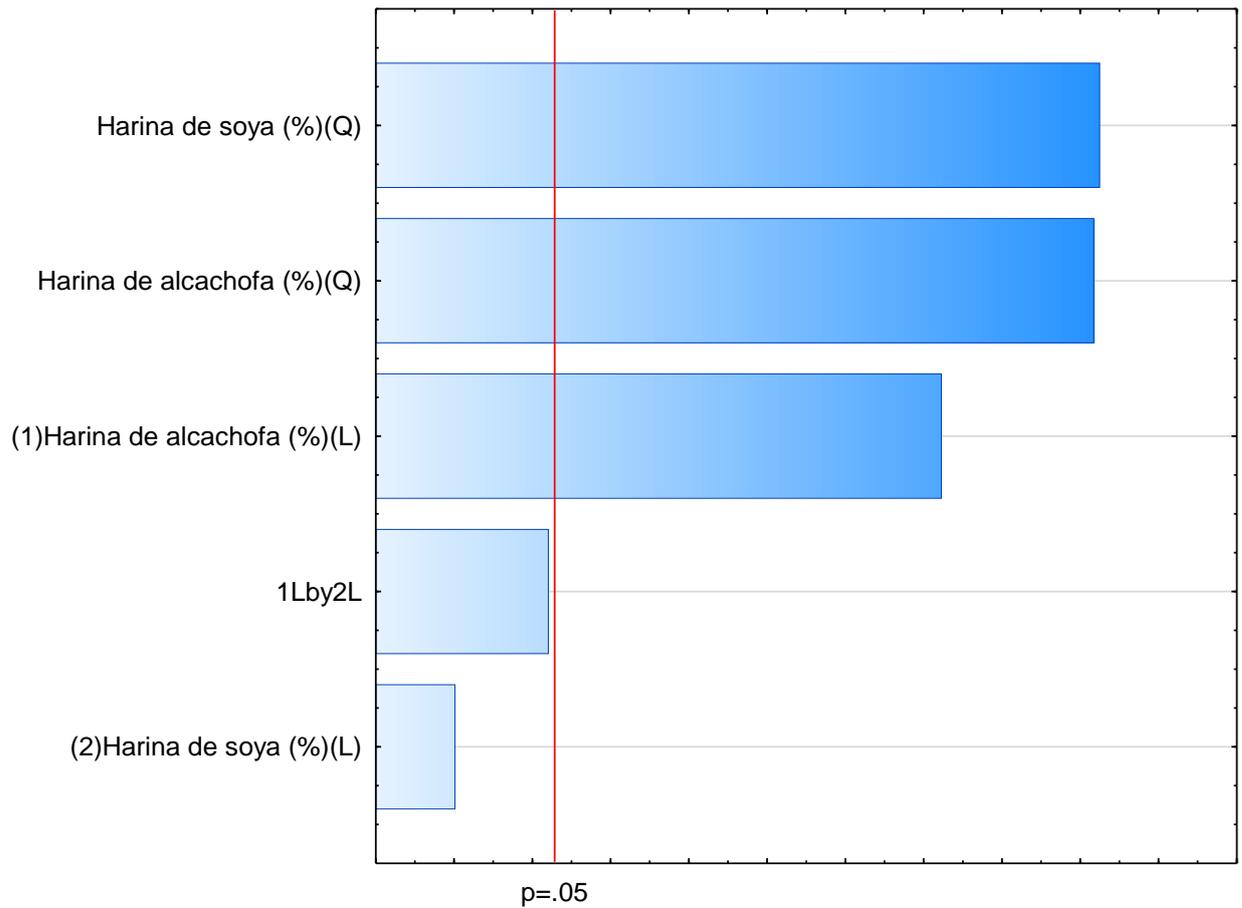


Figura 13: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta luminosidad de la miga.

Tabla 20: Análisis de varianza para la respuesta luminosidad miga del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (4, 6;0.05)
Regresión	537.23	4	134.31		
Residuos	4.65	6	0.78	172.19	4.53
Total	541.88	10	54.19		

$$\text{Luminosidad de la miga} = 54.17 - 8.49x_1 - 13.27x_1^2 - 13.39x_2^2 + 2.32x_1x_2 \dots (5)$$

Donde:

x_1 =Harina de alcachofa

x_2 =Harina de soya

Así mismo, es posible construir una superficie de respuesta para la luminosidad de la miga en función de las variables independientes, la cual se presenta en la **figura 14**.

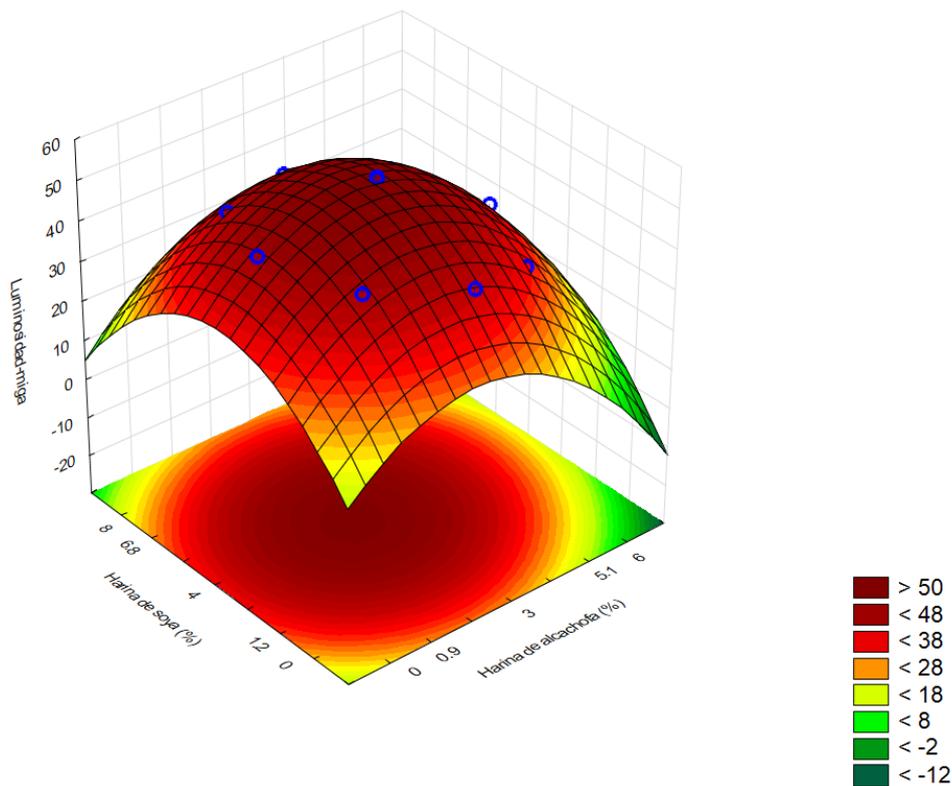


Figura 14. Superficies de respuesta para la luminosidad de la miga de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

La figura 14 representa la maximización de la luminosidad de la miga; e indica que las concentraciones para obtener el máximo valor de luminosidad de la miga en los panes de molde será cuando se adicione 3% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya.

En la investigación de **Guilavert (2008)**, se determinó que la adición de porcentajes de harina de alcachofa en las cantidades de 6%, 9%, 12% no fueron significativas en la luminosidad de la miga; en comparación al 3% adicionado dentro de la formulación.

Bouker (2016), señala que al realizar sustituciones de 2.5%, 5%, 7.5% y 10% de harina de alcachofa por harina de trigo, hace que la luminosidad de la miga disminuya su valor en un rango (79.54 a 66.08) con respecto al patrón (84.51).

4.2.3.2. Cromacidad de la miga de los panes de molde.

Los valores de cromacidad (tabla 18) presentaron valores en un rango de 7.074 (Ensayo 3) a 10.374 (Ensayo 4).

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron proximidad en sus valores, lo que representa la repetitividad del proceso.

El término lineal de harina de alcachofa fue el único término en presentar significancia, al considerar un nivel de significancia del 5% (Tabla 21 y figura 15).

Tabla 21: Coeficientes de regresión para respuesta de cromacidad de la miga de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	8.96	0.31	29.32	<0.0001
x₁ (L)	1.86	0.37	4.98	0.0042
x₁ (Q)	-0.69	0.45	-1.57	0.1771
x₂ (L)	0.24	0.37	0.65	0.5473
x₂ (Q)	0.12	0.45	0.26	0.8056
x₁ x x₂	0.63	0.53	1.18	0.2906

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **85.570%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos (p>0.05); el nuevo r^2 para el modelo ajustado es de **71.578%**. Lo que indica ajuste adecuado del delineamiento experimental.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 21, se observa que el modelo que describe la respuesta Cromacidad en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el $F_{calculado}$ es mayor al $F_{tabulado}$, permitiendo concluir en una ecuación de modelo ajustado y en la construcción de una superficie de respuesta.

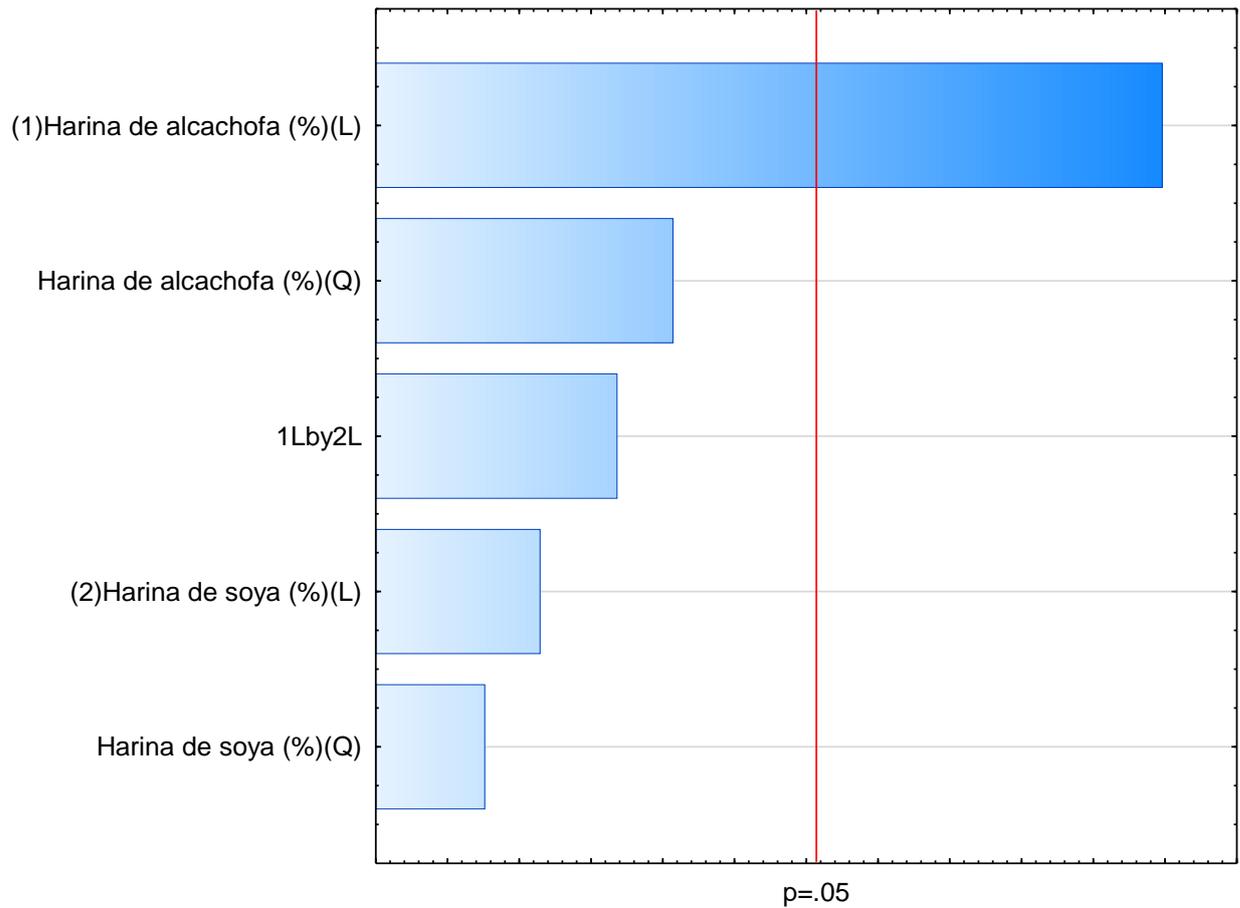


Figura 15: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta cromacidad de la miga.

Tabla 22: Análisis de varianza para la respuesta Cromacidad de la miga del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	6.94	1	6.94		
Residuos	2.76	9	0.31	22.39	5.12
Total	9.70	10	0.97		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 6, que muestra la posibilidad de la cromacidad de la miga de ser estimado en función de la harina de alcachofa, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Cromacidad de la miga} = 8.96 + 1.86x_1 \dots\dots(6)$$

Donde:

$$x_1 = \text{Harina de alcachofa}$$

La figura 16 muestra la superficie de respuesta obtenida para la respuesta cromacidad de la miga de los panes de molde. De la misma se puede concluir que la harina de soya no tiene efecto significativo en la variable respuesta. Además al adicionar porcentajes de harina de alcachofa entre 5.1 y 6% generan valores mayores a 10.5.

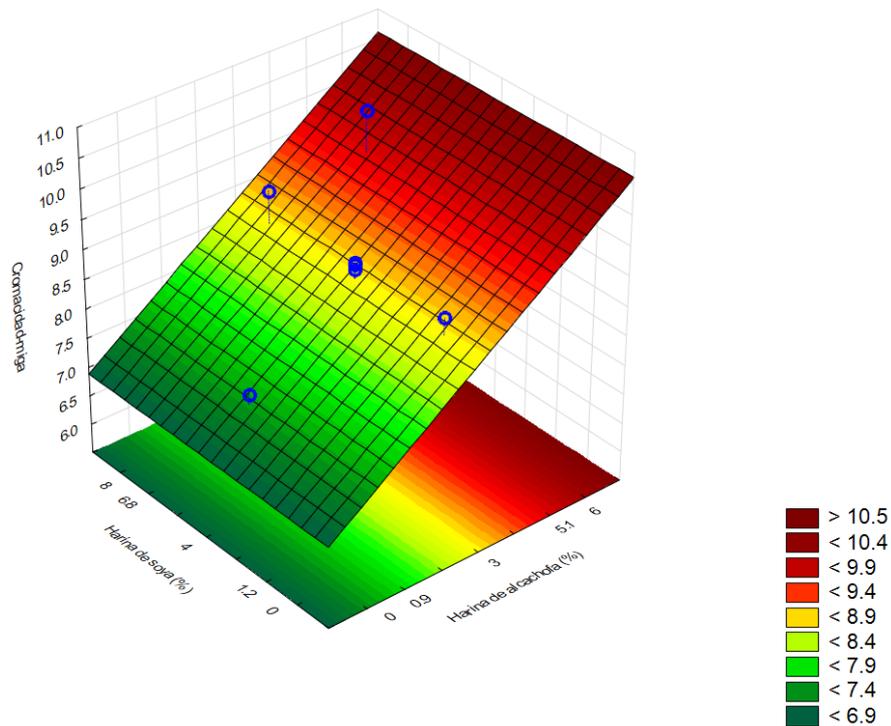


Figura 16. Superficie de respuesta para la cromacidad de la miga de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

4.2.3.3. Ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde.

Los valores de ángulo de tonalidad de la miga (tabla 18) presentaron valores en un rango de 80.037 (Ensayo 1) a 87.835 (Ensayo 6).

Los ensayos con condición de punto central (repeticiones) presentaron proximidad en sus valores, lo que representa la repetitividad del proceso.

El término lineal de harina de alcachofa fue el único término en presentar significancia, al considerar un nivel de significancia del 5% (Tabla 23 y figura 17).

Tabla 23: Coeficientes de regresión para respuesta ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	84.24	0.77	109.61	<0.0001
x₁ (L)	6.51	0.94	6.92	0.0009
x₁ (Q)	0.09	1.12	0.09	0.9334
x₂ (L)	0.97	0.94	1.03	0.3509
x₂ (Q)	-0.23	1.12	-0.21	0.8451
x₁ x x₂	-0.49	1.33	-0.37	0.7289

x₁=Harina de alcahofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

El valor de coeficiente de determinación (r²); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **90.765%**. Este valor indica el buen ajuste modelo.

Al excluir los términos no significativos (p>0.05); el nuevo r² para el modelo ajustado es de **88.440%**. Lo que indica ajuste adecuado del delineamiento experimental.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 24, se observa que el modelo que describe la respuesta ángulo de tonalidad de la miga en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r² fue mayor a 70% y que el Fcalculado es mayor al Ftabulado, permitiendo

concluir en una ecuación de modelo ajustado y en la construcción de una superficie de respuesta.

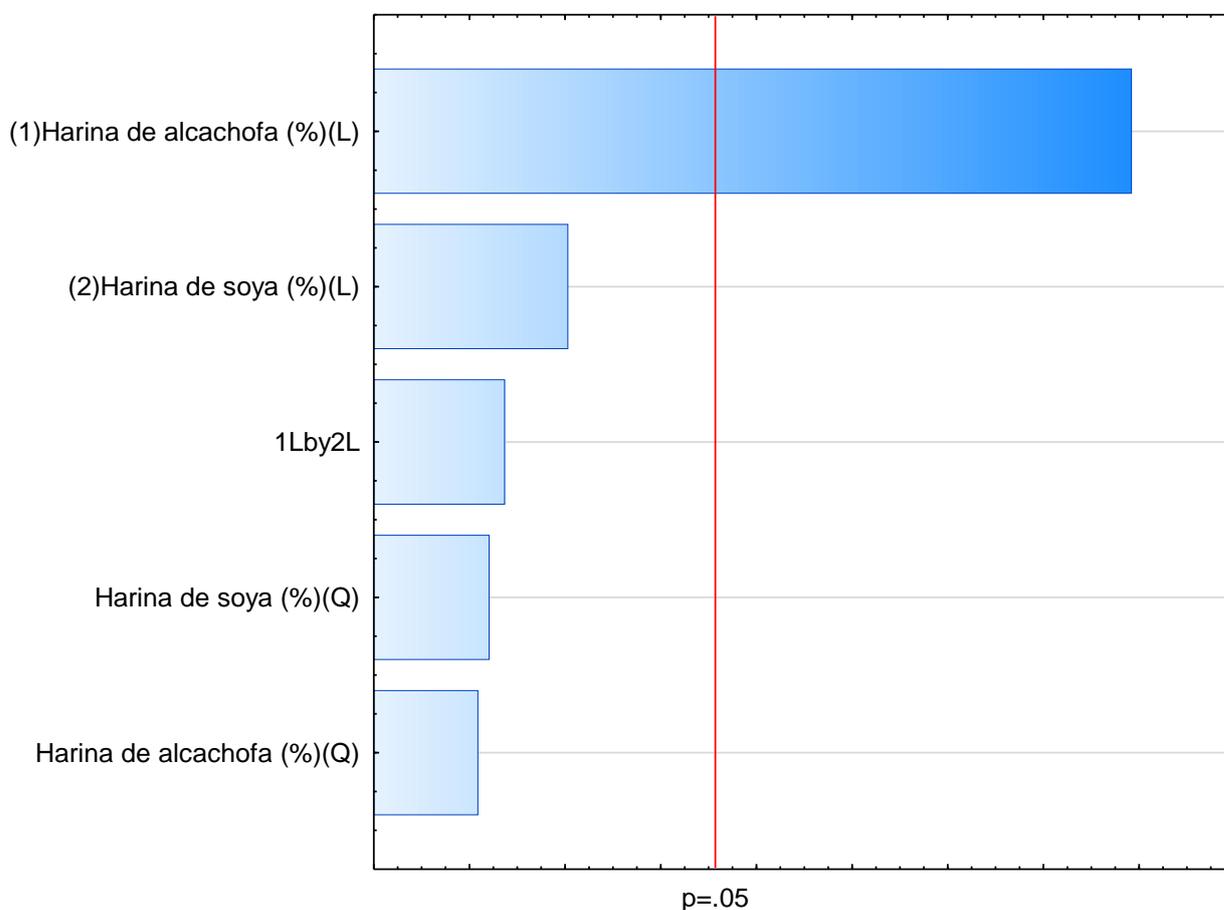


Figura 17: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta ángulo de tonalidad de la miga.

Tabla 24: Análisis de varianza para la respuesta Ángulo de tonalidad de la miga del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	84.84	1	84.84		
Residuos	11.09	9	1.23	68.96	5.12
Total	95.93	10	9.59		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 7, que muestra la posibilidad del ángulo de tonalidad de la miga de ser estimado en función de la harina de alcachofa.

$$\text{Ángulo de tonalidad de la miga} = 84.24 + 6.51x_1 \dots(7)$$

Donde:

$$x_1 = \text{Harina de alcachofa}$$

La figura 18 muestra la superficie de respuesta obtenida para la respuesta ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde. De la misma se puede concluir que la harina de soya no tiene efecto significativo en la variable respuesta. Además al adicionar porcentajes de harina de alcachofa entre 5.1 y 6% generan valores mayores a 90°.

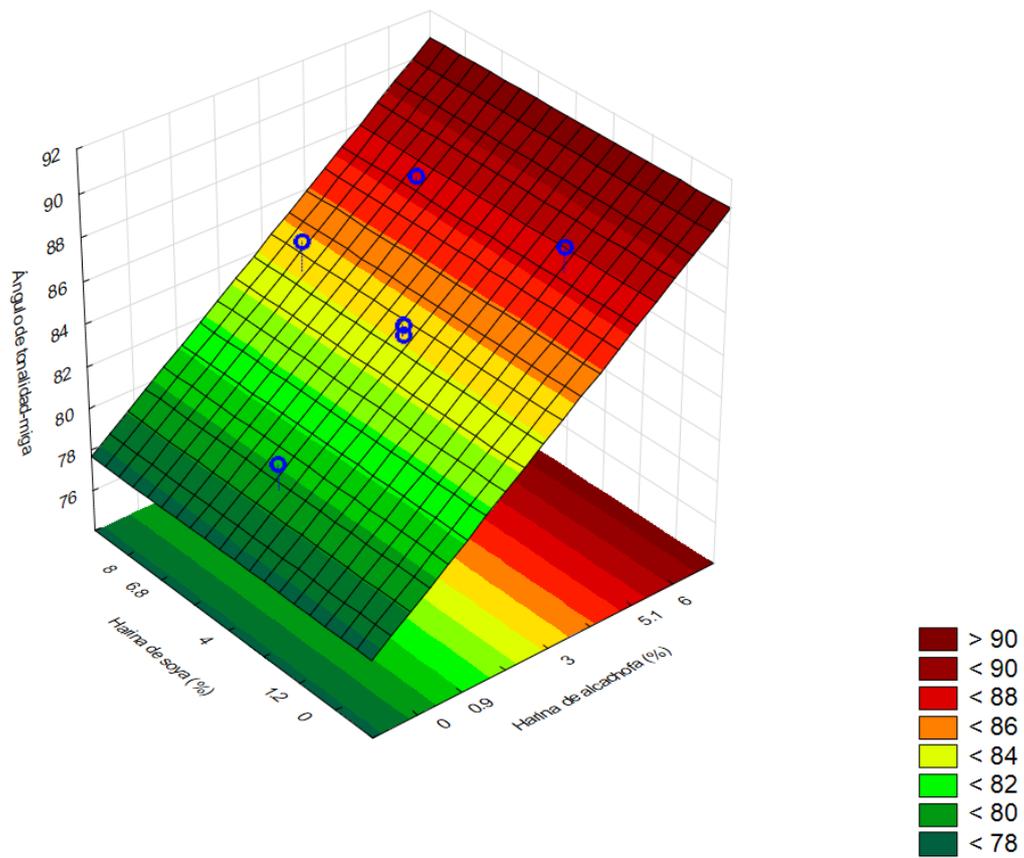


Figura 18. Superficies de respuesta para el ángulo de tonalidad de la miga de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y harina de soya (%).

4.2.4. Evaluación sensorial.

La tabla 25 muestra las respuestas obtenidas en el análisis sensorial de los ensayos del diseño experimental.

Tabla 25: Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde

Ensayos	Harina de alcachofa	Harina de soya	Color	Aroma	Textura	Sabor	Intención de compra
1	-1	-1	1.63	2.10	1.87	2.23	3.07
2	-1	+1	3.53	3.07	3.13	3.47	4.10
3	+1	-1	1.93	2.10	2.17	2.23	3.57
4	+1	+1	3.07	2.70	2.93	2.90	3.90
5	-1.41	0	1.83	1.87	2.13	2.23	3.3
6	1.41	0	3.27	2.87	3.03	3.17	3.97
7	0	-1.41	2.40	2.47	2.50	2.53	3.87
8	0	1.41	2.33	2.37	2.33	2.43	3.73
9	0	0	2.40	2.23	1.93	2.27	3.67
10	0	0	2.40	2.23	2.10	2.30	3.73
11	0	0	2.43	2.30	2.27	2.27	3.70
Patrón	-	-	1.77	1.83	1.83	1.90	2.87

4.2.4.1. Color del pan de molde.

La tabla 25 muestra los resultados de color sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 25 muestra a los ensayos 4 (5.1% de harina de alcachofa y 6.8% de harina de soya) y 6(6% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta color, presentados en la tabla 26. Analizando los valores de probabilidad se observó que el único término que tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) (ver figura 19) fue el término lineal de harina de alcachofa; el cual es altamente significativo.

Tabla 26: Coeficientes de regresión para respuesta color de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	2.41	0.09	24.89	<0.0001
x₁ (L)	1.27	0.12	10.70	0.0001
x₁ (Q)	0.18	0.14	1.28	0.2553
x₂ (L)	-0.06	0.12	-0.55	0.6085
x₂ (Q)	-0.01	0.14	-0.03	0.9798
x₁ x x₂	-0.38	0.17	-2.27	0.0728

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **96.058%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del modelo completo, aquellos términos por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 que se presenta para el modelo ajustado es de **90.332%**.

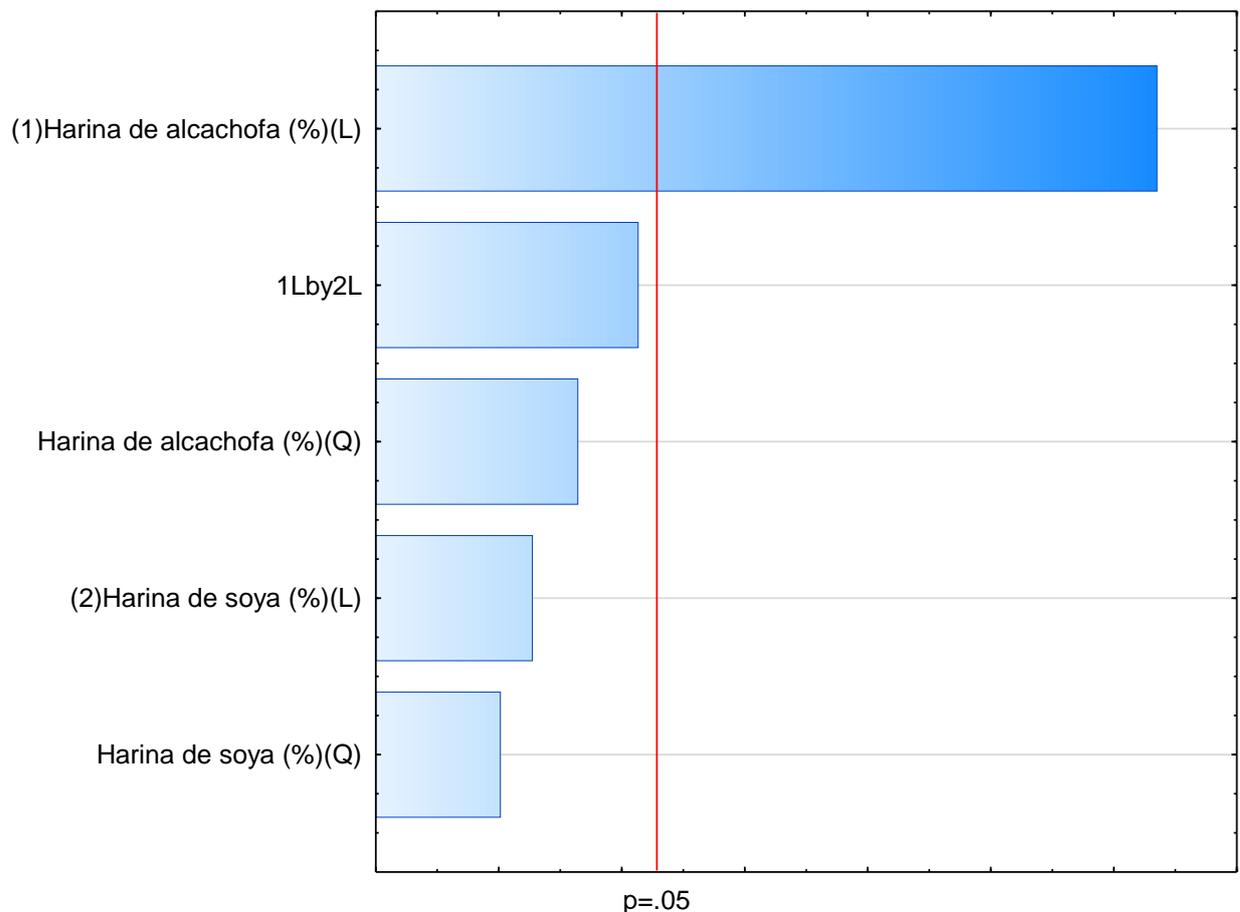


Figura 19: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta color.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 27, se observa que el modelo que describe la respuesta color sensorial en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el

Fcalculado es mayor al Ftabulado, permitiendo concluir en una ecuación de modelo ajustado y construcción de una superficie de respuesta.

Tabla 27: Análisis de varianza para la respuesta color del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	3.23	1	3.23		
Residuos	0.34	9	0.04	80.75	5.12
Total	3.57	10	0.357		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo una ecuación modelo de variables codificadas representado en la ecuación 8, que muestra la posibilidad del color de ser estimado en función de la harina de alcachofa.

$$\text{Color } = y = 2.41 + 1.27x_1 \dots\dots(8)$$

Donde:

x_1 =Harina de alcachofa

A través de la superficie de respuesta (figura 20) se puede verificar que la harina de soya no tiene influencia estadísticamente significativa en la variable color sensorial. Muy por el contrario la harina de alcachofa tuvo influencia altamente significativa en la respuesta en estudio. La adición de harina de alcachofa en un rango de 5.1 a 6% otorgan mayor aceptación por parte de los panelistas; obteniendo puntuaciones mayores 3.5, según

la escala hedónica establecida. Boubaker (2016) reportó que al adicionar concentraciones de harina de alcachofa entre 5 y 7.5% se obtienen valores de 5.00 y 6.65.

La sustitución de 0 a 2.5% de polvo de brácteas de alcachofa permitió obtener un pan integral con características sensoriales (color, olor, textura y sabor) aceptables. Esto se realizó mediante la aplicación de un diseño de mezcla de la metodología de superficie por (Marquez, 2008).

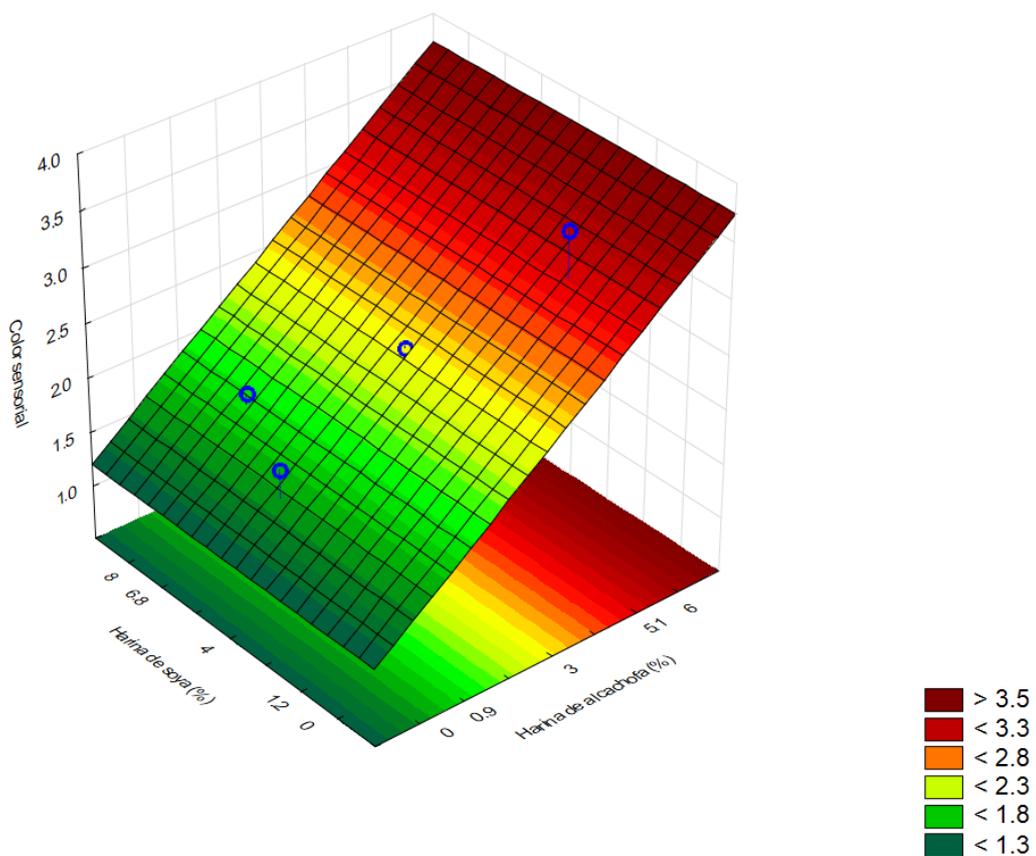


Figura 20. Superficies de respuesta para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soja (mg/Kg).

4.2.4.2. Aroma del pan de molde.

La tabla 25 muestra los resultados de aroma sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 25 muestra a los ensayos 2 (0.9% de harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya), 4 (5.1% de harina de alcachofa y 6.8% de harina de soya) y 6 (6% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta aroma, presentados en la tabla 28. Analizando los valores de probabilidad se observó que el término lineal de harina de alcachofa y el término cuadrático de harina de soya tuvieron efecto significativo al considerar un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$) (ver figura 20)

Tabla 28: Coeficientes de regresión para respuesta aroma de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(9)	p-valor*
Media	2.25	0.05	48.91	<0.0001
x₁ (L)	0.75	0.06	13.22	<0.0001
x₁ (Q)	0.17	0.07	2.46	0.0570
x₂ (L)	-0.13	0.06	-2.27	0.0728
x₂ (Q)	0.22	0.07	3.21	0.0238
x₁ x x₂	-0.19	0.08	-2.32	0.0682

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

Sin embargo al realizar la exclusión en el paquete STATISTICA Statsoft de los términos que no fueron significativos, hace que el valor de probabilidad del término cuadrático de harina de soya deje de ser significativo. Por lo que se decide también excluirlo.

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **97.538%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del modelo completo, aquellos términos por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 presenta un valor de **80.056%**.

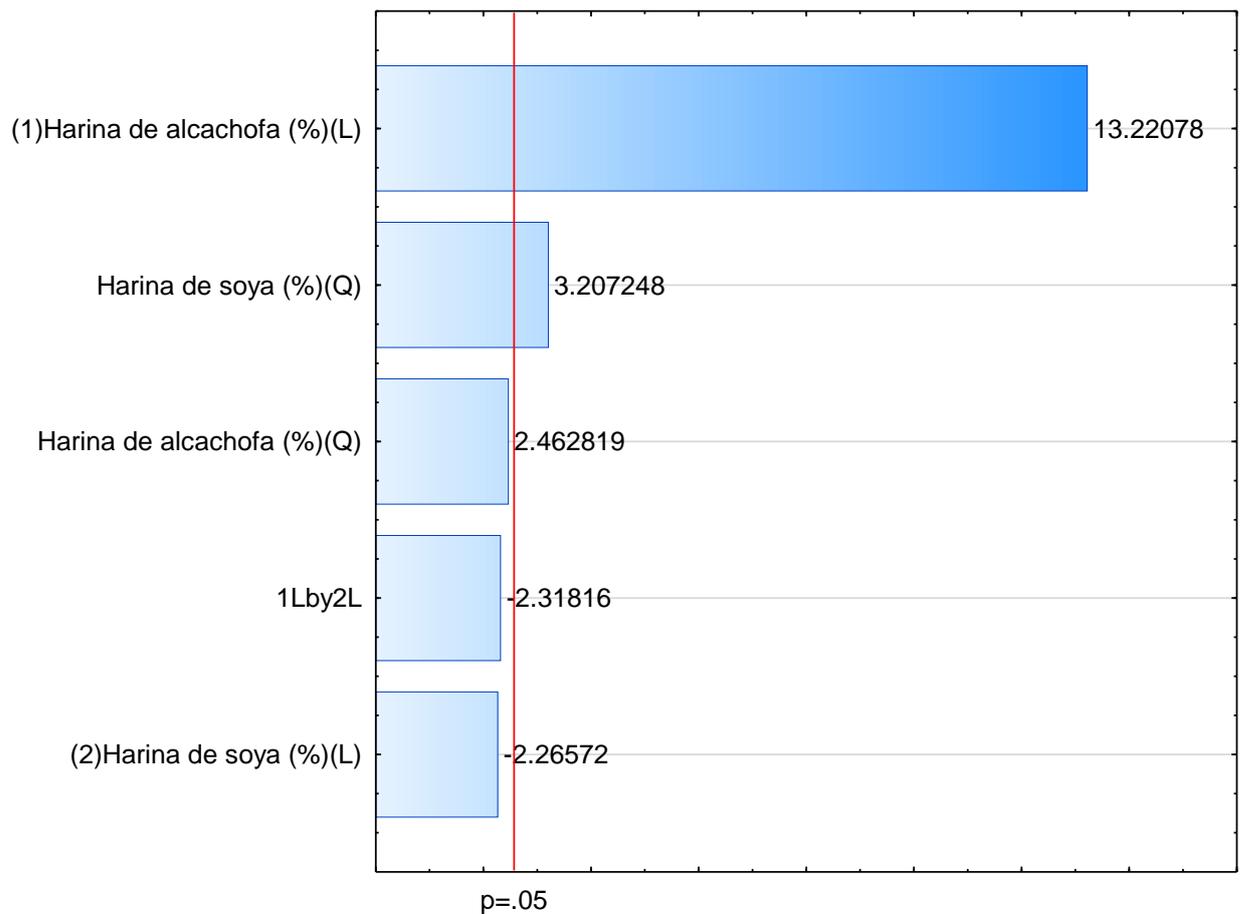


Figura 21: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta aroma.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 29, se observa que el modelo que describe la respuesta aroma sensorial en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el $F_{calculado}$ es mayor al $F_{tabulado}$, permitiendo concluir en una ecuación de modelo ajustado y construcción de una superficie de respuesta.

Tabla 29: Análisis de varianza para la respuesta aroma del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (1, 9;0.05)
Regresión	1.11	1	1.11		
Residuos	0.18	9	0.02	55.5	5.12
Total	1.29	10	0.129		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo una ecuación modelo de variables codificadas representado en la ecuación 9, que muestra la posibilidad del aroma sensorial de ser estimado en función de la harina de alcachofa.

$$\text{Aroma} = y = 2.25 + 0.75x_1 \dots\dots(9)$$

Donde:

x_1 =Harina de alcachofa

A través de la superficie de respuesta (figura 21) se puede verificar que la harina de soya no tiene influencia estadísticamente significativa en la variable aroma sensorial. Muy por el contrario la harina de alcachofa tuvo influencia altamente significativa en la respuesta en estudio. La adición de harina de alcachofa en un rango de 5.1 a 6% otorgan mayor aceptación por parte de los panelistas; obteniendo puntuaciones mayores a 3, según la escala hedónica establecida. Boubaker (2016) reportó que al adicionar concentraciones de harina de alcachofa entre 5 y 7.5% se obtienen valores de 4.64 y 4.90.

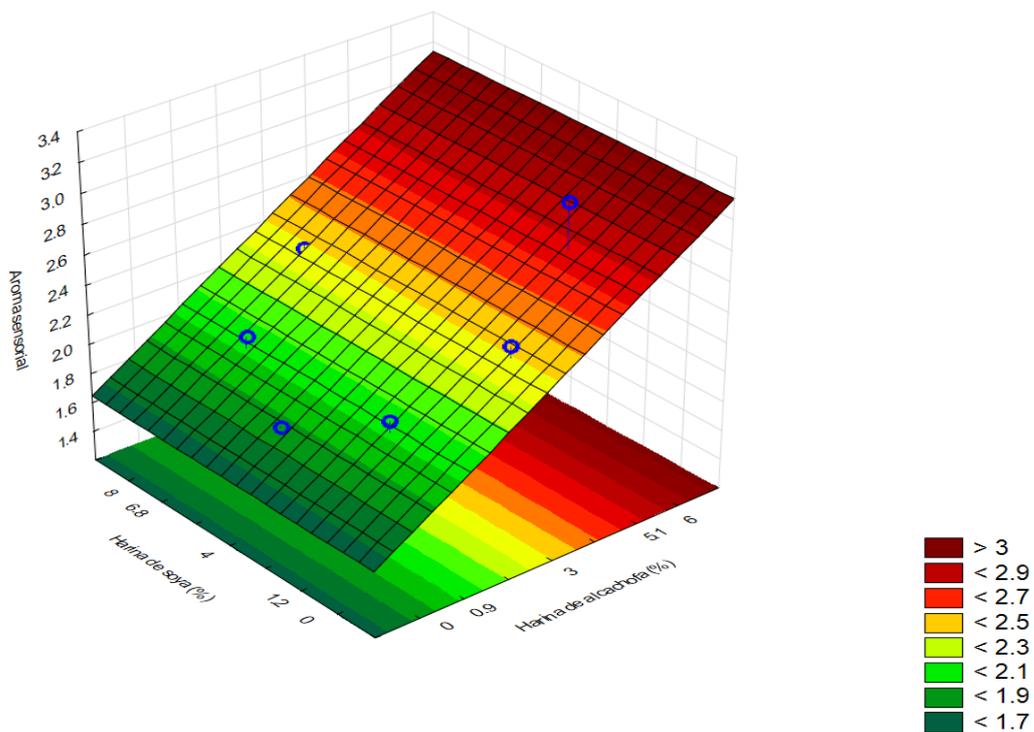


Figura 22. Superficies de respuesta para el aroma de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg).

4.2.4.3. Textura del pan de molde.

La tabla 25 muestra los resultados de textura sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 25 muestra a los ensayos 2 (0.9% de harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya), 4 (5.1% de harina de alcachofa y 6.8% de harina de soya) y 6 (6% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta textura, presentados en la tabla 30. Analizando los valores de probabilidad se observó los términos lineales y cuadráticos de harina de alcachofa fueron significativos al trabajar con un nivel de significancia del 5%.

Tabla 30: Coeficientes de regresión para respuesta textura de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	2.10	0.09	21.46	<0.0001
x₁ (L)	0.82	0.12	6.87	0.0009
x₁ (Q)	0.49	0.14	3.46	0.0180
x₂ (L)	-0.04	0.12	-0.29	0.7813
x₂ (Q)	0.33	0.14	2.31	0.0693
x₁ x x₂	-0.25	0.17	-1.48	0.2002

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia (p<0.10).

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **92.674%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del modelo completo, aquellos términos por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 presenta un valor de **81.576%**.

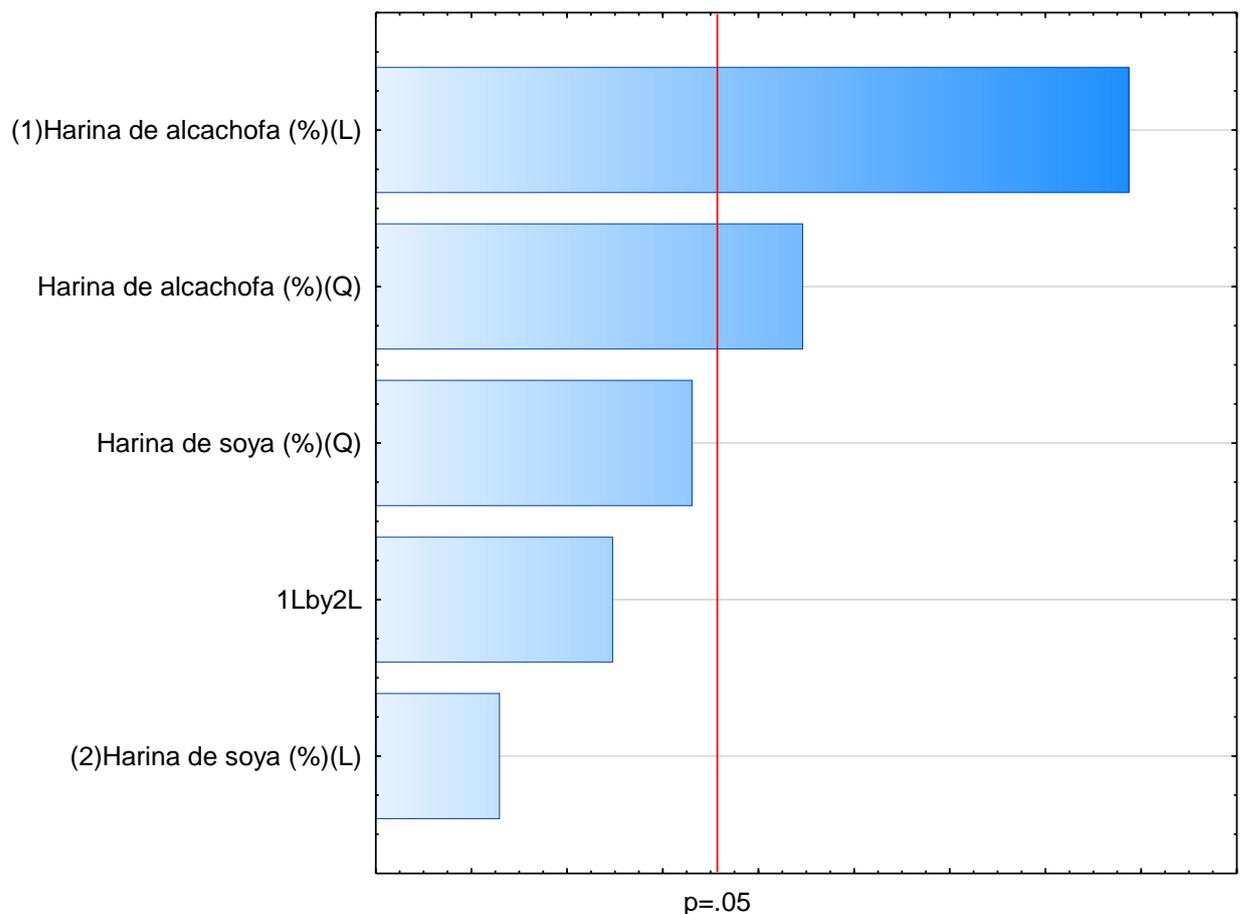


Figura 23: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta textura.

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 31, se observa que el modelo que describe la respuesta aroma sensorial en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente

significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el $F_{\text{calculado}}$ es mayor al F_{tabulado} , permitiendo concluir en una ecuación de modelo ajustado y construcción de una superficie de respuesta.

Tabla 31: Análisis de varianza para la respuesta textura del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.05)
Regresión	1.60	2	0.80		
Residuos	0.36	8	0.045	17.78	4.46
Total	1.96	10	0.196		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo una ecuación modelo de variables codificadas representado en la ecuación 10, que muestra la posibilidad de la textura sensorial de ser estimado en función de la harina de alcachofa.

$$\text{Textura } = y = 2.10 + 0.82x_1 + 0.49x_1^2 \dots (10)$$

Donde:

x_1 = Harina de alcachofa

A través de la superficie de respuesta (figura 24) se puede verificar que la harina de soya no tiene influencia estadísticamente significativa en la variable aroma sensorial. Muy por el contrario la harina de alcachofa tuvo influencia altamente significativa en la respuesta en estudio. La adición de harina de alcachofa en un rango de 5.1 a 6% otorgan mayor aceptación por parte de los panelistas; obteniendo puntuaciones mayores a 3.8,

según la escala hedónica establecida. Boubaker (2016) reportó que al adicionar concentraciones de harina de alcachofa entre 5 y 7.5% se obtienen valores de 5.16 y 5.77.

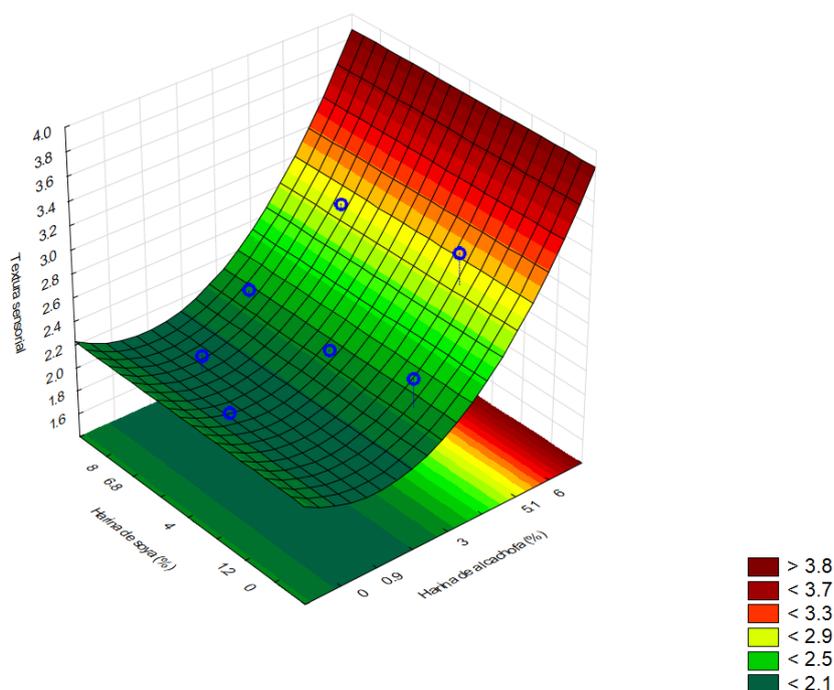


Figura 24. Superficie de respuesta para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soja (mg/Kg).

4.2.4.4. Sabor del pan de molde.

La tabla 25 muestra los resultados de textura sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 25 muestra a los ensayos 2 (0.9% de harina de alcachofa y 6.9% de harina de soja), 4 (5.1% de harina de alcachofa y 6.8% de harina de soja) y 6 (6% de harina de alcachofa y 4% de harina de soja) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta sabor sensorial, presentados en la tabla 32. Analizando los valores de probabilidad a un 10% de nivel de significancia, se tiene que el término lineal y cuadrático de la harina de alcachofa, el término cuadrático de harina soya y la interacción entre la harina de alcachofa y soya son significativos. Siendo el valor de coeficiente de determinación (r^2) de **95.075%**.

Sin embargo al excluir los términos no significativos, la significancia que tenían el término cuadrático de harina soya y la interacción entre la harina de alcachofa y soya dejan de serlo. Por lo que se consideró prudente excluir también estos términos. Tornándose el nuevo coeficiente de determinación (r^2) a un valor de 82.459%; denotando el buen ajuste del modelo experimental.

Tabla 32: Coeficientes de regresión para respuesta sabor de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(7)	p-valor*
Media	2.28	0.08	28.91	<0.0001
x₁ (L)	0.81	0.09	8.38	0.0004
x₁ (Q)	0.48	0.11	4.16	0.0088
x₂ (L)	-0.18	0.09	-1.84	0.1249
x₂ (Q)	0.26	0.11	2.25	0.0742
x₁ x x₂	-0.29	0.14	-2.09	0.0913

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia (p<0.10).

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 33, se observa que el modelo que describe la respuesta sabor sensorial en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el $F_{\text{calculado}}$ es mayor al F_{tabulado} , permitiendo concluir en una ecuación de modelo ajustado y construcción de una superficie de respuesta.

Tabla 33: Análisis de varianza para la respuesta sabor del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.10)
Regresión	1.56	2	0.78		
Residuos	0.33	8	0.041	19.024	3.11
Total	1.89	10	0.189		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo una ecuación modelo de variables codificadas representado en la ecuación 11, que muestra la posibilidad del sabor sensorial de ser estimado en función de la harina de alcachofa.

$$\text{Sabor} = y = 2.18 + 0.81x_1 + 0.48x_1^2 \dots (11)$$

Donde:

x_1 = Harina de alcachofa

A través de la superficie de respuesta (figura 25) se puede verificar que la harina de soya no tiene influencia estadísticamente significativa en la

variable sabor sensorial. Muy por el contrario la harina de alcachofa tuvo influencia altamente significativa en la respuesta en estudio. La adición de harina de alcachofa en un rango de 5.1 a 6% otorgan mayor aceptación por parte de los panelistas; obteniendo puntuaciones mayores a 4, según la escala hedónica establecida. Boubaker (2016) reportó que al adicionar concentraciones de harina de alcachofa entre 5 y 7.5% se obtienen valores de 4.43 y 6.16 para el parámetro sabor.

La puntuación de sabor y sabor disminuyó significativamente al aumentar los niveles de sustitución de soja. El 12 % de la harina de soja fue clasificada como la más pobre en sabor, mientras que la puntuación de pan que contenía 3% de harina de soja fue la más alta. (Mashayekh, 2008)

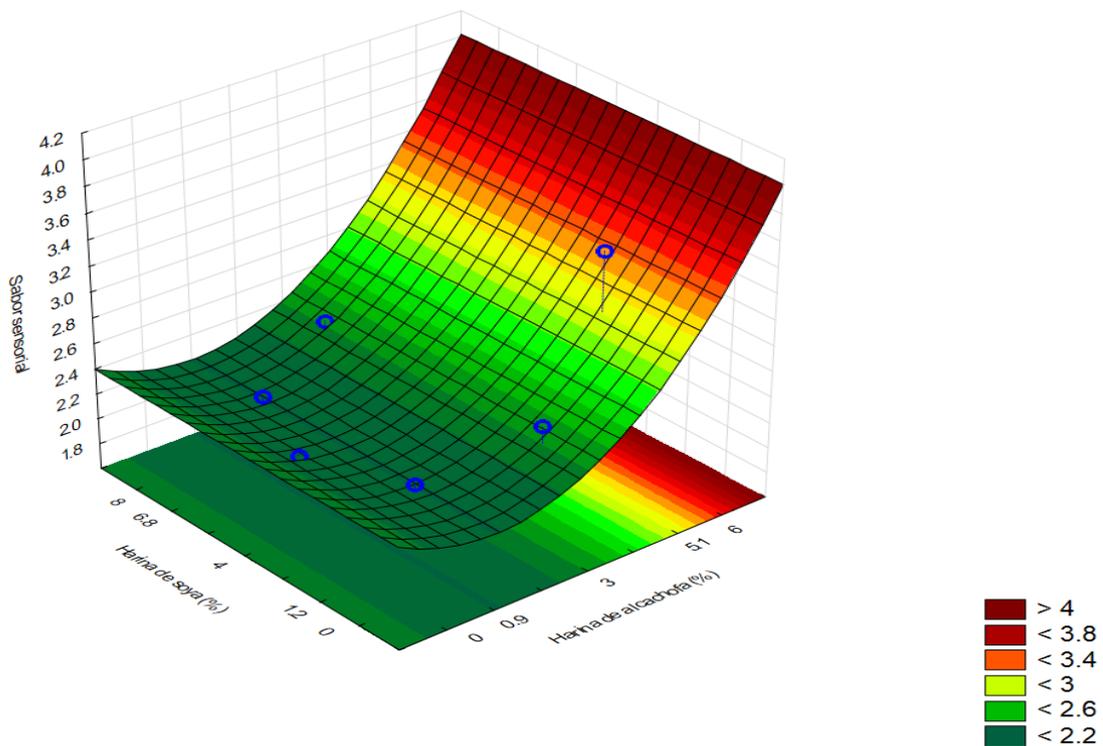


Figura 25. Superficies de respuesta para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soja (mg/Kg).

4.2.4.5. Intención de compra del pan de molde.

La tabla 25 muestra los resultados de textura sensorial para cada formulación del delineamiento experimental.

La tabla 25 muestra a los ensayos 2 (0.9% de harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya), 4 (5.1% de harina de alcachofa y 6.8% de harina de soya) y 6 (6% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta intención de compra, presentados en la tabla 34. Analizando los valores de probabilidad a un 10% de nivel de significancia, se tiene que el término lineal de harina de alcachofa y la interacción de harina de alcachofa y harina de soya son significativos.

Tabla 34: Coeficientes de regresión para respuesta intención de compra de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(8)	p-valor*
Media	3.70	0.06	58.17	<0.0001
x₁ (L)	0.58	0.08	7.41	0.0007
x₁ (Q)	-0.09	0.09	-1.01	0.3583
x₂ (L)	0.03	0.08	0.33	0.7566
x₂ (Q)	0.07	0.09	0.77	0.4769
x₁ x x₂	-0.35	0.11	-3.18	0.0246

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 10% de significancia (p<0.10).

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **93.086%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del modelo completo, aquellos términos por no ser significativos ($p > 0.05$); el nuevo r^2 presenta un valor de **89.803%**. Indicando aún un buen ajuste del modelo.

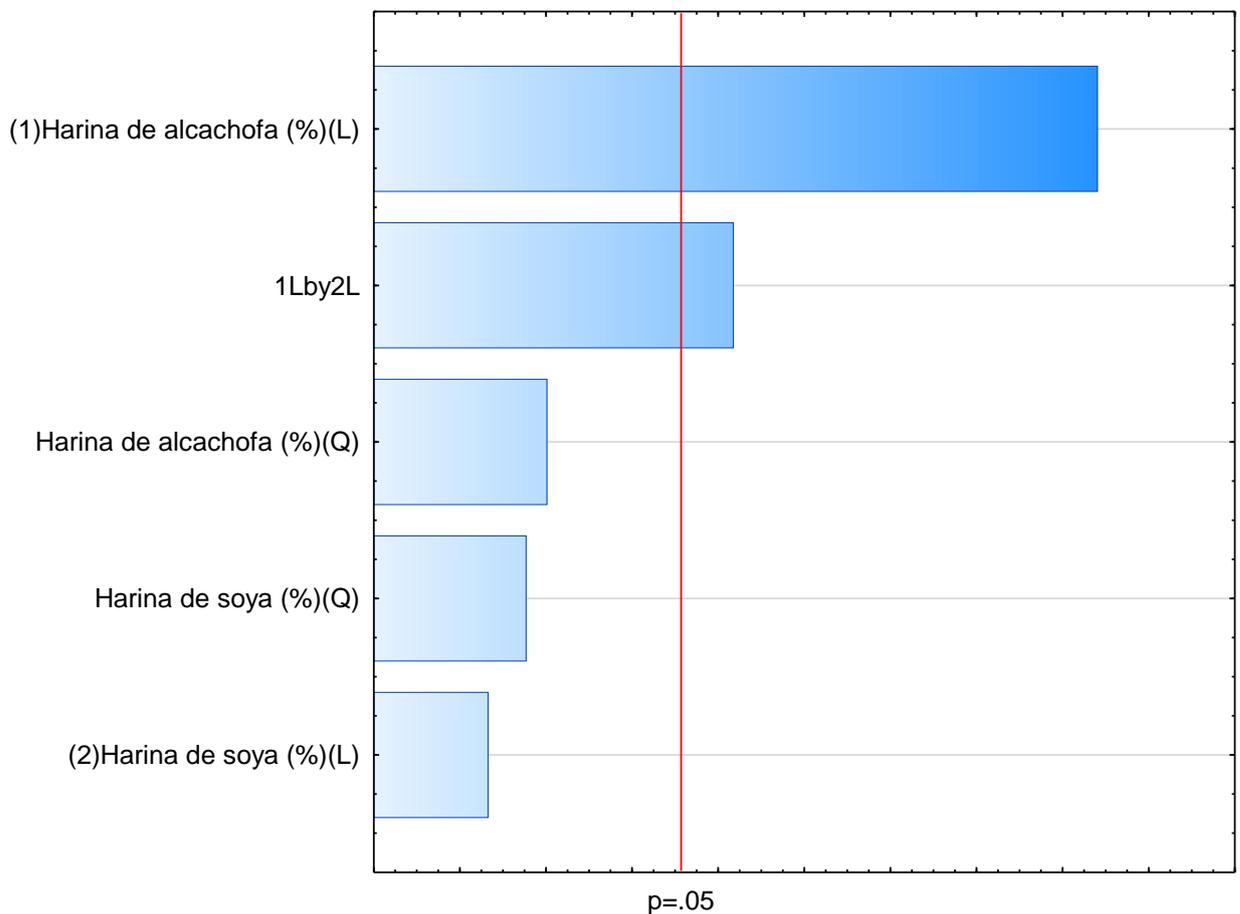


Figura 26: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta intención de compra

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 35, se observa que el modelo que describe la respuesta intención de compra en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el $F_{calculado}$ es mayor al $F_{tabulado}$, permitiendo concluir en una ecuación de modelo ajustado y construcción de una superficie de respuesta.

Tabla 35: Análisis de varianza para la respuesta intención de compra del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (2, 8;0.05)
Regresión	0.79	2	0.39		
Residuos	0.09	8	0.01	39	4.46
Total	0.88	10	0.09		

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo una ecuación modelo de variables codificadas representado en la ecuación 12, que muestra la posibilidad del sabor sensorial de ser estimado en función de la harina de alcachofa.

$$\text{Intención de compra } = y = 3.70 + 0.58x_1 - 0.35x_1^* x_2 \dots (12)$$

Donde:

x_1 = Harina de alcachofa

A través de la superficie de respuesta (figura 27) se puede verificar que la adición de harina de alcachofa en un rango de 5.1 a 6% y harina de soya de 0.1 a 2% generan productos con intenciones de compra mayor a 4.5; según la escala hedónica establecida.

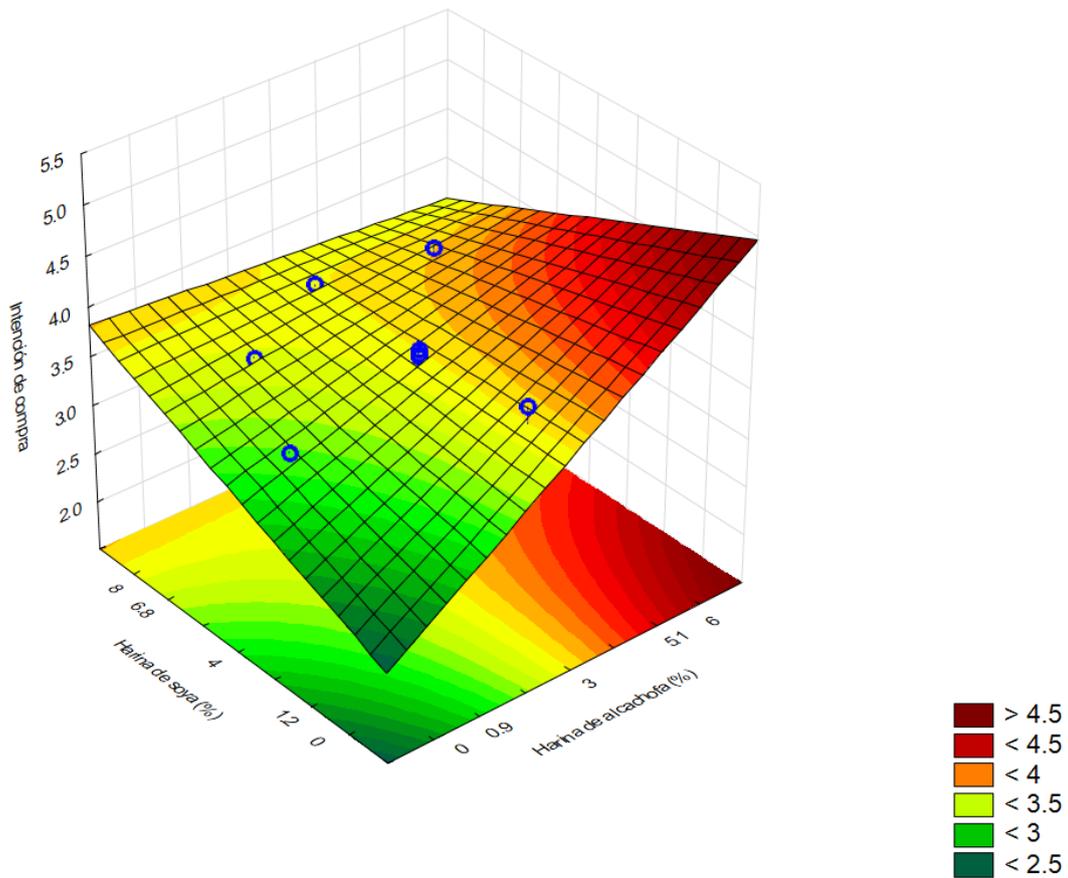


Figura 27. Superficies de respuesta para la intención de compra de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg).

4.2.5. Textura instrumental.

La tabla 36, presenta los valores obtenidos del perfil de textura de los panes de molde; de acuerdo con el planeamiento experimental.

Tabla 36: Respuestas obtenidas de la textura instrumental de los panes de molde

Ensayos	Harina de alcachofa	Harina de soya	Altura (mm)	Dureza (N)	Elasticidad (mm)	Masticabilidad (mJ)
1	-1	-1	105	6	8.91	30.17
2	-1	+1	100	28.22	6.91	64.28
3	+1	-1	100	9.62	8.94	45.23
4	+1	+1	100	23.9	7.99	80.12
5	-1.41	0	97	9.87	8.82	51.05
6	1.41	0	100	24.49	8.5	94.57
7	0	-1.41	100	9.66	8.66	41.66
8	0	1.41	98	17.9	8.54	73.91
9	0	0	95	7.38	8.35	34.46
10	0	0	94	7.24	8.74	32.32
11	0	0	95	7.31	8.73	30.12
Patrón	-	-	100	7.52	8.76	29.14

4.2.5.1. Altura.

La **tabla 36** muestra el diseño experimental expresado en valores codificados; además de los resultados obtenidos de la variable altura.

Como se puede observar en la **tabla 36**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de altura entre 94 (Formulación 10) y 105 (Formulación 1); valores mínimos y máximo respectivamente.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta altura de los panes de molde, presentados en la tabla 37. Analizando las probabilidades de significancia se observó que los términos cuadráticos fueron significativos en un nivel de significancia del 5%. Teniendo un valor de coeficiente de determinación de 75.742%; que puede ser considerado apto para concluir en un modelo matemático para variable en estudio. Sin embargo al realizar la exclusión de los términos no significativos, se obtiene un valor de 61.861; lo que indica la falta de ajuste del diseño experimental.

Por tanto, el modelo matemático y la superficie de respuesta no fueron considerados.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la altura, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de alcachofa y harina de soya, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

Tabla 37: Coeficientes de regresión para respuesta altura de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	94.67	1.28	74.17	<0.0001
x₁ (L)	-0.19	1.56	-0.12	0.9083
x₁ (Q)	5.08	1.86	2.73	0.0412
x₂ (L)	-1.96	1.56	-1.25	0.2659
x₂ (Q)	5.58	1.86	3.00	0.0301
x₁ x x₂	2.50	2.21	1.13	0.3094

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

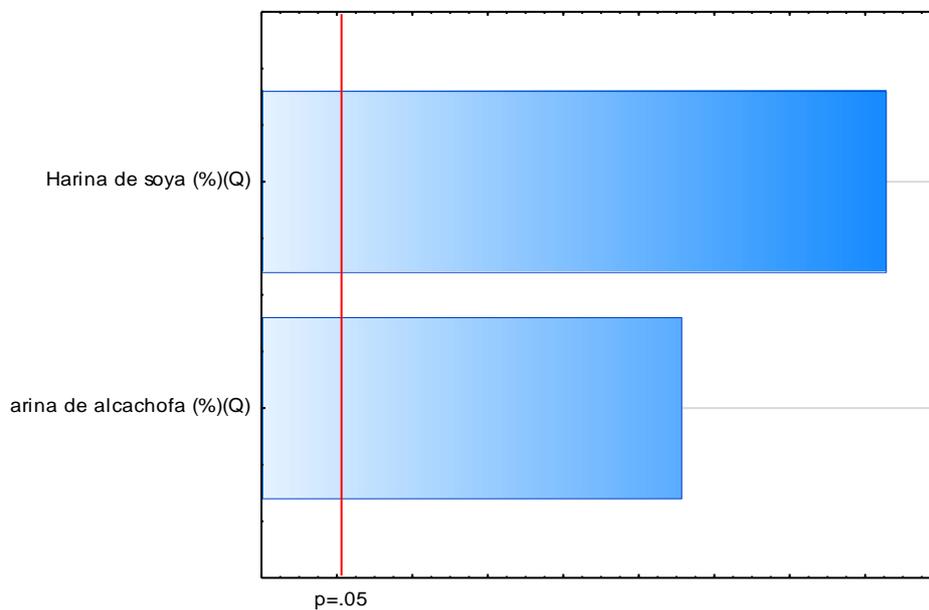


Figura 28: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta altura.

4.2.5.2. Dureza (Newton)

De forma general los valores reportados para la dureza del pan de molde presentan un rango de 6 a 24.49 (tabla 36)

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes de las variables independientes en estudio sobre la respuesta dureza de los panes de molde, tabla 38 y figura 29. Analizando la probabilidad de significancia de los términos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fueron los términos lineal y cuadrático de harina de alcañón y el término cuadrático de harina de soya.

Tabla 38: Coeficientes de regresión para respuesta Dureza (N) de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(7)	p-valor*
Media	7.31	1.91	3.83	0.0122
x₁ (L)	14.29	2.34	6.12	0.0017
x₁ (Q)	10.59	2.78	3.81	0.0125
x₂ (L)	2.74	2.34	1.17	0.2941
x₂ (Q)	7.19	2.78	2.59	0.0489
x₁ x x₂	-3.97	3.31	-1.20	0.2835

x₁=Harina de alcañón, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el diseño experimental completo fue de **91.948%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. Por otro lado, al excluir de la tabla 41, los términos que no fueron significativos ($p>0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **87.413%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

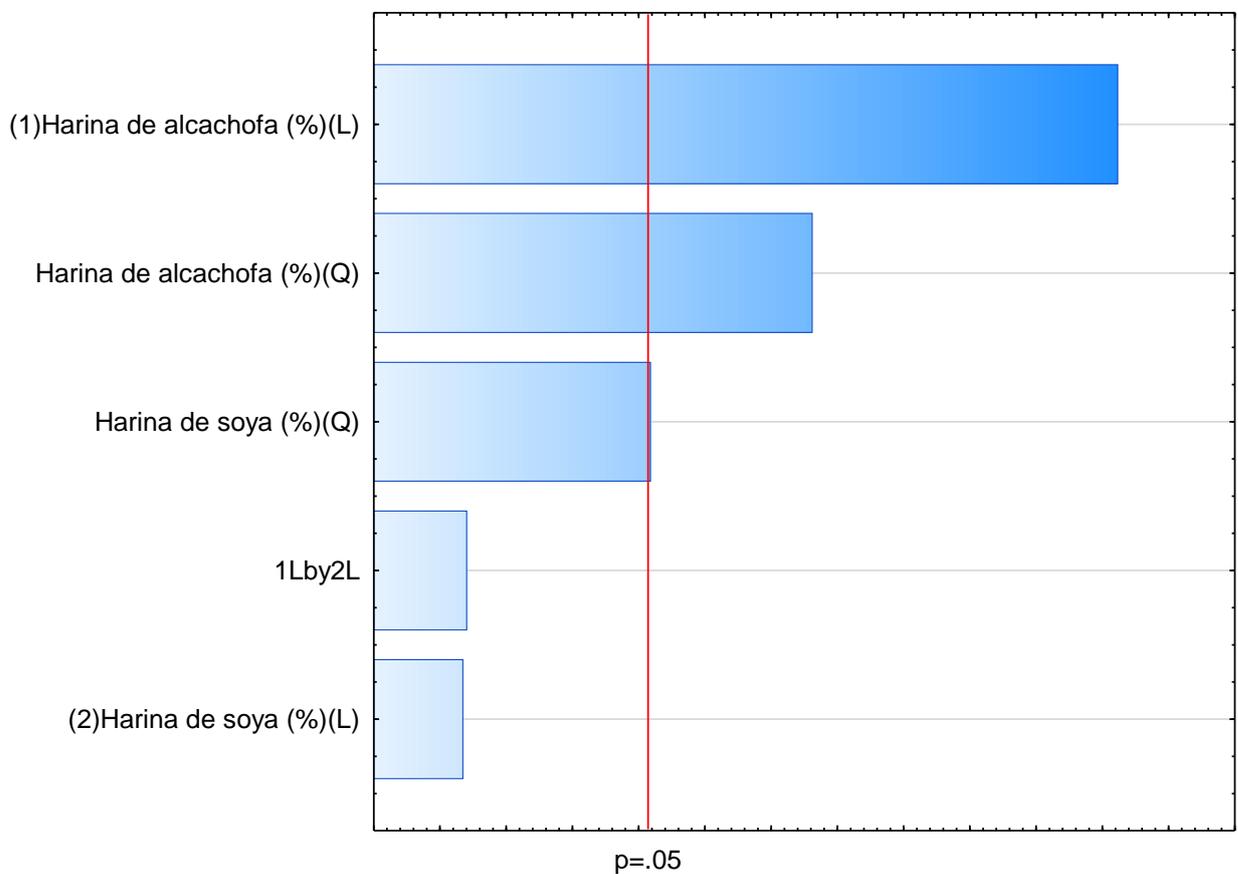


Figura 29: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta dureza instrumental

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 39, se observa que el modelo que describe la respuesta dureza en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos,

fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el valor de $F_{\text{calculado}}$ es mayor al F_{tabulado} , permitiendo la construcción de un modelo matemático y una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 13, que muestra la posibilidad de la dureza instrumental de ser estimado en función de la harina de alcachofa, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

Tabla 39: Análisis de varianza para la respuesta dureza del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (3, 7;0.05)
Regresión	601.91	3	200.64		
Residuos	85.38	7	12.19	16.46	
Total	687.29	10	68.73		

$$\text{Textura instrumental } = y = 7.31 + 14.29x_1 + 10.59x_1^2 + 7.19x_2^2 \dots(13)$$

Donde:

x_1 =Harina de alcachofa

x_2 =Harina de soya

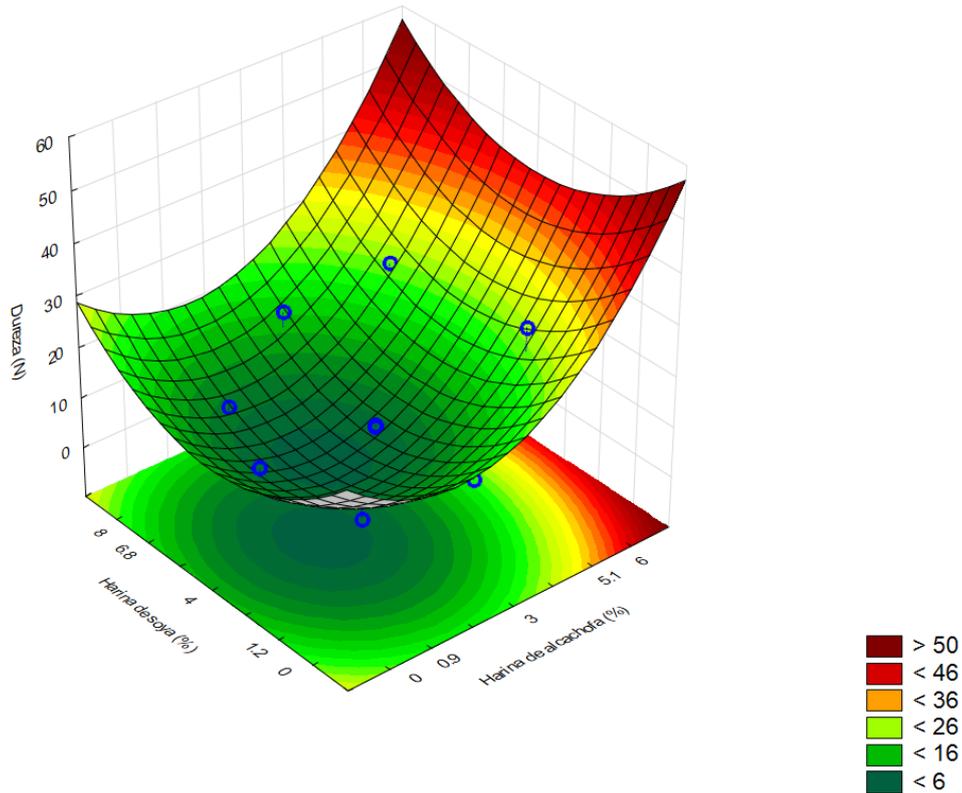


Figura 30. Superficies de respuesta para la dureza instrumental de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soja (mg/Kg).

La figura 30 muestra la superficie de respuesta obtenida para la dureza instrumental del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la minimización de la dureza instrumental del pan de molde, se puede calcular los valores de harina de alcachofa y harina de soja que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener el valor más bajo de este parámetro. Por lo cual se deriva la ecuación (13).

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = 14.29 + 21.18x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.67$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = 14.38x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Dado que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados, se obtuvieron los valores reales de la tabla de Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2 , a través de ecuaciones proporcionales.

Por tanto para el valor codificado de $x_1 = -0.67$, se obtiene como valor real $a=1.6\%$ de harina de alcachofa. Y para el caso del valor codificado $x_2=0$; se obtiene 4% de harina de soya. Es decir las concentraciones para obtener el mínimo valor de dureza en los panes de molde será cuando se adicione 1.6% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya.

Ballat, 2014; indica en su investigación que la firmeza o dureza determinada por texturómetro, está relacionada con la fuerza aplicada para provocar deformación de la muestra. En los panes con harina de soya la firmeza osciló entre valores cercanos a 1N y superiores a 5N . En general se observó valores bajos de firmeza para los panes sin soya.

Por otro lado en la investigación realizada por Guilavert (2008) se encontró que al aumentar las concentraciones de harina de alcachofa (3%, 6%, 9%, 12%) se obtiene valores de dureza en un rango creciente de 0.83 a 3.79 N. Esto debido a que existe una relación entre la dureza y contenido de gluten. Menor contenido de gluten se relaciona con la mayor dureza de la miga. La sustitución de diferentes cantidades de harina de trigo por fibra de alcachofa tiene el efecto de dilución, disminuyendo el contenido de gluten y modificando las propiedades viscoelásticas del gluten, lo que reduce el volumen del pan y dan a la miga una estructura compacta.

4.2.5.3. Elasticidad (mm)

De forma general los valores reportados para la elasticidad del pan de molde presentan un rango de 6.91 a 8.94 (tabla 36)

A través de los resultados fue posible determinar los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes (**tabla 40**) y los efectos significativos para la variable en estudio (**figura 31**). Además de los coeficientes de regresión, se muestra el error estándar, el valor de t-student (en función a los grados de libertad del error experimental y/o residuo); y los valores de probabilidad de los términos lineales (L), cuadráticos (Q); así como de la interacción de las variables independientes de Harina de cáscara de alcachofa (x_1) y harina de soya (x_2).

El porcentaje de significancia considerado en el análisis estadístico fue el 5%, es decir que los términos que tengan una probabilidad menor a 0.05 serán significativos. Por lo tanto se concluye que no hubo términos significativos en el estudio de la variable elasticidad.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación (r^2); para el delineamiento experimental completo fue de **64.030%**. Este valor indica la falta de ajuste del modelo.

Por tanto, el modelo matemático y la superficie de respuesta no fueron establecidos.

Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la elasticidad, en función de las variables en estudio, se concluye que la selección de cualquier nivel de harina de alcachofa y harina de soya, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

El parámetro elasticidad tampoco fue significativo en un pan con sustituciones parciales de 3%; 6%, 9% y 12% de harina de alcachofa; puesto que se obtuvieron valores de 9.6mm, 9.7mm, 9.6mm y 9.6mm; respectivamente. (Guilavert, 2008). De igual manera Boubaker (2016), señalo que no hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las formulaciones con sustituciones parciales de 2.5%, 5%, 7.5% y 10%.

**Tabla 40: Coeficientes de regresión para respuesta Elasticidad
(mm) de los panes de molde.**

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t	p-valor*
Media	8.74	0.29	30.27	<0.0001
x₁ (L)	-0.60	0.35	-1.69	0.1499
x₁ (Q)	-0.42	0.42	-1.01	0.3609
x₂ (L)	-0.01	0.35	-0.04	0.9679
x₂ (Q)	-0.48	0.42	-1.15	0.3029
x₁ x x₂	1.03	0.49	2.05	0.0957

x₁=Harina de alcachofa, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia (p<0.05).

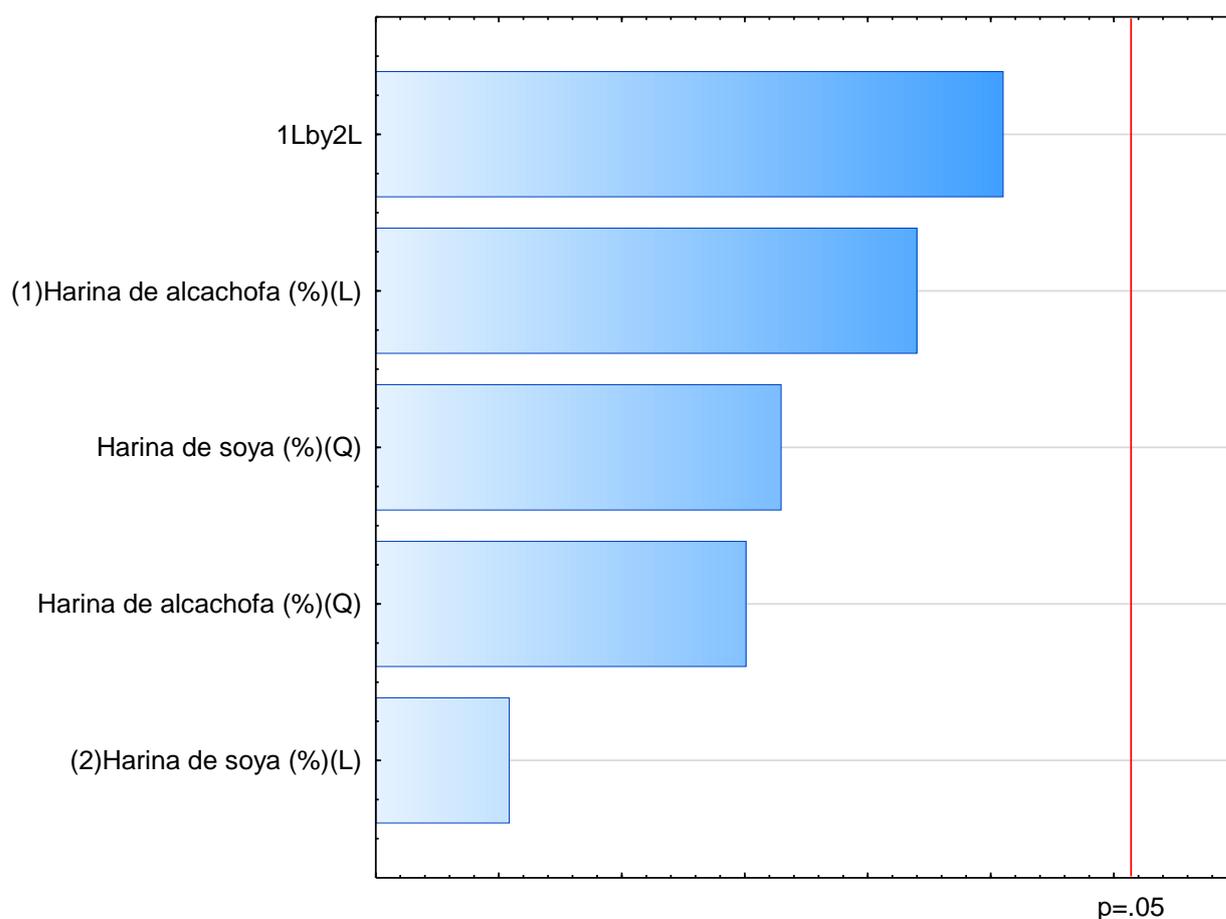


Figura 31: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta elasticidad instrumental

4.2.5.4. Masticabilidad (mJ)

De forma general los valores reportados para la masticabilidad del pan de molde presentan un rango de 30.17 a 94.57 (tabla 36)

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes de las variables independientes en estudio sobre la respuesta masticabilidad de los panes de molde, tabla 41 y figura 32. Analizando la probabilidad de significancia de los términos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) fueron los términos lineal y cuadrático de harina de alcañón y harina de soya. Únicamente la interacción de las variables no tiene incidencia en la respuesta.

Tabla 41: Coeficientes de regresión para respuesta Masticabilidad (mJ) de los panes de molde.

	Coeficientes de regresión	Error estándar	t(7)	p-valor*
Media	32.30	4.14	7.79	0.0006
x₁ (L)	32.64	5.07	6.43	0.0014
x₁ (Q)	35.34	6.04	5.85	0.0021
x₂ (L)	19.13	5.07	3.77	0.0130
x₂ (Q)	20.31	6.04	3.36	0.0201
x₁ x x₂	0.39	7.18	0.05	0.9588

x₁=Harina de alcañón, x₂=Harina de soya, L=término lineal, Q=término cuadrático.

* Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$).

El valor de coeficiente de determinación (r^2); para el diseño experimental completo fue de **94.884%**. Este valor indica el buen ajuste de la recta de regresión a los puntos o ensayos experimentales. Por otro lado, al excluir de la tabla 44, los términos que no fueron significativos ($p>0.05$); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **94.881%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

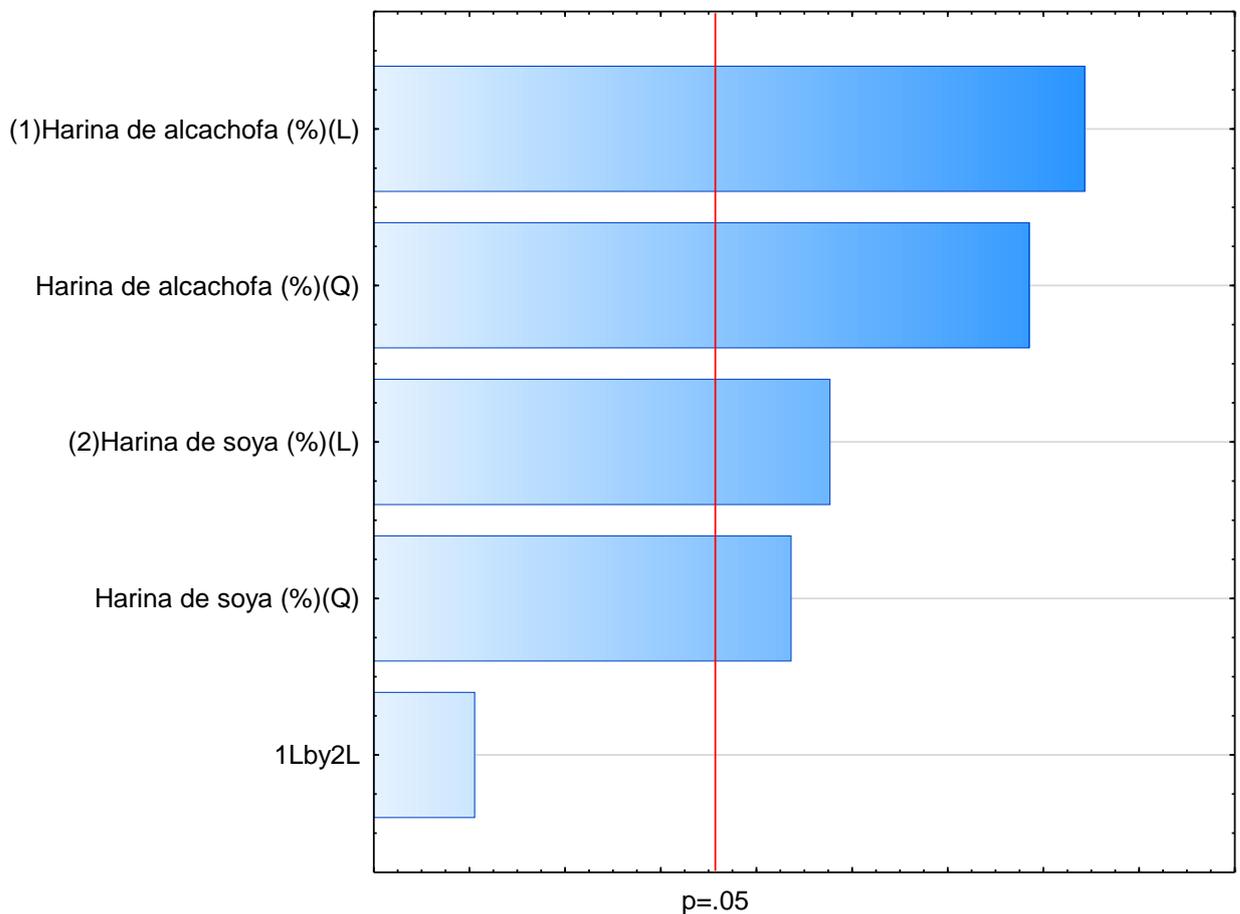


Figura 32: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta masticabilidad instrumental

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 42, se observa que el modelo que describe la respuesta dureza en función de las variables independientes en estudio, con los parámetros estadísticamente significativos, fue aceptable, puesto que el porcentaje de r^2 fue mayor a 70% y que el valor de $F_{calculado}$ es mayor al $F_{tabulado}$, permitiendo la construcción de un modelo matemático y una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 14, que muestra la posibilidad de la masticabilidad instrumental de ser estimado en función de la harina de alcachofa, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

Tabla 42: Análisis de varianza para la respuesta masticabilidad del pan de molde

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado (4, 6;0.05)
Regresión	4776.83	4	1194.21		
Residuos	257.69	6	42.95	27.80	
Total	5034.52	10	503.452		

$$\text{Masticabilidad} = y = 32.30 + 32.64x_1 + 35.34x_1^2 + 19.13x_2 + 20.31x_2^2 \dots(14)$$

La figura 33 muestra la superficie de respuesta obtenida para la masticabilidad del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la

minimización de la masticabilidad instrumental del pan de molde, se puede calcular los valores de harina de alcachofa y harina de soya que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener el valor más bajo de este parámetro. Por lo cual se deriva la ecuación (14).

En función de x_1 :

$$\frac{dy}{dx_1} = 32.64 + 70.68x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.46$$

En función de x_2 :

$$\frac{dy}{dx_2} = 19.13 + 40.62x_2 = 0$$

$$x_2 = -0.47$$

Dado que los valores de x_1 y x_2 son valores codificados, se obtuvieron los valores reales de la tabla de Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2^2 , a través de ecuaciones proporcionales.

Por tanto para el valor codificado de $x_1 = -0.46$, se obtiene como valor real $a=2\%$ de harina de alcachofa. Y para el caso del valor codificado $x_2=-0.47$; se obtiene 2% de harina de soya. Es decir las concentraciones para obtener el mínimo valor de masticabilidad en los panes de molde será cuando se adicione 2% de harina de alcachofa y 2% de harina de soya.

La masticabilidad aumenta conforme se adiciona mayores concentraciones de harina de alcachofa y la influencia de la fibra de alcachofa es significativo con respecto al control cuando las cantidades adicionadas fueron 6% o más. (Guilabert, 2008). El efecto del aumento de los porcentajes de harina de

alcachofa (de 2.5% a 10%) en la masticabilidad se vio también reflejado en la investigación realizada por Boubaker (2016).

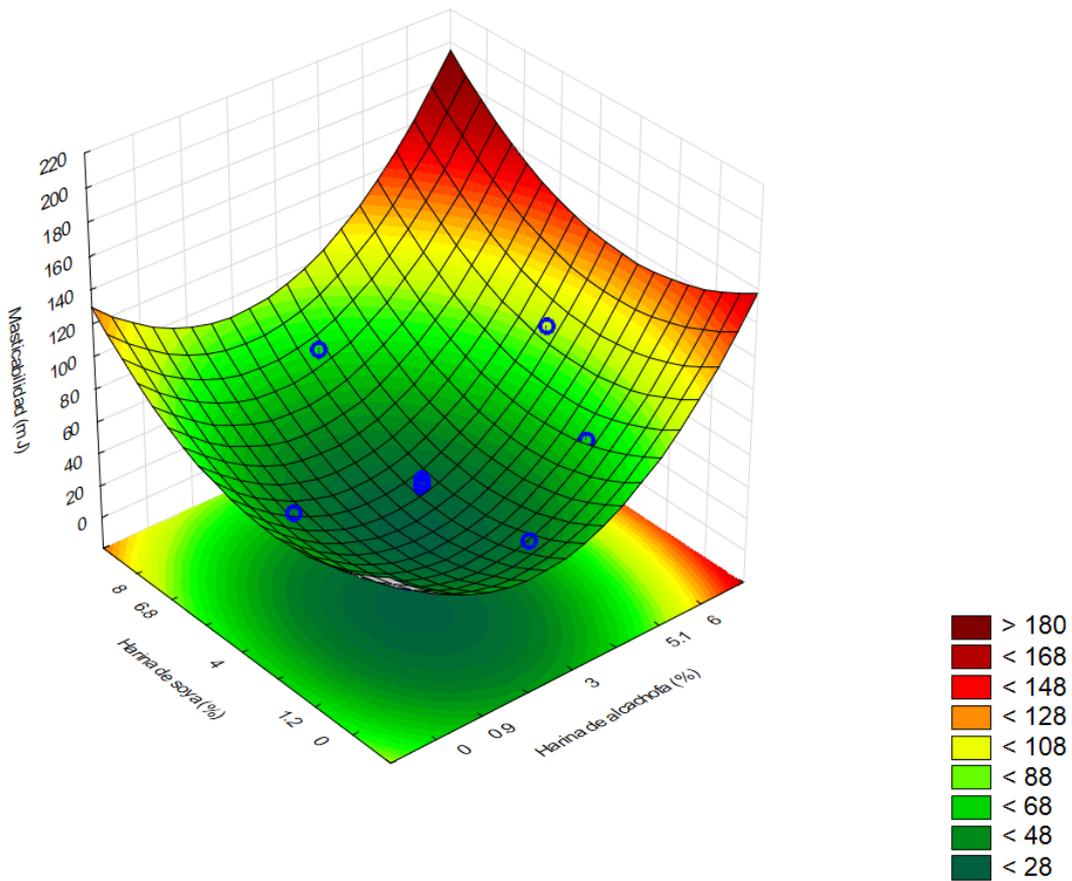


Figura 33. Superficies de respuesta para la masticabilidad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de alcachofa (%) y Harina de soya (mg/Kg).

4.3. Determinación de influencias significativas de las variables independientes en las respuestas estudiadas.

En la tabla 43 se muestra la incidencia que tuvo cada término e interacción de las variables independientes en las respuestas o variables dependientes estudiadas. Por lo tanto se ha recopilado toda la información mostrada anteriormente.

Tabla 43. Influencias estadísticamente significativas de las variables independientes sobre las respuestas.

VARIABLES INDEPENDIENTES E INTERACCIONES	INFLUENCIAS SIGNIFICATIVAS																
	Términos/Variables dependientes	Volumen específico	Luminosidad de la corteza	Cromacidad de la corteza	Angulo de tonalidad de la corteza	Luminosidad de la miga	Cromacidad de la miga	Angulo de tonalidad de la miga	Altura	Dureza	Elasticidad	Masticabilidad	Color	Aroma	Textura	Sabor	Intención de compra
Harina de Alcachofa 	Lineal	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
	Cuadrático	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-
Harina de soya 	Lineal	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
	Cuadrático	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-
Interacción de Harina de cáscara de alcachofa y soya  	Harina de kiwicha con quinua	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

+ = Tiene

4.4. Determinación de la mejor formulación.

La elección de la mejor formulación del Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2^2 aplicado, se realizó teniendo en cuenta que el producto tenga un volumen aceptable, además de su perfil de textura y que en el análisis sensorial la formulación goce de la mayor aceptación e intención de compra.

Luego de tal análisis se determinó que las mejores formulaciones fueron la 2 (0.9% de Harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya) y la 6 (6% de Harina de alcachofa y 4% de harina de soya).

4.4.1. Evaluación de las mejores formulaciones.

4.4.1.1. Composición porcentual.

En la tabla 44 se presentan los datos de composición porcentual de las mejores formulaciones incluyendo al patrón. De la tabla se puede verificar que las formulaciones 2 y 6 superan al pan patrón en el contenido de proteína, grasa y humedad; pudiendo deberse al aumento en el porcentaje de harina de alcachofa.

Guilavert (2008), menciona que al aumentar el contenido de alcachofa en pan, también aumenta los contenidos de proteínas lípidos y cenizas.

Tabla 44: Composición porcentual (%) de las mejores formulaciones.

Componentes %	Patrón	F 2 *	F 6*
Humedad	23.28	24.82	29.1
Grasa	11.49	12.54	12.28
Cenizas	2.66	2.5	2.21
Proteína	12.35	12.63	13.03
Carbohidratos	50.22	47.51	43.38

*F2 (0.9% de Harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya) y F 6(6% de Harina de alcachofa y 4% de harina de soya).

4.4.1.2. Fibra.

Se determinó el contenido de fibra obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 45. Contenido de fibra (%)

Materia Prima	Fibra (%)
F2	20.61
F6	5.38
Patrón	2.47

*F2 (0.9% de Harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya) y F 6(6% de Harina de alcachofa y 4% de harina de soya).

La harina de cáscara de alcachofa y harina de soya presentan altos niveles de fibra (42.82% y 57.23%). Estas diferencias son las responsables de la variación de los valores de fibra en el producto final, lo que produce un incremento de fibra a mayor porcentaje de sustitución de harina de alcachofa y harina de soya, mejorando de este modo, el contenido de fibra respecto al pan de molde solo con harina de trigo.

Resultados similares fueron reportados por Pimentel (2015) quien sustituyó harina de trigo por harina de brácteas de alcachofa en porcentajes de 3, 6, 9 y 12%. Al aumentar la sustitución el contenido de fibra mostro tendencia creciente, en un rango de 2.49 a 11.74%.

Así mismo Ballat (2014), señala que al incrementar el contenido de harina de soya también aumenta el contenido de fibra en el pan.

La figura 34 representa los resultados obtenidos para la variable respuesta fibra.

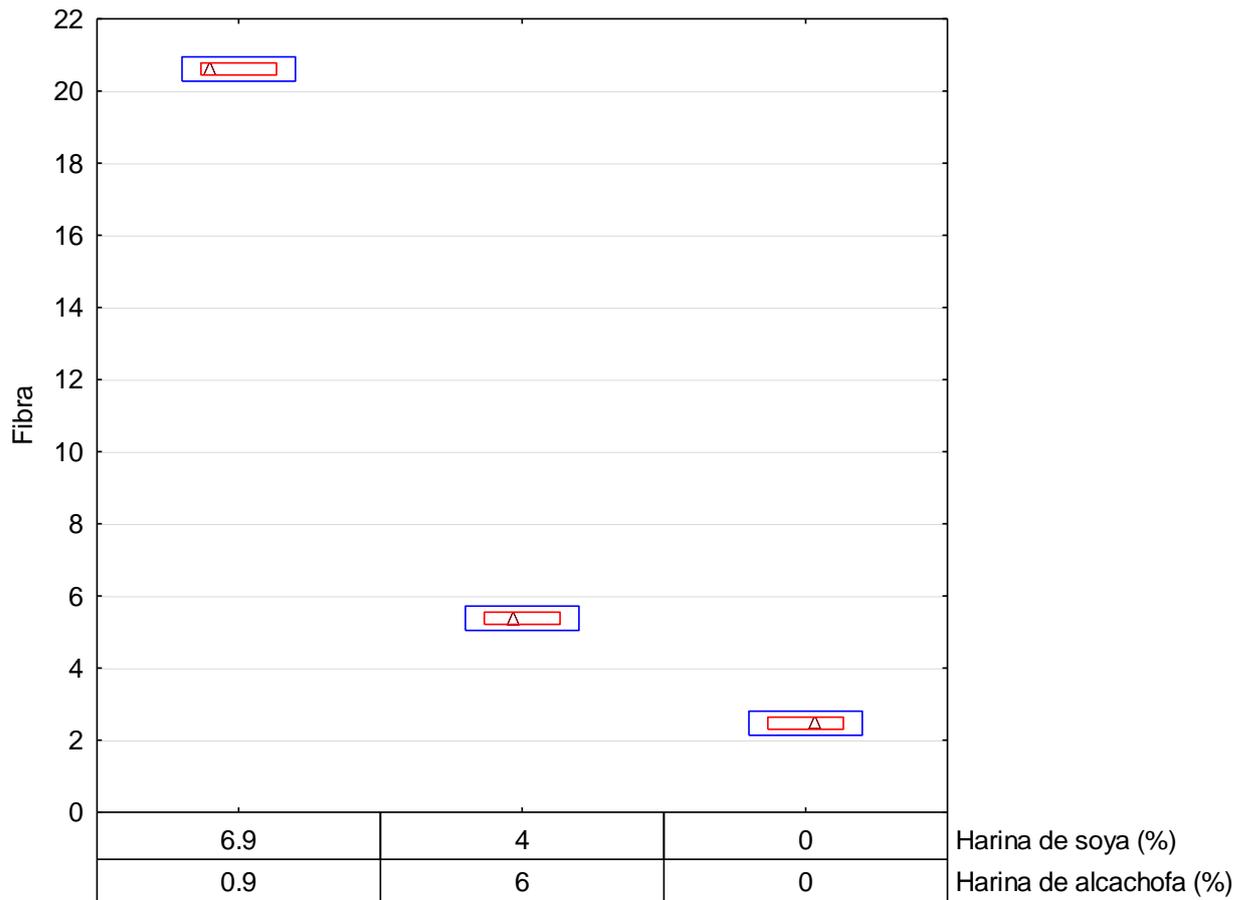


Figura 34. Contenido de fibra en las mejores formulaciones de pan de molde con sustitución parcial de harina de soya (%) y harina de alcachofa (%)

4.4.2. Determinación de región óptima.

Debido a la cantidad de variables respuestas que se tienen; pero básicamente a los resultados obtenidos no ha sido posible establecer una región adecuada para establecer rangos en las harinas de alcachofa y soya con el fin de obtener una pan de molde con condiciones óptimas. Esto como consecuencia a lo no concordancia de las regiones obtenidas (provenientes de las superficies de respuesta) para cada variable respuesta en estudio.

4.5. Computo químico.

Tabla 46: Cómputo Químico de los ensayos del planeamiento experimental.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
HARINA DE TRIGO (Triticum Aestivum)	97.9	97.9	88.1	88.1	96.0	90.0	97.0	89.0	93.0	93.0	93.0	
HARINA DE SOYA (Glycine Max)	1.2	1.2	6.8	6.8	4	4	0	8	4	4	4	
HARINA DE ALCACHOFA (Cynara Scolymus)	9	0.9	5.1	5.1	0	6	3	3	3	3	3	
FORMULACIONES (%)												Patrón de Aminoácidos (mg/g proteína)*
Isoleucina	117	118	118	119	118	118	117	119	118	118	118	30
Leucina	120	120	120	120	121	120	120	120	120	120	120	59
Lisina	69	70	70	72	71	71	69	72	71	71	71	45
Metionina+Cistina	194	190	190	187	194	187	192	189	191	191	191	22
Fenilalanina + tirosina	210	209	209	209	211	209	209	210	210	210	210	38
Treonina	136	140	140	141	136	142	138	140	139	139	139	23
Triptofano	199	195	195	196	201	194	197	198	198	198	198	6
Valina	121	124	124	124	120	124	122	122	122	122	122	39
SCORE QUIMICO (%)												
Histidina	165	164	160	158	163	161	166	158	162	162	162	15

*Fuente: WHO/FAO/UNU, 2007- Categoría Adultos.

El computo químico o score químico, mostrado en el tabla 46; identifica a la lisina como aminoácido limitante, sin embargo sobrepasa el límite mínimo de 70% recomendado por la FAO/OMS; excepto para las formulaciones 1(9% de harina de alcachofa y 1.2% de harina de soya) y 7(3% de harina de alcachofa y 0% de harina de soya) que tuvieron sustituciones parciales con bajos porcentaje. Por tanto no se logró complementar la deficiencia de la lisina.

No se mostró deficiencia de los demás aminoácidos esenciales en su totalidad, demostrado en los valores que exceden el 100%.

V. CONCLUSIONES

- Las variables independientes tuvieron incidencia en las respuestas en estudio. En el caso de la harina de alcachofa fue la variable que tuvo la mayor influencia estadísticamente significativa en las variables dependientes estudiadas, a excepción del parámetro elasticidad. La harina de soya presento influencia significativa en todos los parámetros menos en el volumen específico, la cromacidad de la miga, ángulo de tonalidad de la miga, elasticidad y en la propiedades organolépticas estudiadas. La mezcla de harinas solo tuvo efecto significativo en las respuesta luminosidad de la miga e intención de compra de los panes de molde.
- La composición proximal en la materia prima, da como resultado, para la Harina de soya 7.80 % humedad, proteína 6.75%, grasa 24.87%, cenizas 4.47%; para la harina de trigo 13.00% de humedad, proteína 12.03%, grasa 1.72%, cenizas 0.55; y para la harina de alcachofa 8.82% Humedad, proteína 6.20%, grasa 4.83% y cenizas 3.00%. La harina de soya y la harina de alcachofa presentaron valores de fibra de 42.82 y 57.23%, respectivamente.
- La evaluación sensorial realizada, nos indica que el producto goza de aceptabilidad del público en especial las formulaciones 2 (0.9% de Harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya) y 6(6% de Harina de alcachofa y 4% de harina de soya).
- Se pudo verificar que en general, los panes de molde presentaron una buena intención de compra. Dentro de las 11 formulaciones evaluadas,

las muestras 2 (0.9% de harina de alcachofa y 6.9% de harina de soya), 4 (5.1% de harina de alcachofa y 6.8% de harina de soya) y 6(6% de harina de alcachofa y 4% de harina de soya) presentaron mayores índices dentro la escala hedónica de 5 puntos utilizada.

- No es posible establecer una región óptima donde se obtengan las mejores condiciones para todas las respuestas que se establecieron en esta investigación. Esto debido a lo no concordancia en las regiones de las superficies de respuesta para cada variable dependiente; y también posiblemente a la elección de los límites para cada variable independiente en el diseño experimental antes de ejecutar el DCCR 2².
- El cómputo químico de aminoácidos esenciales para las formulaciones del Diseño Compuesto Central Rotacional (DCCR 2²) fue elevado para el total de aminoácidos, a excepción de algunas formulaciones que en el aminoácido Lisina no superaron el 70% mínimo recomendado por la FAO/OMS.
- La composición porcentual de las mejores formulaciones del diseño factorial 2² presento valores de 24.82% de humedad, 12.54% de grasa, 2.5% de cenizas, 12.63% de proteína y 20.61% de fibra para la formulación 2 y 29.1% de humedad, 12.28% de grasa, 2.21% de cenizas, 13.03% de proteína y 5.38% de fibra para la formulación 6.

VI. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar un estudio más completo sobre todas las formulaciones empleadas, a través de la elaboración de amilogramas, farinogramas y extensogramas para determinar la calidad de la masa panaria.
- Dado que el uso de la harina de soya en pan de molde provoca que estos sean catalogados como alimentos ricos en fibra (> 6% FDT), sería importante evaluar uno de los ingredientes que participan en la formulación (manteca vegetal) para poder sustituirla por otra más saludable y de esta manera convertir al pan de molde en un alimento funcional.
- Se recomienda utilizar microscopía electrónica de barrido para investigar la integridad de las migas de pan de los once tratamientos y compararlos con el patrón (T12, 100% harina de trigo).
- Podría ampliarse la elección de los límites para cada variable independiente, tanto para la soya y la alcachofa en el diseño experimental, antes de ejecutar el DCCR 2².

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Ballat, M. (2014). "Desarrollo de un producto de panificación mediante harina compuesta de trigo, mandioca y soya". Universidad Pública de Navarra. Pamplona.
- Boubaker, M (2016). "Effect of artichoke (*Cynara scolymus* L.) by-product on the quality and total phenol content of bread". Universidad de Carthage. Tunisia.
- Codex Alimentarius (1985). Norma del Codex para la harina de trigo.
- De la Cruz Quispe, W. (2009). "Complementación proteica de harina de trigo (*Triticum Aestivum* L.) por harina de quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil". Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima –Perú.
- Fierro, H. (2010). "Estudio de vida útil del pan de molde blanco". Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil Ecuador.
- Fonnegra, R.; Jimenez, S. (2007). Plantas medicinales aprobadas en Colombia.Colombia. Universidad de Antioquia.
- Guilavert, A (2008). "Effect of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Fiber on Textural and Sensory Qualities of Wheat Bread". Universidad Miguel Hernandez. España.
- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.27.(1986). Harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial.

- INDECOPI. Norma Técnica Peruana 205.040.(1976). Harinas sucedáneas de la harina de trigo. Generalidades.
- Jimenez, S. (2008). Producción y Comercialización de productos de soya. Quito-Ecuador.
- Marquez, L. (2008). “Efecto de la adición parcial de cáscara de espárrago y brácteas de alcachofa en polvo y salvado de trigo en sustitución de harina sobre las características sensoriales del pan”. Trujillo-Perú.
- Mashayekh, M. (2008). Effect of fortification od defatted soy flour on sensory and rheological properties of wheat bread. Iran.
- Pimentel, L. (2015). Efecto de la sustitución de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de brácteas de alcachofa (*cynara scolymus*) sobre el contenido de fibra cruda, firmeza instrumental y aceptabilidad general de galletas dulces. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Peru. 15-16
- Ridner, E. (1era edición) (2006). Soya-Propiedades Nutricionales y su impacto en la Salud. Buenos Aires, Argentina. Editorial Grupo Q S.A.
- Robles, F. 2001. La alcachofa: Nueva alternativa para la agricultura peruana. Prompex. Recuperado de:
<http://cdserver.mbasil.edu.pe/mbapage/BoletinesElectronicos/Estudios%20de%20mercado/alcachofaalternativa2001.pdf>.
- Rodríguez, M & Lemma, A. (2005). Planeamiento de Experimentos y optimización de procesos. Campiñas-Brasil. Editorial Casa del Pan. pp. 10-15

-Silva, C. (2016). "Elaboración de pan con harina de trigo, enriquecido con harina de soya y fibra soluble para mejorar su valor nutritivo". Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador.

-Turcios, V. (2004). Validación de programas de predicción para estimar el contenido de aminoácidos en maíz, harina de soya y sorgo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Escuela de Zootecnia. Guatemala.

-Vernaza, M. (2007). "Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá". Universidad Estatal de Campiñas. Campiñas-Brasil.

-WHO/FAO/UNU. (2007). Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. Who Technical Report Series 935.

-Aguilar, S. (2000). Estudio Bioquímico y nutricional del extracto liofilizado del fondo de alcachofa. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.

ANEXOS

ANEXO 1. Elaboración de los panes de molde desarrollando los 11 tratamientos con las diferentes formulaciones descritas en la metodología.



Figura 11. Preparación de la mezcla de harinas para formar la masa panaria para cada tratamiento, usando la amasadora de la Planta Piloto Agroindustrial



Figura 22. Formación de la masa panaria para dos tratamientos



Figura 33. Fermentado de la masa panaria en sus moldes respectivos



Figura 4. Panes de molde obtenidos para su evaluación

ANEXO 2. Evaluación del volumen específico

Los panes de molde obtenidos (02 panes para cada tratamiento), fueron sometidos a la evaluación del peso específico.



Figura 54. Evaluación del peso específico de los panes de molde utilizando la metodología de desplazamiento con semillas de alpiste.



Figura 6. Utilización de probeta graduada para verificar el volumen desplazado

ANEXO 3. Evaluación de la textura instrumental

La textura instrumental se evaluó con el equipo TexturePro CT V1.4 Build 17, de Brookfield Engineering Labs, Inc. El tipo de test fue el Análisis del Perfil de Textura (APT); la sonda que se utilizó fue la TA4/1000; el objetivo de la penetración fue de 10.0mm y la velocidad del test de 0.5 mm/s.



Figura 75. Muestras de pan de molde, sometidos al texturómetro Brookfield

ANEXO 4. Evaluación del color instrumental

El color instrumental involucró utilizar el colorímetro Konica Minolta para medir parámetros de color L, a y b. esto se desarrolló tanto para la miga como para la corteza.



Figura 87. Medición del color de la corteza para pan de molde



Figura 96. Medición del color de la miga para pan de molde

ANEXO 5. Evaluación de la Fibra Dietética Total (FDT)

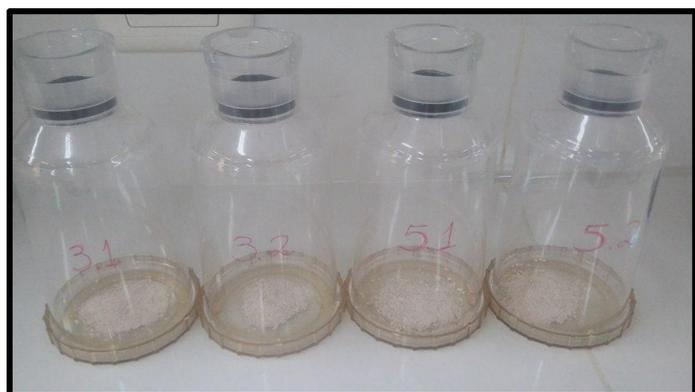


Figura 108. Preparación de las muestras en los vasos FOSS



Figura 110. Uso de la pipeta para agregar la enzima en los vasos que contienen las muestras.



Figura 92. Muestras ingresando al baño maría para incubar a 95°C y evaluar la acción de la enzima amilasa.



Figura 14. Filtrado y lavado de las muestras



Figura 11. Frascos de incubación conteniendo las muestras con los respectivos crisoles FOSS



Figura 15. Crisoles FOSS conteniendo los residuos de FDT

ANEXO 6. DATOS OBTENIDOS PARA EVALUAR VOLUMEN ESPECIFICO DE LOS PANES DE MOLDE

TABLA 1. VOLUMEN ESPECIFICO PARA LAS 11 FORMULACIONES

Tratamientos	Muestras	Peso (g)	Volumen desplazado (ml)	Volumen especifico (ml/g)	Promedio
T1	1	576	2860	4.965	4.981
	2	573	2863	4.997	
T2	1	590.5	2530	4.285	4.291
	2	589	2531	4.297	
T3	1	574	2530	4.408	4.387
	2	580.5	2535	4.367	
T4	1	602	2150	3.571	3.591
	2	597	2155	3.610	
T5	1	575	2860	4.974	4.974
	2	575	2860	4.974	
T6	1	584	2060	3.527	3.523
	2	585	2058	3.518	
T7	1	574	2730	4.756	4.746
	2	576	2728	4.736	
T8	1	587	2360	4.020	4.037
	2	583.5	2365	4.053	
T9	1	575.5	2560	4.448	4.421
	2	582	2557	4.393	
T10	1	583	2750	4.717	4.704
	2	585.5	2747	4.692	
T11	1	578	2600	4.498	4.501
	2	577.5	2601	4.504	
PATRON	1	571	2670	4.676	4.682
	2	570	2672	4.688	

ANEXO 7: DATOS PARA EVALUAR EL COLOR DE LA CORTEZA DE LOS PANES DE MOLDE

Tratamientos	Muestras	Luminosidad	a	b	Cromacidad	Angulo tonalidad, h	H (grados sexagesimales)
T1	1	37.66	4.57	11.970	12.813	1.206	69.1036
	2	37.48	4.48	11.910	12.725	1.211	69.3858
	3	36.98	4.18	11.630	12.358	1.226	70.2306
	promedio	37.373	4.410	11.837	12.631	1.214	69.5659
T2	1	35.23	3.21	11.890	12.316	1.307	74.8916
	2	37.8	2.82	13.030	13.332	1.358	77.7880
	3	37.94	3.66	13.960	14.432	1.314	75.3088
	Promedio	36.990	3.230	12.960	13.356	1.327	76.0052
T3	1	37.56	4.37	13.890	14.561	1.266	72.5355
	2	35.11	3.94	11.870	12.507	1.250	71.6373
	3	38.31	4.82	14.240	15.034	1.244	71.2997
	Promedio	36.993	4.377	13.333	14.033	1.254	71.8274
T4	1	35.45	4.45	13.130	13.864	1.244	71.2774
	2	36.97	3.4	13.120	13.553	1.317	75.4714
	3	36.33	3.1	12.390	12.772	1.326	75.9527
	Promedio	36.250	3.650	12.880	13.387	1.295	74.1779
T5	1	36.55	4.65	14.450	15.180	1.259	72.1617
	2	33.49	5.24	12.560	13.609	1.176	67.3541
	3	36.4	5.15	14.140	15.049	1.222	69.9875
	Promedio	35.480	5.013	13.717	14.604	1.220	69.9229
T6	1	34.64	4.42	12.850	13.589	1.240	71.0182
	2	37.79	3.33	14.330	14.712	1.342	76.9176
	3	37.18	3.81	13.740	14.258	1.300	74.5015
	Promedio	36.537	3.853	13.640	14.174	1.295	74.2247
T7	1	35.1	4.41	14.320	14.984	1.272	72.8830
	2	35.51	3.6	14.860	15.290	1.333	76.3817
	3	35.36	4.15	14.550	15.130	1.293	74.0804
	Promedio	35.323	4.053	14.577	15.130	1.300	74.4602
T8	1	35.53	5.22	14.980	15.863	1.235	70.7882
	2	34.2	5.51	14.060	15.101	1.197	68.6000
	3	34.85	5.38	14.580	15.541	1.217	69.7458
	Promedio	34.860	5.370	14.540	15.500	1.217	69.7293
T9	1	28.89	5.4	11.650	12.841	1.137	65.1312
	2	30.42	4.58	11.620	12.490	1.195	68.4881
	3	30.05	5.21	11.630	12.744	1.150	65.8685
	Promedio	29.787	5.063	11.633	12.687	1.160	66.4791
T10	1	55.69	10.51	22.400	24.743	1.132	64.8640
	2	57.03	9.64	22.380	24.368	1.164	66.6963
	3	56.35	10.05	22.390	24.542	1.149	65.8264
	Promedio	56.357	10.067	22.390	24.549	1.148	65.7909
T11	1	58.48	12.01	26.350	28.958	1.143	65.4969
	2	56.12	10.9	24.040	26.396	1.145	65.6098
	3	57.32	11.45	25.380	27.843	1.147	65.7177
	Promedio	57.307	11.453	25.257	27.732	1.145	65.6066
PATRON	1	62.96	11.15	29.140	31.200	1.205	69.0612
	2	61.52	11.6	28.440	30.715	1.184	67.8105
	3	62.52	11.38	28.920	31.078	1.196	68.5202
	Promedio	62.333	11.377	28.833	30.997	1.195	68.4673

**ANEXO 8: DATOS PARA EVALUAR EL COLOR DE LA MIGA DE LOS
PANES DE MOLDE**

Tratamientos	Muestras	Luminosidad	a	b	Cromacidad	Angulo tonalidad, h	H (grados sexagesimales)
T1	1	45.34	-1.3	7.030	7.149	-1.388	-79.523
	2	45.11	-1.25	7.550	7.653	-1.407	-80.599
	3	45.28	-1.29	7.280	7.393	-1.395	-79.951
	promedio	45.243	-1.280	7.287	7.398	-1.397	-80.037
T2	1	33.83	-0.19	9.400	9.402	-1.551	-88.842
	2	34.78	-0.27	9.490	9.494	-1.542	-88.370
	3	34.28	-0.22	9.445	9.448	-1.548	-88.665
	Promedio	34.297	-0.227	9.445	9.448	-1.547	-88.625
T3	1	45.93	-1.25	7.440	7.544	-1.404	-80.463
	2	42.45	-1.17	6.420	6.526	-1.391	-79.671
	3	43.65	-1.2	7.050	7.151	-1.402	-80.340
	Promedio	44.010	-1.207	6.970	7.074	-1.399	-80.178
T4	1	38.22	-0.45	10.740	10.749	-1.529	-87.601
	2	37.05	-0.34	9.910	9.916	-1.537	-88.035
	3	37.85	-0.41	10.450	10.458	-1.532	-87.753
	Promedio	37.707	-0.400	10.367	10.374	-1.532	-87.790
T5	1	48.69	-1.23	7.770	7.867	-1.414	-81.004
	2	46.02	-1.18	7.230	7.326	-1.409	-80.730
	3	47.32	-1.21	7.521	7.618	-1.411	-80.860
	Promedio	47.343	-1.207	7.507	7.603	-1.411	-80.868
T6	1	35.49	-0.36	9.000	9.007	-1.531	-87.709
	2	35.56	-0.33	9.150	9.156	-1.535	-87.934
	3	35.52	-0.34	9.100	9.106	-1.533	-87.860
	Promedio	35.523	-0.343	9.083	9.090	-1.533	-87.835
T7	1	43.13	-1.27	8.860	8.951	-1.428	-81.843
	2	40.56	-1.1	9.040	9.107	-1.450	-83.062
	3	42.48	-1.21	8.960	9.041	-1.437	-82.309
	Promedio	42.057	-1.193	8.953	9.033	-1.438	-82.408
T8	1	41.34	-0.75	9.360	9.390	-1.491	-85.419
	2	39.56	-0.65	9.170	9.193	-1.500	-85.945
	3	40.78	-0.72	9.260	9.288	-1.493	-85.554
	Promedio	40.560	-0.707	9.263	9.290	-1.495	-85.637
T9	1	42.5	-1.08	9.330	9.392	-1.456	-83.397
	2	39.25	-0.86	8.490	8.533	-1.470	-84.216
	3	41.85	-0.96	8.960	9.011	-1.464	-83.884
	Promedio	41.200	-0.967	8.927	8.979	-1.463	-83.819
T10	1	55.51	-0.95	9.240	9.289	-1.468	-84.130
	2	53.18	-0.82	8.400	8.440	-1.473	-84.424
	3	54.35	-0.91	8.860	8.907	-1.468	-84.136
	Promedio	54.347	-0.893	8.833	8.878	-1.470	-84.225
T11	1	54.7	-0.88	9.150	9.192	-1.475	-84.506
	2	53.22	-0.82	8.710	8.749	-1.477	-84.622
	3	53.95	-0.81	9.052	9.088	-1.482	-84.886
	Promedio	53.957	-0.837	8.971	9.010	-1.478	-84.671
PATRON	1	57.43	-1.45	7.610	7.747	-1.383	-79.212
	2	56.89	-1.6	8.030	8.188	-1.374	-78.731
	3	57.05	-1.52	7.860	8.006	-1.380	-79.055
	Promedio	57.123	-1.523	7.833	7.980	-1.379	-78.995

**ANEXO 9: ANALISIS DE PERFIL DE TEXTURA PARA LOS PANES
DE MOLDE**

TRATAMIENTOS	H.SOYA (%)	H. ALCACHOFA (%)	Altura (mm)			DUREZA (Newton)	ELASTICIDAD (mm)	MASTICABILIDAD (mJ)
			26.07.16	01.08.16	03.08.16			
T1	1.2	0.9	105	85	87	6	8.91	30.17
T2	6.9	0.9	100	80	80	28.22	6.91	64.28
T3	1.2	5.1	100	100	100	9.62	8.94	45.23
T4	6.8	5.1	100	80	85	23.9	7.99	80.12
T5	4	0	97	95	95	9.87	8.82	51.05
T6	4	6	100	90	83	24.49	8.5	94.57
T7	0	3	100	95	95	9.66	8.66	41.66
T8	8	3	98	90	90	17.9	8.54	73.91
T9	4	3	95	90	85	8.69	8.35	34.46
T10	4	3	91	95	100	7.24	8.74	32.32
T11	4	3	100	95	105	6.11	8.73	30.12
PATRON	0	0	100	100	100	7.52	8.76	29.14

ANEXO 10: FOTOS DE LAS REBANADAS DE PANES DE MOLDE PARA VISUALIZAR LAS CELDAS EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS



T1
H.SOYA = 1.2%
H.ALCA= 0.9%
H. TRIGO= 97.9%
H= 105 mm



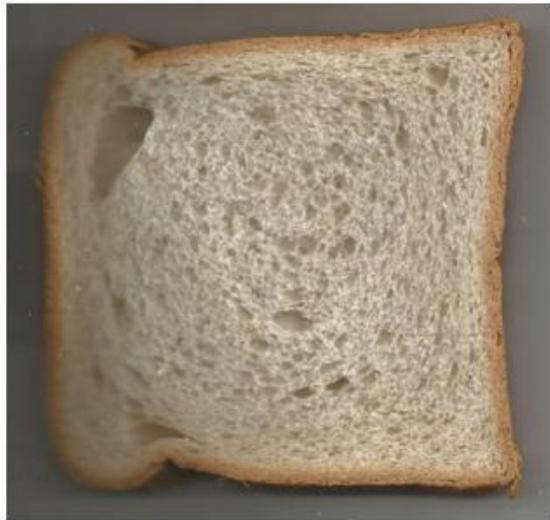
T2
H.SOYA = 6.9%
H.ALCA= 0.9%
H. TRIGO= 92.2%
H= 100 mm



T3
H.SOYA = 1.2%
H.ALCA= 5.1%
H. TRIGO= 93.7%
H= 100 mm



T4
H.SOYA = 6.8%
H.ALCA= 5.1%
H. TRIGO= 88.1%
H= 100 mm



T5
H.SOYA = 4.0%
H.ALCA= 0.0%
H. TRIGO= 96.0%
H= 97 mm



T6
H.SOYA = 4.0%
H.ALCA= 6.0%
H. TRIGO= 90.0%
H= 100 mm



T7
H.SOYA = 0.0%
H.ALCA= 3.0%
H. TRIGO= 97.0%
H= 100 mm



T8
H.SOYA = 8.0%
H.ALCA= 3.0%
H. TRIGO= 89.0%
H= 98 mm

