

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



**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE HARINA DE  
CÁSCARADE MARACUYÁ (*Pasiflora Edulis*), VARIEDAD  
FLAVICARPA Y ÁCIDO ASCÓRBICO SOBRE LAS  
CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL PAN DE  
MOLDE”.**

**PRESENTADO POR: Bach. DÍAZ MIÑANO CECILIA ESPERANZA.**

**Bach. FLORES LOYOLA ENRIQUE ARMANDO.**

**TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**NUEVO CHIMBOTE – PERU**

**2018**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



## HOJA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

El presente trabajo de este título: **“INFLUENCIA DE LA ADICION DE HARINA DE CÁSCARADE MARACUYÁ (*Pasiflora Edulis*), VARIEDAD FLAVICARPA Y ÁCIDO ASCÓRBICO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL PAN DE MOLDE”**. Ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firmo el presente trabajo en calidad de Asesor-Designado por Resolución Decanatural N° 331-2017-UNS-FI.

---

DR. CESAR MORENO ROJO



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



**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**“INFLUENCIA DE LA ADICION DE HARINA DE CÁSCARADE MARACUYÁ (*Pasiflora Edulis*), VARIEDAD FLAVICARPA Y ÁCIDO ASCÓRBICO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL PAN DE MOLDE.”**

**TESISTAS**

**Bach. Díaz Miñano Cecilia Esperanza.**

**Bach. Flores Loyola Enrique Armando.**

Revisado y Aprobado el día 11 de Mayo del 2018, por el siguiente Jurado Evaluador, designados mediante Resolución N° 119-2018-UNS-CFI.

---

**M. Sc. SAÚL MARCO EUSEBIO LARA**  
**PRESIDENTE**

---

**DR. CESAR MORENO ROJO**  
**SECRETARIO**

---

**DR. DANIEL SANCHES VACA**  
**INTEGRANTE**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**TITULO:**

“INFLUENCIA DE LA ADICION DE HARINA DE CASCARA DE MARACUYA (Pasiflora Edulis), VARIEDAD FLAVICARPA Y ACIDO ASCORBICO SOBRE LAS CARACTERISTICAS TECNOLOGICAS DEL PAN DE MOLDE.”

**PRESENTADO POR:**

Bach. DIAZ MIÑANO CECILIA ESPERANZA

Bach. FLORES LOYOLA ENRIQUE ARMANDO

**ASESOR:**

Dr. MORENO ROJO CESAR

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2017

## **DEDICATORIA**

La presente Tesis está dedicada a Dios,  
Ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.  
A mis padres, mi esposo y mi hija, porque ellos siempre  
estuvieron a mi lado brindándome su amor, apoyo,  
por sus consejos y por brindarme el tiempo necesario para  
realizarme profesionalmente.

***Cecilia Díaz Miñano***

A Dios por estar presente cada día de mi vida y darme  
la fortaleza de no flaquear ante las adversidades que se  
me presentaron en el camino.

A mi madre Maura Loyola de Flores, por darme su  
inmenso amor, y por ser mi motor a seguir  
esforzándome a conseguir ser un mejor profesional y  
ser humano.

A mi padre Luis Flores Amancio, que a pesar de todas  
las dificultades es mi fuente de admiración.

A mis hermanos: Betty, Richard, Rita, Luis Patricia,  
Jorge, por motivarme y apoyarme a seguir adelante.

A mi esposa Tania y mis hijas: Melissa y Abigail. A  
quien le adeudo tiempo, dedicadas al estudio y el  
trabajo, por comprenderme y brindarme su amor y  
apoyo incondicional.

***Enrique Flores Loyola***

## **AGRADECIMIENTO**

*A nuestro asesor Dr. Cesar Moreno Rojo, por su valiosa guía y paciencia, en la asesoría de la presente investigación.*

*A los docentes de la E. A. P. de Ingeniería Agroindustrial, por sus enseñanzas y apoyo durante nuestra formación profesional en nuestra querida alma mater.*

*A nuestros familiares y personas que directa o indirectamente apoyaron y lograron que este proyecto se realice.*

*De manera muy especial al Ing. Pedro Ayala, por el apoyo incondicional recibido durante este trabajo de investigación.*

## INDICE GENERAL

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I. INTRODUCCION.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>II. REVISION BIBLIOGRAFICA.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2.1 EL TRIGO (Triticum aestivum).....</b>   | <b>7</b>  |
| 2.1.1 Generalidades del Trigo .....  | 7         |
| 2.1.2 Taxonomía y morfología.....  | 7         |
| 2.1.3 Composición Química del Trigo .....  | 9         |
| 2.1.4 Clasificación del trigo según su utilización.....                                  | 15        |
| 2.1.5 Harina de Trigo .....  | 16        |
| <b>2.2 MARACUYA (Passiflora Edulis) .....</b>  | <b>22</b> |
| 2.2.1 Producción Mundial .....   | 23        |
| 2.2.2 Producción de maracuyá en el Perú .....  | 24        |
| 2.2.3 Harina de cascara de maracuyá .....  | 25        |
| <b>2.3 Acido Ascorbico.....</b>  | <b>26</b> |
| <b>2.4. Proceso tecnológico del pan de molde .....</b>                                   | <b>27</b> |
| 2.4.1. Recepción.....  | 27        |
| 2.4.2. Formulación para el pan de molde. ....  | 27        |
| 2.4.3. Pesado de Materia Prima e Insumos.....  | 28        |
| 2.4.4. El amasado y su importancia.....  | 28        |
| 2.4.5. División o Corte y Pesado.....  | 30        |
| 2.4.6. Boleado y Moldeado. ....  | 31        |
| 2.4.7. Fermentación.....   | 31        |
| 2.4.8. Horneado .....  | 34        |
| 2.4.9. Enfriado.....   | 36        |
| 2.4.10. Rebanado y Embolsado. ....   | 37        |
| 2.4.11. Almacenamiento.....  | 37        |
| <b>2.5 Evaluación sensorial.....</b>   | <b>38</b> |
| <b>2.6 Fibra dietética.....</b>  | <b>38</b> |
| a. Clasificación.....  | 39        |
| b. Efectos fisiológicos y terapéuticos derivados por el consumo de fibra dietética ..... | 39        |
| c. Compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante .....                                | 39        |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>  | <b>41</b> |
| 3.1. Lugar de Ejecución.....   | 41        |
| 3.2. Materiales.....   | 41        |

|  |            |
|--|------------|
| 3.2.1. Materia Prima.....  | 41         |
| 3.2.2. Insumos.....  | 41         |
| 3.2.3. Equipos e instrumentos, reactivos y otros materiales.....   | 42         |
| <b>3.3. Métodos.....</b>   | <b>43</b>  |
| 3.3.1. Caracterización de las materias primas.....   | 43         |
| 3.3.2 Producción de panes.....   | 44         |
| 3.3.3. Evaluación de la calidad de los panes.....  | 49         |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>   | <b>51</b>  |
| <b>4.1. Caracterización de las materias primas.....</b>  | <b>51</b>  |
| 4.1.1. Caracterización de la harina de trigo.....  | 51         |
| 4.1.2 Caracterización de la harina de cascara de maracuya .....  | 52         |
| 4.1.3 Análisis físico químico de los panes de molde obtenidos con diferentes porcentajes de harina de cascara de mango.....                    | 54         |
| <b>4.2. Evaluación sensorial.....</b>  | <b>59</b>  |
| 4.2.1. Color del pan de molde.....   | 59         |
| 4.2.2. Apariencia del pan de molde.....  | 64         |
| 4.2.3. Aroma del pan de molde.....   | 67         |
| 4.2.4. Textura del pan de molde.....   | 71         |
| 4.2.5. Sabor del pan de molde.....   | 74         |
| 4.2.6. Intención de compra.....  | 78         |
| <b>4.3. Perfil textura.....</b>  | <b>80</b>  |
| 4.3.1. Dureza.....   | 80         |
| 4.3.2. Firmeza.....  | 85         |
| 4.3.3. Elasticidad.....  | 90         |
| 4.3.4. Masticabilidad.....   | 91         |
| <b>4.4 Análisis físico químico para el tratamiento optimo.....</b>   | <b>96</b>  |
| <b>Discusión .....</b>   | <b>97</b>  |
| <b>V. CONCLUSIONES.....</b>  | <b>99</b>  |
| <b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>100</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>103</b> |
| ANEXO 1. Elaboración de los panes de molde desarrollando los 11 tratamientos con las diferentes formulaciones descritas en la metodología..... | 104        |
| ANEXO 2. Evaluación del volumen específico.....  | 106        |
| ANEXO 3. Evaluación de la textura instrumental .....   | 107        |
| ANEXO 4. Evaluación del color instrumental.....  | 108        |
| ANEXO 5. Evaluación de la Fibra Dietética Total (FDT).....   | 109        |



|  |     |
|--|-----|
| ANEXO 6. Datos obtenidos para evaluar volumen específico de los panes de molde .....                               | 110 |
| ANEXO 7: Datos para evaluar el color de la corteza de los panes de molde .....                                     | 111 |
| ANEXO 8: Datos para evaluar el color de la miga de los panes de molde.....   | 112 |
| ANEXO 9: Analisis de perfil de textura para los panes de molde .....   | 113 |
| ANEXO 10: Fotos de las rebanadas de panes de molde para visualizar las celdas en cada uno de los tratamientos..... | 114 |
| ANEXO 11: Ficha de analisis sensorial .....  | 118 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Taxonomía del trigo. ....   | 8  |
| Tabla 2: Composición química del trigo y sus derivados en 100 g de alimentos. ....   | 11 |
| Tabla 3: Composición química de la harina de trigo.....  | 17 |
| Tabla 4: Principales sucedáneos del trigo en nuestro país.....   | 21 |
| Tabla 5: PERÚ- Superficie en verde de Maracuyá - (ha).....   | 24 |
| Tabla 6: Formulación utilizada para la producción de panes. ....   | 44 |
| Tabla 7: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 23, incluyendo 6 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central. . | 45 |
| Tabla 8: Valores codificados y valores reales del Diseño central compuesto rotacional  | 22 |
| .....  | 45 |
| Tabla 9: Composición porcentual (%) de la harina de trigo.....   | 51 |
| Tabla 10: Colorimetría de la harina de trigo.....  | 52 |
| Tabla 11: Composición porcentual (%) de la harina de cascara de maracuyá. ....   | 52 |
| Tabla 12: Colorimetría de la harina de cascara de maracuyá.....  | 54 |
| Tabla 13: Volumen específico del pan de molde. ....  | 55 |
| Tabla 14: Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de los panes de molde. ....  | 56 |
| Tabla 15: Análisis de varianza para la respuesta Volumen específico del pan de molde   | 57 |
| .....  | 57 |
| Tabla 16: Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde .....  | 60 |
| Tabla 17: Coeficientes de regresión para respuesta color de los panes de molde. ....   | 60 |
| Tabla 18: Análisis de varianza para la respuesta color del pan de molde .....  | 62 |
| Tabla 19: Coeficientes de regresión para respuesta apariencia de los panes de molde..  | 64 |
| Tabla 20: Análisis de varianza para la respuesta apariencia del pan de molde.....  | 65 |
| Tabla 21: Coeficientes de regresión para respuesta aroma de los panes de molde. ....   | 68 |
| Tabla 22: : Análisis de varianza para la respuesta apariencia del pan de molde.....  | 69 |
| Tabla 23: Coeficientes de regresión para respuesta textura de los panes de molde. ....   | 71 |
| Tabla 24: Análisis de varianza para la respuesta textura del pan de molde .....  | 72 |
| Tabla 25: Coeficientes de regresión para respuesta sabor de los panes de molde.....  | 75 |
| Tabla 26: Análisis de varianza para la respuesta sabor del pan de molde.....   | 76 |
| Tabla 27: Coeficientes de regresión para respuesta Intención de compra de los panes de molde. ....   | 79 |
| Tabla 28: Respuestas obtenidas del perfil de textura de los panes de molde .....   | 80 |
| Tabla 29: Coeficientes de regresión para respuesta dureza de los panes de molde.....   | 81 |
| Tabla 30: Análisis de varianza para la dureza del pan de molde.....  | 82 |
| Tabla 31: Niveles.....   | 84 |
| Tabla 32: Coeficientes de regresión para la respuesta firmeza de los panes de molde. .   | 85 |
| Tabla 33: Análisis de varianza para la firmeza del pan de molde .....  | 86 |
| Tabla 34: Coeficientes de regresión para la respuesta elasticidad de los panes de molde. ....  | 90 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 35: Coeficientes de regresión para la respuesta masticabilidad de los panes de molde..... | 92 |
| Tabla 36: Análisis de varianza para la masticabilidad del pan de molde .....                    | 93 |
| Tabla 37: Composición porcentual (%) de pan de molde (T7). .....                                | 97 |

## **INDICE DE FIGURAS:**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Corte longitudinal de un grano de trigo (Hoseney, 1991).....  | 16 |
| Figura 2: Producción de maracuyá a nivel mundial. ....  | 24 |
| Figura 3: Área verde de maracuyá 2009 (HA). ....  | 25 |
| Figura 4: Flujo de operaciones para obtener harina de cascara de maracuyá.....  | 25 |
| Figura 5: Diagrama de flujo a utilizarse en el proceso .....  | 48 |
| Figura 6: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.....  | 57 |
| Figura 7: Superficie de respuesta para el volumen de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y ácido ascórbico.....                          | 58 |
| Figura 8: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para el volumen de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y harina de garbanzo..... | 59 |
| Figura 9: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta color.....   | 61 |
| Figura 10: Superficie de respuesta para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                           | 63 |
| Figura 11: .Gráfico de contorno para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                              | 63 |
| Figura 12: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta apariencia. .   | 65 |
| Figura 13: Superficie de respuesta para la apariencia de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                      | 66 |
| Figura 14: Gráfico de contorno para la apariencia de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                          | 67 |
| Figura 15: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta aroma.....  | 68 |
| Figura 16: Superficie de respuesta para el aroma de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                           | 70 |
| Figura 17: Gráfico de contorno para el aroma de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                               | 70 |
| Figura 18: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta textura.....  | 72 |
| Figura 19: Superficie de respuesta para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                         | 73 |
| Figura 20: Gráfico de contorno para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                             | 74 |
| Figura 21: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta sabor. ....   | 76 |
| Figura 22: Superficie de respuesta para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                           | 77 |
| Figura 23: Gráfico de contorno para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                               | 78 |
| Figura 24: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta intención de compra. ....   | 79 |
| Figura 25: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta dureza .....  | 81 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 26: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la dureza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.             | 83  |
| Figura 27: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la dureza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.             | 83  |
| Figura 28: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Firmeza.....   | 86  |
| Figura 29: Superficie de respuesta para la firmeza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                              | 89  |
| Figura 30: Gráfico de contorno para la firmeza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                                  | 89  |
| Figura 31: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Elasticidad .  | 91  |
| Figura 32: Diagrama de pareto de efectos significativos para la respuesta Masticabilidad   | 93  |
| Figura 33: Superficie de respuesta para la masticabilidad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.....                       | 94  |
| Figura 34: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la masticabilidad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico..... | 95  |
| Figura 35. Frascos de incubación conteniendo las muestras con los respectivos crisoles FOSS.....   | 109 |

## RESUMEN

En este trabajo de investigación, se elaboraron panes de molde, con adición de harina de cáscara de maracuyá y ácido ascórbico con el objetivo de estudiar la influencia de ambos en el producto terminado. Las formulaciones fueron realizadas utilizándose un delineamiento factorial completo  $2^2$ , considerando como variables independientes los niveles de harina de cascara de maracuyá y ácido ascórbico. Los efectos de estas variables fueron evaluados en función de las características tecnológicas (volumen específico y color de la corteza y miga del pan, textura instrumental), fibra dietética total (FDT), y propiedades sensoriales realizados con 30 panelistas. Los resultados fueron analizados por la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR), indicando que para el volumen específico, que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de maracuyá entre 3.88 y 8.12% y Ácido ascórbico entre 88 y 100ppm, se obtendrán volúmenes mayores (entre 4.6 y 4.7 ml/g) en los panes de molde. Así mismo, la incorporación de fibra dietética de la harina de cascara de maracuyá influyen en la calidad obteniéndose panes de molde rico en fibra (>3% FDT).

Se obtuvo valores de optimización para el color y sabor utilizando de 3 a 6% de harina de cascara de maracuyá; lo óptimo para obtener la menor dureza se da con 5.3% de HCMA y 60 ppm de AA; la menor firmeza con 5.2% HCMA y 60 ppm AA y la menor masticabilidad de los panes de molde, con 5.2% HCMA y 60 ppm AA.

El mejor tratamiento (T7: 6% HCMA y 20 ppm AA), obtuvo un 5.28% de FDT; proteínas, 12.14%; Grasa, 12.73%; cenizas, 3.25%, todos mayores en comparación con el pan de molde blanco sin HCMA.

Palabras claves: Pan de molde, harina de cascara de maracuyá, fibra dietética, ácido ascórbico, metodología de superficie de respuesta (MSR)

## ABSTRACT

In this research, mold breads were prepared with the addition of passion fruit peel flour and ascorbic acid in order to study the influence of both on the finished product. The formulations were made using a complete factorial delineation 2<sup>2</sup>, considering as independent variables the levels of passion fruit peel flour and ascorbic acid. The effects of these variables were evaluated according to the technological characteristics (specific volume and color of the crust and bread crumb, instrumental texture), total dietary fiber (FDT), and sensorial properties performed with 30 panelists. The results were analyzed by the Response Surface Methodology (MSR), indicating that for the specific volume, that when adding percentages of passion fruit peel flour between 3.88 and 8.12% and ascorbic acid between 88 and 100ppm, larger volumes will be obtained ( between 4.6 and 4.7 ml / g) in the mold breads. Also, the incorporation of dietary fiber of passion fruit peel flour influences the quality obtaining breads of fiber-rich mold (> 3% FDT).

Optimization values were obtained for color and flavor using 3 to 6% passion fruit peel flour; the optimum to obtain the lowest hardness is given with 5.3% of HCMa and 60 ppm of AA; the lowest firmness with 5.2% HCMa and 60 ppm AA and the lowest chewability of the mold loaves, with 5.2% HCMa and 60 ppm AA.

The best treatment (T7: 6% HCMa and 20 ppm AA), obtained a 5.28% FDT; proteins, 12.14%; Fat, 12.73%; ash, 3.25%, all higher compared to white mold bread without HCMa.

Key words: Mold bread, passion fruit pear meal, dietary fiber, ascorbic acid, surface response methodology (MSR)

## **I. INTRODUCCION**

Hay una gran tendencia por el consumo de pan de molde, pero con alto contenido de fibra dietética. En la actualidad, estos famosos panes de molde se encuentran entre los productos de panificación con mayor popularidad a nivel mundial. (Zolezzi, 2013).

Como en la mayoría de productos de panificación, los panes de molde están tradicionalmente hechos a base de harina de trigo floja, harina que es baja en proteínas.

Para ello es que se está haciendo uso de las mezclas de harinas que contribuyan al mejoramiento a nivel del contenido de fibra de un producto de panificación.

Dentro de este marco ha nacido la idea del uso de la harina de cascara de maracuyá como sustituta parcial de la harina de trigo para los productos de panificación. En la actualidad la harina de cascara de maracuyá, es muy famoso por su alto contenido de fibra (60% de fibra dietética en base seca) (Canteri et al. 2010). La cascara de maracuyá contiene en su mayoría pectinas de alto metóxilo, que es beneficioso para los humanos, ya que ayudan a trabajar la glucosa y colesterol en la sangre (Ramos, 2004).

Diversas investigaciones datan sobre sustituciones parciales de la harina de trigo por harinas de diferentes tipos de cereales, leguminosas y granos como cebada, arveja, soya, etc; todas estas conocidas bajo la denominación de “harinas sucedáneas”.

Los procesos en la industria alimentaria traen como consecuencia una serie de desechos de toda índole; estos desechos más representativos son los orgánicos que en gran parte de las veces, aumentan el nivel de contaminación ambiental del lugar donde se procesan alimentos (Vélez et al. 2009).

Entre los residuos orgánicos de mayor importancia y relevancia en el área hortofrutícola se encuentran las cáscaras, las semillas, las pulpas y vegetales, entre otros. (Vélez et al. 2009).

Actualmente, la cascara de maracuyá (*pasiflora edulis*) es un subproducto de las industrias que desecha el 100%, siendo utilizado posteriormente como materia orgánica o empleado en la alimentación de los animales. Estos desechos pueden contener de 5-10% de pectina en base seca (Laboratorio de Nutrición y Bromatología, ESPOCH-Proyecto PROMSA 2002).

Es así que el agitado ritmo de vida de nuestra sociedad, conlleva a una nutrición incorrecta, motivando a las industrias a innovar sus productos alimenticios de alto



consumo diario, así cubriendo ciertas necesidades nutricionales, así como el pan de molde que elaboramos.

De lo expresado en los párrafos anteriores, ha servido como un incentivo, para la elaboración de un producto de panificación, con un nuevo sabor en el mercado y con un mejoramiento en el contenido de fibra. Así, que la presente investigación titulada: “influencia de la adición de harina de cascara de maracuyá (*pasiflora edulis*), variedad flavicarpa y ácido ascórbico sobre las características tecnológicas del pan de molde.” tiene como objetivos, determinar los análisis fisicoquímicos de las harinas de trigo y de cascara de maracuyá y evaluar las características tecnológicas y sensoriales del producto final obtenido.

Para este trabajo se evaluó el efecto la influencia de la adición de cascara de maracuyá (3-9%) , rica en fibra dietética antioxidante y ácido ascórbico (20-100 ppm) sobre las características tecnológicas (volumen específico, color y textura instrumental) y sensoriales (color, aroma ,apariencia, sabor y textura ), por medio de la metodología de superficies de respuesta con un diseño compuesto central rotacional (DCCR) , de segundo orden factorial completo  $2^2$  , con 4 puntos axiales y 3 repeticiones del punto central , totalizando 11 ensayos.

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 EL TRIGO (*Triticum aestivum*)

#### 2.1.1 Generalidades del Trigo

Siendo el trigo el cereal más importante, es por lo tanto uno de los más estudiados. Se cultiva principalmente en Europa, Canadá y Estados Unidos. Se divide en tres categorías según su contenido en proteínas. (Ramírez, 2007).

- **Trigos duros (*Triticum durum*):** Se caracterizan por un contenido importante en proteínas (13,5 - 15,0%) y bajo contenido en agua. La harina que producen estos trigos se utiliza principalmente en la producción de pastas.
- **Trigos semiduros (*Triticum vulgare*):** son menos ricos en materia proteica (12-13%), contienen un poco más de agua. Se utilizan principalmente para la fabricación de pan.
- **Trigos blandos (*Triticum club*):** son muy ricos en almidón proporcionando una harina muy blanca, contiene poca materia proteica (7,5 -10%). Se utiliza para la fabricación de galletas, pasteles, etc.

#### 2.1.2 Taxonomía y morfología

La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles, tal y como ocurre con los nombres de otros cereales (Aykrod et. Al 1970). El trigo es uno de los tres cereales más producido globalmente, y el más ampliamente conocido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano de trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios (Forero, 2000).

**Tabla 1: Taxonomía del trigo.**

| <b>TAXONOMÍA DEL TRIGO</b> |                  |
|----------------------------|------------------|
| Reino                      | Vegetal          |
| Subreino                   | Fanerógamas      |
| División                   | Cheteriodophitas |
| Subdivisión                | Angiospermas     |
| Clase                      | Monocotiledónea  |
| Orden                      | Cereales         |
| Familia                    | Gramínea         |
| Género                     | Triticum         |
| Especie                    | Vulgare          |
| N. Científico              | Triticum Vulgare |
| N. Común                   | Trigo            |

**FUENTE:** Gallejo, (2002)

Las partes de la planta de trigo se pueden describir de la siguiente manera:

**A. Raíz**

El trigo posee una raíz fasciculada o raíz en cabellera, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad. (Camacho, 1981).

**B. Tallo**

El tallo del trigo, de tipo herbáceo, es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0.5 a 2 metros de altura, es poco ramificado. (Mateo, 2005)

**C. Hojas**

Las hojas del trigo tienen una forma lineal lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas. (Camacho, 1981).

**D. Inflorescencia**

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas de 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas o glumelas, lodiculos o glomélulas. (Mateo, 2005)

#### E. Granos

Los granos son carióspsides que presentan forma ovalada con sus extremos redondeados.

El germen sobresale en uno de ellos y en el otro hay un mechón de pelos finos. El resto del grano, denominado endospermo, es un depósito de alimentos para el embrión, que representa el 82% del peso del grano. A lo largo de la cara ventral del grano hay una depresión (surco): una invaginación de la aleurona y todas las cubiertas. En el fondo del surco hay una zona vascular fuertemente pigmentada. El pericarpio y la testa, juntamente con la capa aleurona, conforman el salvado de trigo. El grano de trigo contiene una parte de la proteína que se llama gluten. El gluten facilita la elaboración de levadura de alta calidad, que son necesarias en la panificación. (Mateo, 2005)

#### **2.1.3 Composición Química del Trigo**

El grano maduro de trigo está formado por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, ácidos grasos, sustancias minerales y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas, enzimas y otras sustancias como pigmentos. (De la Vega, 2009).

El germen de trigo es rico en vitaminas del grupo B y E, y también contiene grasas, proteínas y minerales (Shewry y Halford, 2002; Gómez-Pallares et. al, 2007)

Dentro de las proteínas que contiene el trigo la más importante en la industria de panificación es el gluten que es un complejo de proteínas de color blanco grisáceo, duro y elástico, presente en el trigo; esta proteína da a la masa de pan el tacto viscoso o pegajoso que retiene el gas cuando sube por acción de la levadura (De la Vega, 2009).

El gluten se forma cuando se combinan con agua las proteínas gluteína y gliadina, presentes en la harina. Al cocerse el pan, el gluten de la masa se expande debido al dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  producido por acción de la levadura, dando a la masa una textura esponjosa y elástica. Los panes con gluten tienen mayor contenido en proteínas y menor contenido en almidón que otros panes. (Tapia, 2001).

**Tabla 2: Composición química del trigo y sus derivados en 100 g**

| CÓDIGO | Nombre del alimento                  | Energía kcal | Energía kJ | Agua g | Proteínas g | Grasa Total g | Carbohidratos totales g | Carbohidratos Disponibles g | Fibra cruda g | Fibra dietaria g | Cenizas g |
|--------|--------------------------------------|--------------|------------|--------|-------------|---------------|-------------------------|-----------------------------|---------------|------------------|-----------|
| A-01   | Trigo, harina fortificada con hierro | 354          | 1480       | 10,8   | 10,50       | 2,0           | 76,3                    | 73,6                        | 1,5           | 2,7              | 0,4       |
| A-02   | Trigo, llunka                        | 312          | 1307       | 16,1   | 9,10        | 1,0           | 71,8                    | 71,8                        | 2,9           | -                | 2,0       |
| A-03   | Trigo, harina tostada (machica)      | 347          | 1453       | 9,0    | 7,90        | 1,2           | 79,9                    | 77,2                        | 4,1           | 2,7              | 2,0       |
| A-04   | Trigo, mote (sancochado)             | 154          | 644        | 59,0   | 2,50        | 0,6           | 37,0                    | 37,0                        | 1,1           | -                | 0,9       |
| A-05   | Trigo para mote pelado cocido        | 69           | 289        | 82,9   | 1,90        | 0,1           | 14,7                    | 14,7                        | 0,2           | -                | 0,4       |
| A-06   | Trigo para mote pelado crudo         | 355          | 1484       | 12,5   | 9,80        | 0,9           | 74,6                    | 74,6                        | 0,7           | -                | 2,2       |
| A-07   | Trigo, pelado                        | 359          | 1503       | 12,6   | 8,40        | 1,4           | 76,1                    | 76,1                        | 2,0           | -                | 1,5       |
| A-08   | Trigo resbalado cocido               | 90           | 379        | 77,9   | 2,80        | 0,3           | 18,6                    | 18,6                        | 0,3           | -                | 0,4       |
| A-09   | Trigo resbalado crudo                | 357          | 1494       | 13,5   | 11,40       | 1,8           | 71,8                    | 71,8                        | 1,3           | -                | 1,5       |
| A-10   | Trigo, sémola                        | 335          | 1403       | 12,1   | 7,80        | 1,1           | 78,4                    | 74,5                        | 0,9           | 3,9              | 0,6       |
| A-11   | Trigo                                | 303          | 1267       | 11,6   | 10,30       | 1,9           | 74,7                    | 62,5                        | 3,0           | 12,2             | 1,5       |

Fuente: MINSA (2009)

| CÓDIGO | Calcio Mg | Fósforo mg | Zinc mg | Hierro Mg | $\beta$ caroteno equivalentes totales $\mu\text{g}$ | Retinol $\mu\text{g}$ | Vitamina A Equiv. totales $\mu\text{g}$ | Tiamina mg | Riboflavina Mg | Niacina mg | Vitamina C Mg | AscT mg |
|--------|-----------|------------|---------|-----------|---|-----------------------|---|------------|----------------|------------|---------------|---------|
| A-01   | 36        | 108        | 0.70    | 5.50      | -   | 0.00                  | 0.0                                     | 0.50       | 0.40           | 4.80       | 1.80          | -       |
| A-02   | 60        | 250        | -       | 1.60      | -   | 0.00                  | -                                       | 0.33       | 0.26           | 1.95       | 2.00          | -       |
| A-03   | 67        | 300        | 0.70    | 0.90      | -   | 0.00                  | 0.0                                     | 0.10       | 0.48           | 2.11       | 2.70          | -       |
| A-04   | 38        | 118        | -       | 2.50      | -   | 0.00                  | -                                       | 0.01       | 0.07           | 1.57       | 0.40          | -       |
| A-05   | 29        | 45         | -       | 0.40      | -   | -                     | -                                       | 0.00       | 0.00           | 0.73       | 0.00          | -       |
| A-06   | 80        | 274        | -       | 2.50      | -   | -                     | -                                       | 0.18       | 0.23           | 4.00       | 0.90          | -       |
| A-07   | 51        | 293        | -       | 4.60      | -   | 0.00                  | -                                       | 0.22       | 0.15           | 3.85       | -             | -       |
| A-08   | 5         | 66         | -       | 0.50      | -   | -                     | -                                       | 0.06       | 0.02           | 0.90       | 0.70          | -       |
| A-09   | 17        | 299        | -       | 4.80      | -   | -                     | -                                       | 0.30       | 0.17           | 5.00       | 4.50          | -       |
| A-10   | 40        | 125        | 1.05    | 0.80      | -   | 0.00                  | 0.0                                     | 0.14       | 0.08           | 1.21       | 0.00          | -       |
| A-11   | 36        | 314        | 2.98    | 3.87      | 169.0   | 0.00                  | 0.0                                     | 0.42       | 0.17           | 3.89       | 4.80          | -       |

#### **2.1.4 Clasificación del trigo según su utilización**

Son varios los tipos de trigo que se cultivan alrededor del mundo; de acuerdo a su hábito de crecimiento estos se clasifican en trigos invernales, primaverales e intermedios o facultativos. El trigo hexaploide (*Triticum aestivum*), comúnmente conocido como harinero, también se clasifica con base en el color de su grano en rojo y blanco. El trigo tetraploide (*Triticum durum*) es comúnmente conocido como durum o cristalino y tiene color ámbar.

Un ejemplo de clasificación del trigo, con base en su uso o procesamiento, es de acuerdo a su textura y características de fuerza de gluten (Tabla 13). Los trigos de gluten fuerte y extensible (grupo 1) son necesarios en los procesos mecanizados de panificación (pan de molde en general) en los cuales las masas deben tolerar el trabajo intenso al cual son sometidas. Estos trigos también son usados como correctores de trigos de menor fuerza de gluten. Los trigos con gluten medio fuerte y extensible (grupo 2) son aptos para la producción mecanizada y manual de pan a partir de masas fermentadas (pan blanco, pan de masa hojaldrada y pan dulce, moldeados manualmente y horneado sin molde) y no fermentadas (pan plano como el árabe, tortilla de harina, etc.). Por otro lado los trigos de endospermo suave (o blando) y gluten débil (grupo 3), son requeridos en la industria galletera y de repostería. Estos trigos deben poseer un contenido de proteína menor que el de los trigos de los grupos 1 y 2. Los trigos de gluten tenaz (poco extensibles), del grupo 4, son altamente indeseables en la industria panificadora, ya que producen masas de panificación que, por el hecho de tener extensibilidad muy limitada, presentan poca tolerancia al sobremezclado, deficiente capacidad de expansión durante la fermentación y el horneado, y pobres características de manejo y moldeado. El trigo cristalino o durum (grupo 5) produce semolina (harina gruesa) de color amarillo y posee un gluten medio fuerte a fuerte y tenaz, adecuado para elaborar pastas alimenticias muy densas y resistentes.

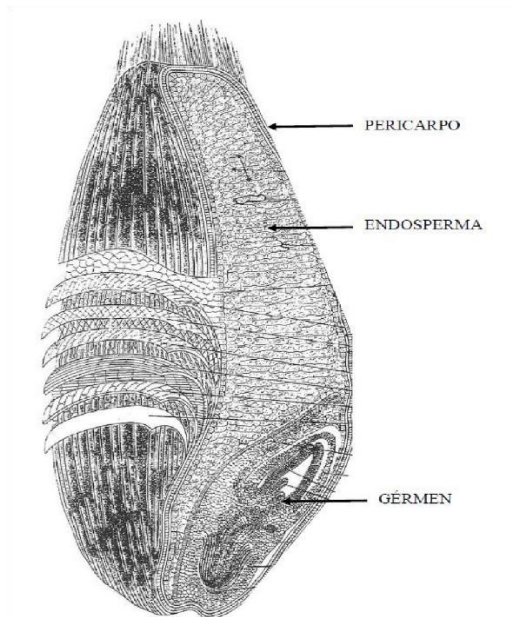
## 2.1.5 Harina de Trigo

### A. Definición:

Según la Norma Técnica Peruana 205.045: 1986 - INDECOPI, por harina de trigo se entiende al producto elaborado con granos de trigo común, *Triticum aestivum* L., o trigo ramificado, *Triticum compactum* Host., o combinaciones de ellos por medio de procedimientos de trituración o molienda en los que se separa parte del salvado y del germen, y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura. Esta norma establece los requisitos y condiciones que debe cumplir la harina de trigo para consumo doméstico y uso industrial, entre ellos establece que la humedad no debe ser mayor de 15.5% y que debe estar exenta de sabores y olores extraños. (Quaglia, 1991).

El trigo se compone de tres partes

1. Germen o embrión, el cual da formación a una nueva planta.
2. Endospermo, es la parte más utilizada, de la cual se extrae la harina
3. Salvado o cubierta protectora, la cual se elimina en el proceso de extracción de harina, muy utilizada en la industria de la panificación para la elaboración de productos integrales.



**Figura 1: Corte longitudinal de un grano de trigo (Hoseney, 1991)**

El germen es blando y más rico en lípidos que el resto de las otras dos partes y durante la reducción del endospermo La harina se transforma en escamas planas



más grandes, facilitándose su eliminación por tamizado. De todas formas, algunas partículas de germen, pasan junto con la harina. (Quaglia, 1991).

**Tabla 3: Composición química de la harina de trigo.**

| <b>Componente (%)</b>      | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> |
|----------------------------|---------------|---------------|
| <b>Humedad</b>             | 13            | 14            |
| <b>Grasa</b>               | 1             | 1.50          |
| <b>Proteína</b>            | 12            | 13.5          |
| <b>Hidratos de carbono</b> | 67            | 71            |
| <b>Cenizas</b>             | 0.55          | 1.5           |

*Fuente: Calaveras, 2004.*

La harina obtenida con rendimiento de molienda más elevado, presenta un más alto contenido en proteínas, en lípidos, calcio fósforo, hierro, vitaminas B1 y B2 y una menor proporción en glúcidos y por tanto en calorías. (Quaglia, 1991)

Otra consecuencia de la molienda, además de las ya citadas variaciones en la composición química respecto al trigo, es su acción sobre los gránulos de almidón: en la fase ruptura y de remolido; debido a que la rotación del cilindro provoca un deterioro en el almidón causando su ruptura mecánica. (Quaglia, 1991).

Mientras que una excesiva cantidad de gránulos dañados tiene un efecto perjudicial sobre la tecnología de la harina, una cantidad pequeña tiene un efecto positivo en la masa fermentada en cuanto es la fuente de azúcares que pueden, durante la fermentación, ser atacada por la levadura produciendo gas. De hecho, a la temperatura de fermentación, los gránulos intactos no se gelatinizan y por eso no pueden ser atacados por la betaamilasa y sólo parcialmente por la alfa-amilasa; las formaciones de almidones dañados una vez gelatinizados se transforman rápidamente (por acción de estas enzimas) en maltosa que se utiliza en la fermentación. Una excesiva acción de las enzimas provoca una cantidad muy elevada de dextrinas que al tener una capacidad de retención de agua inferior al almidón, lleva a la formación de una masa muy viscosa. (Quaglia, 1991)

Entre las harinas obtenidas de los cereales únicamente la del trigo puede formar una masa fuerte, cohesiva, capaz de retener gas y de la cual se pueden formar productos esponjosos.

Esto se debe a que posee gluten que tienen mayor contenido de proteínas de reserva (gliadina y glutenina), las cuales tienen la propiedad de ser elásticas y atrapar el gas que se produce por la fermentación de la levadura utilizada en la elaboración de pan y, en el caso del polvo de hornear, en la elaboración de tortas y galletas. (García, 2011).

## B. Tipos de harina

Las harinas pueden dividirse en dos grandes grupos:

1. Harinas Duras: Son aquellas que tienen un alto contenido de proteínas como el trigo rojo duro de invierno y rojo duro de primavera. Hay cuatro clases de harinas para pan a saber:

- Integral : Es aquella que contiene todas las partes del trigo.
- Completas: Son las más corrientes en nuestros países, aquellas harinas que se obtienen al moler el trigo separando solo el salvado y el germen.
- Patente: Es la mejor harina que se obtiene hacia el centro del endospermo, tiene la mejor calidad panificadora, es blanca y tiene poca ceniza.
- Clara: Es la porción de harina que queda después de separar la patente. En algunas regiones se le llama harina de segunda. Es más oscura y contiene más cenizas.(Cauvain,2002)

2. Harinas Suaves: Son aquellas que tienen bajo contenido de proteínas y se extraen de trigos de baja proteína como el trigo blando rojo de invierno. Se utiliza para bizcochos y galletas.

En algunos sistemas de molienda, es posible obtener del mismo trigo un tipo de harina con alto contenido de proteína y otro tipo de harina con baja proteína. A este sistema de molienda se le denomina molienda o separación por impacto. (Cauvain, 2002)

## C. Principales Componentes de la Harina

1. Carbohidratos: Se llama así a ciertos compuestos químicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno. Constituyen la parte mayor del endospermo del trigo. El principal componente de la harina que contribuye en el poder de absorción gracias a que es muy ávido de agua es el almidón. (Cauvain,2002)

Dada su higroscopicidad, existe una competencia directa entre las proteínas y el almidón al añadir el agua al amasado.

La constitución del almidón viene dada por dos componentes que son la amilasa (parte interna) y la amilopectina (parte externa), unidos entre sí por enlaces de hidrógeno. (Aguirre et al., 1997) Contienen el 60 a 68% Almidón (19 a 26% de amilosa y 74 a 81% amilopectina), 6,5 % Pentosas, 2 a 2,5 % celulosa, 1,5 % azúcares reductores (Son importantes para la fermentación en la masa).El almidón del grano en plena maduración permite obtener un pan de mayor volumen que el obtenido con granos no maduros. La temperatura de gelatinización del almidón está entre 56 a 60 °C. (Cauvain, 2002)

2. Proteínas: Son macromoléculas que contienen nitrógeno. Sus complejos compuestos de naturaleza coloidal, al contacto con el agua son los responsables de la formación del gluten que es bien conocido por el sector panadero.

El trigo tiene de 7 a 18 %, Contenido de N por el método Kjeldahl. Contiene como, 12% albumina, 4% de globulina las cuales son solubles en solución salina, 44% prolamina = gliadina, 40 % glutenina las cuales son solubles en solventes polares como alcohol y cetona pero no en agua. Las dos fracciones se unen con enlaces intermoleculares y forman el gluten es la sustancia que le da resistencia y elasticidad a la masa a partir de la harina y agua.

La cantidad de aminoácidos esenciales que le da el valor biológico al alimento es menor en las proteínas presentes en mayor cantidad y por ende, son las que tienen un menor valor biológico. Para una buena panificación necesitamos que se forme un 24 ó 26% de gluten. (Cauvain, 2002)

3. Humedad: La humedad de la Harina oscila alrededor del 14%. La harina con mucha humedad se puede poner mohosa. Al utilizar la harina que perdió humedad se debe compensar echándole más agua en el mezclado. (Cauvain,2002)

4. Cenizas: Es la cantidad de material mineral que tiene la harina. Depende de la clase de trigo y de la extracción. Las harinas patentes tienen menos cenizas que las claras.

El contenido de ceniza de por sí no es perjudicial a las propiedades de panificación de la harina. (Cauvain, 2002)

#### **D. Características de la Harina:**

1. Color: El color depende del tipo de trigo que se haya molido y de la separación que representa la harina en cuestión. El trigo blando produce harinas más blancas, las harinas de pan tienen un color de blanco a blanco cremoso.

2. Extracción: Es la cantidad de harina que se obtiene después del proceso de molienda. Normalmente por cada 100 Kilos de trigo se obtiene de 72 a 76 Kilos de harina. Se expresa en porcentajes.

3. Separación: La separación no se basa en el peso del trigo sino en el peso de la harina total después de haber removido todo el salvado. Así, si una corriente representa el 75% de la harina total, se conocería como harina de 75% de separación. Las harinas patentes representan una separación de menos porcentaje, es decir, son harinas más refinadas que las de mayor separación o claras. (Bilbao, 2007).

4. Fuerza: Es el poder de la harina para hacer panes de buena calidad.

5. Tolerancia: Consiste en poder prolongar por un periodo razonable de tiempo la fermentación después de llegar a su tiempo ideal sin que el pan sufra deterioro notable.

6. Absorción: Es la propiedad de absorber la mayor cantidad de agua dando un producto de buena calidad. En general, las harinas hechas de trigos buenos con mucha proteína son los que tienen mayor absorción. Una buena harina para pan se conoce por tener fuerza, tolerancia y absorción.

7. Maduración: Las harinas recién molidas son problemas en panificación, por lo cual antes se les dejaban “madurar”. En la actualidad prácticamente todos los molinos o bien las “maduran” químicamente o las dejan reposar cierto tiempo antes de entregarla al panadero.

8. Blanqueo: Como a los panaderos les gustan las harinas muy blancas, los molineros las pueden hacer blanquear por procedimientos químicos.

9. Enriquecimiento: En algunos países, los molineros “enriquecen” las harinas con vitaminas y minerales, como es el caso de nuestro país. El pan hecho con harinas enriquecidas tiene mucho más valor nutritivo. (Bilbao, 2007).

#### E. Sucedáneos del trigo:

Mucho se ha hablado de este tema en los últimos años, lamentablemente en algunos casos sin el debido sustento técnico y con cierta irresponsabilidad; ya que se crean falsas expectativas que desalientan a los consumidores, sobre todo a los de menores recursos económicos.

Entendemos por sucedáneos, a los productos obtenidos por un proceso adecuado de molienda para ser mezclados con la harina de trigo con fines alimenticios. Estos pueden provenir de cereales, leguminosas, pseudos cereales y raíces o también como una combinación de ellas.

Según *Norma Técnica Peruana 205.045:1976*, se define harinas sucedáneas procedentes de cereales, destinadas a ser mezcladas con harina de trigo para emplearse en la elaboración de productos alimenticios.

**Tabla 4: Principales sucedáneos del trigo en nuestro país.**

| Cereales       | Leguminosas | Pseudos Cereales | Tubérculos | Raíces |
|----------------|-------------|------------------|------------|--------|
| Trigo Nacional | Soya        | Quinoa           | Yuca       | Maca   |
| Maíz           | Haba        | Kiwicha          | Camote     | Oca    |
| Cebada         | Tarwi       | Canihua          | Papa       | Mashua |
| Arroz          | -----       | -----            | ----       | ----   |

**Fuente: Bilbao, 2007.**

A través de muchas investigaciones, se puede decir que si es factible sustituir parcialmente la harina de trigo importada con harinas sucedáneas para la elaboración de panes, fideos y galletas. (Bilbao, 2007).

Sin embargo, esta sustitución, jamás será superior en el mejor de los casos al 20% para los casos del pan y fideos y del 30% para el caso de galletas. Esto significa que los proyectos de investigación y sobre todo los proyectos de industrialización de estas harinas, son prioritarias desde el punto de vista de

Seguridad Alimentaria (Escasez de trigo en el mundo) y de la Economía Popular. (Bilbao, 2007).

## **2.2 MARACUYA (*Passiflora Edulis*)**

El maracuyá es originario del Trapecio amazónico; actualmente la mayor producción proviene de Brasil, que es el mayor exportador mundial de jugos.

En nuestro país, los departamentos de Lima y Ancash tienen la mayor producción de este fruto.

El maracuyá es considerado una fruta exótica; posee una alta demanda internacional por su sabor, textura y color, que hacen de él un fruto atractivo para consumir; además, goza de grandes oportunidades de innovación en la elaboración de jugos, confituras, jaleas, paletas, compotas, néctar, postres, etcétera.

La composición típica de la fruta de maracuyá es la siguiente: cáscara 50-60%, jugo 30-40%, semillas 10-15%, siendo el jugo el producto de mayor importancia.

Las industrias que se dedican a la producción de maracuyá se han preocupado por explotar en su mayoría el jugo, que representa menos de la mitad del aprovechamiento total de esta fruta, el resto, que consiste en la cáscara y las semillas, es visto como desecho.

La cáscara contiene una alta cantidad en fibra; se sabe que la fibra trae efectos benéficos a la salud. (Cantón C. et al., 2010).

La función principal de la fibra soluble es la de contribuir en la disminución de la absorción y aprovechamiento del azúcar, colesterol y triglicéridos en el aparato digestivo, de esta manera se reduce el riesgo de padecer enfermedades del corazón, ya que también controla los niveles de colesterol en la sangre y de diabetes, porque al ser absorbida la glucosa lentamente, se mejora la tolerancia al azúcar. La fibra insoluble da mayor consistencia a los alimentos, razón por la cual la masticación se prolonga; así, aumenta la sensación de saciedad y se evita el sobreconsumo de alimentos. Además, esta clase de fibra también aumenta el volumen del bolo alimenticio y disminuye el tiempo de paso de los desechos, y se mejora el funcionamiento del sistema digestivo. La fibra insoluble favorece, en

general, la desintoxicación y ayuda a prevenir enfermedades gastrointestinales. (Plaza R. et al., 2010).

### **2.2.1 Producción Mundial**

Es difícil cuantificar la producción mundial de maracuyá ya que no hay datos estadísticos que den esa información. Sin embargo si sabemos que es un cultivo que se produce en pocos países del mundo entre ellos Costa Rica, Ecuador, Colombia, Brasil y los países africanos..

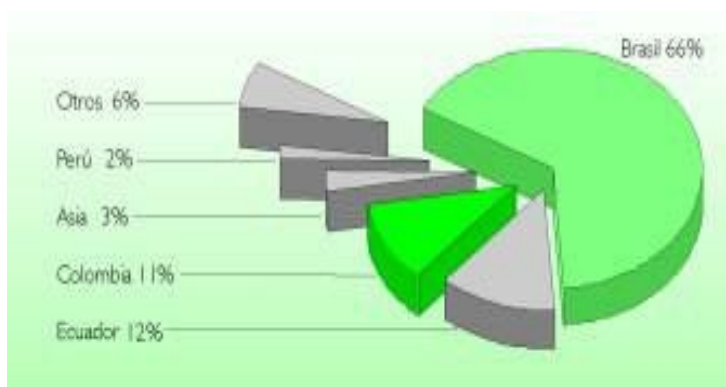
En Estados Unidos se siembra maracuyá morado en California y Florida; Hawai siembra más que todo maracuyá amarillo para concentrado. Se estimaba que la producción interna de Estados Unidos satisface la demanda aunque en los últimos años hay evidencia de lo contrario. Ecuador, Brasil, Perú y Colombia son los mayores productores de maracuyá amarillo para concentrado con estimado combinado de 12,000 toneladas métricas.

En Centro América se recomienda la producción de Maracuyá amarillo, ya que es más resistente a enfermedades como fusarium, más productivo y de mayor calidad. Todos los países de la región le están apostando a el cultivo: Guatemala a través de AGEXPRONT, Nicaragua exportando pulpa congelada de maracuyá, Costa Rica con zonas productoras al norte, el centro y el pacifico y El Salvador con una promoción fuerte por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.

En Honduras la producción proviene de Francisco Morazán, Yoro, Copan, Olancho y

Cortes. También se están haciendo algunas nuevas inversiones en El Paraíso todas para el consumo local y eventualmente hasta regional.

Brasil es el mayor productor de maracuyá en el mundo, le sigue Ecuador, Colombia, Asia, Perú entre otros.



Fuente: Natural Juice Products Association. Cálculos: Corporación Colombia Internacional.-  
DATOS

Figura 2: Producción de maracuyá a nivel mundial.

### 2.2.2 Producción de maracuyá en el Perú

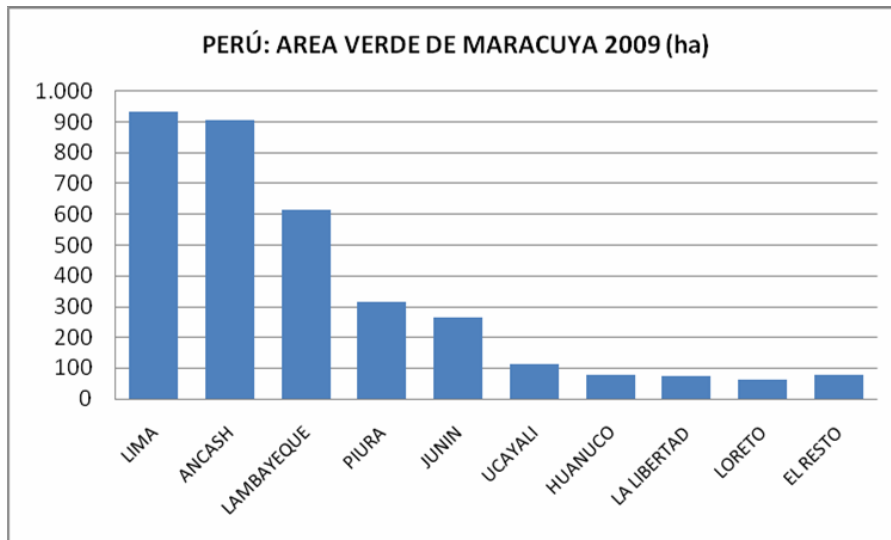
El departamento con la mayor área instalada de Maracuyá es Lima, seguida de cerca por Ancash, luego esta Lambayeque, Piura, Junín, Ucayali, Huánuco y en octavo lugar La Libertad. Lo que si se conserva es un crecimiento significativo entre los años 2009-2005, del 71,5%, es decir 1,432 ha mas, este crecimiento fundamentalmente está dado por Ancash, Lima, Huánuco, ya que en los departamentos Junín y La Libertad decrecieron.

Tabla 5: PERÚ- Superficie en verde de Maracuyá - (ha)

| Región       | 2005         | 2006         | 2007         | 2008         | 2009*        |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>2.003</b> | <b>2.566</b> | <b>3.155</b> | <b>3.254</b> | <b>3.434</b> |
| LIMA         | 614          | 724          | 838          | 905          | 933          |
| ANCASH       | 82           | 420          | 738          | 772          | 908          |
| LAMBAYEQUE   | 480          | 542          | 556          | 624          | 613          |
| PIURA        | 228          | 228          | 314          | 314          | 314          |
| JUNIN        | 300          | 274          | 260          | 267          | 266          |
| UCAYALI      | 84           | 145          | 136          | 90           | 111          |
| HUANUCO      | 0            | 41           | 62           | 78           | 78           |
| LA LIBERTAD  | 127          | 121          | 150          | 71           | 72           |
| LORETO       | 45           | 25           | 42           | 59           | 64           |
| EL RESTO     | 44           | 48           | 60           | 76           | 76           |

Fuente: Ministerio de Agricultura del Perú

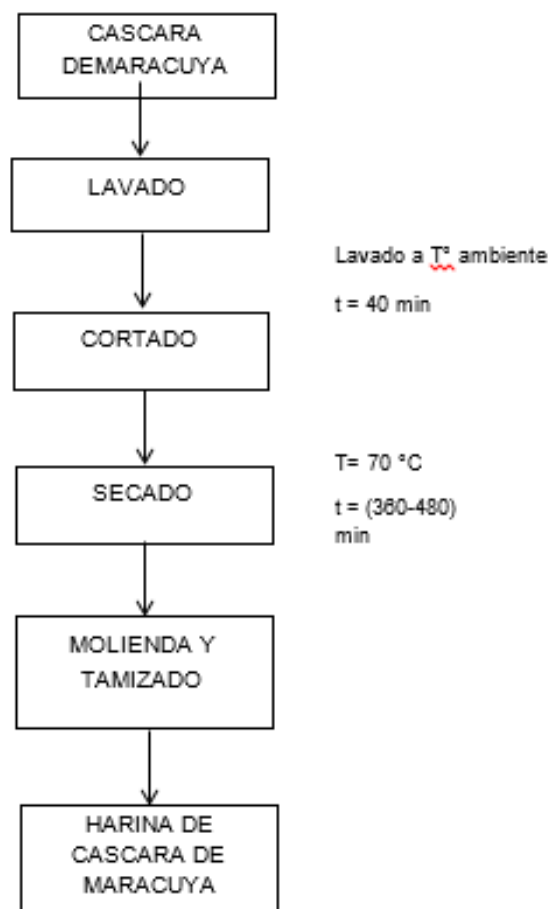




**Figura 3: Área verde de maracuyá 2009 (HA).**

**Fuente: Ministerio de Agricultura del Perú**

### 2.2.3 Harina de cascara de maracuyá



**Figura 4: Flujo de operaciones para obtener harina de cascara de maracuyá.**

**FUENTE: Calla & Cortez, (2011).**

La cáscara de maracuyá contiene en su mayoría pectinas de alto metóxilo (Addosio et al. 2005) que es beneficiosa para los humanos (Guertzenstein, 1998; Yapo y Koffi, 2006) ya que ayudan a bajar la glucosa y colesterol en la sangre. Ramos (2004). También un estudio clínico piloto con el tratamiento con la harina de cáscara de maracuyá, dio lugar a la disminución de los niveles de colesterol en las mujeres entre 30 y 60 años que tenían hipercolesterolemia (colesterol  $\geq$  200 mg / dL). Además es rica en niacina (vitamina B3), hierro, calcio, y fósforo. (Gondim et al., 2005).

Actualmente, La cáscara de maracuyá (*pasiflora edulis*) es un subproducto de las industrias que desecha el 100%, siendo utilizado posteriormente como materia orgánica o empleado en la alimentación de los animales. Estos desechos pueden contener de 5- 10% de pectina en base seca. (Laboratorio de Nutrición y Bromatología, ESPOCH-Proyecto PROMSA 2002

### **2.3 Acido Ascorbico**

La oxidación de las grasas es la forma de deterioro de los alimentos más importante después de las alteraciones producidas por microorganismos. (Ribotta et al., 1999).

La reacción de oxidación es una reacción en cadena, es decir, que una vez iniciada, continúa acelerándose hasta la oxidación total de las sustancias sensibles. Con la oxidación, aparecen olores y sabores a rancio, se altera el color y la textura, y desciende el valor nutritivo al perderse algunas vitaminas y ácidos grasos poliinsaturados. Además, los productos formados en la oxidación pueden llegar a ser nocivos para la salud. La industria panadera intenta evitar la oxidación mediante diferentes técnicas, como el uso de aditivos; entre ellos el bromato de potasio, que produce un aumento en el volumen de las piezas y mejora las propiedades de amasado, la estructura de las celdas de gas y la retención de óxido carbónico. (Ribotta et al., 1999)

En muchos países, entre ellos el nuestro, no está permitido el uso de bromato de potasio debido a su toxicidad, que se expresa con náuseas, trastornos gástricos,

depresión del sistema nervioso central y posibles alteraciones renales. Además, estudios realizados con ratas demuestran que es una sal potencialmente cancerígena, y se sabe que dicho efecto es producido por el bromato per se, lo que inhibe la posibilidad de utilizar el bromato de sodio o de calcio. (Ribotta et al., 1999)

Por otro lado, el ácido ascórbico ha sido extensamente utilizado en la industria alimentaria como antioxidante en una gran variedad de productos. En 1935, Jorgensen observó que agregando entre 20 a 30 mg de Ácido ascórbico, en la harina de trigo, causaba un aumento pronunciado en la fuerza de la masa y como consecuencia un aumento en el volumen del pan. Actualmente es uno de los insumos más utilizados en los aditivos mejoradores de masa para la industria de la panificación. (Ribotta et al., 1999).

## **2.4. Proceso tecnológico del pan de molde**

Consta de las siguientes etapas:

### **2.4.1. Recepción.**

La recepción debe realizarse en un ambiente independiente del área de panificación, porque es en esta zona donde va a llegar la materia prima que puede estar contaminada y puede contaminar el ambiente de proceso. Es conveniente que en la etapa de recepción se tenga diferenciadas las fechas de entrada de los insumos, así mismo su fecha de elaboración y vencimiento. Esta área debe ser fresca y ventilada. (Calaveras, 2004)

### **2.4.2. Formulación para el pan de molde.**

Se debe tener en cuenta el producto a fabricar y la calidad de las materias primas, determinará en qué proporción entrarán los diferentes ingredientes. Si no se diseña una fórmula equilibrada, de nada valdrá realizar un trabajo correcto de amasado y los resultados serán funestos. Muchas veces estas formulaciones se tienen en cuenta los datos obtenidos en la bibliografía, pero en principio se debe determinar el tipo de pan de molde (pan de molde blanco, pan de molde integral, por ejemplo). (Matckovich, 2009)

### **2.4.3. Pesado de Materia Prima e Insumos.**

Permite conocer con exactitud la cantidad de materia prima e insumos que se va a utilizar de acuerdo y en exactitud a la formulación realizada, pues una falla en esta etapa podría reflejarse en el producto final. Con esto se podrá determinar el rendimiento del producto final así como evaluar los costos.

Se efectúa con cualquier tipo de balanza de capacidad apropiada y de precisión a las centenas o decenas de gramo. La forma de pesar puede ser en los mismos empaques en que la materia prima e insumos llega a planta o pasándola con cuidado a los empaques adecuados de la fábrica que se puedan manejar y luego ser mezclados para obtener la masa. (Matckovich, 2009)

### **2.4.4. El amasado y su importancia.**

El proceso de elaboración del pan tiene diversas fases en las que la correcta realización de ellas marcará la calidad y características finales del producto. Esta fase del amasado, aunque muchos panaderos lo ignoren, es de vital importancia para la consecución de un buen producto.

El amasado es la operación mediante la cual los distintos componentes de la masa – harina, agua, levadura, sal y aditivos se fusionan formando un solo cuerpo. Se busca la distribución uniforme de todos los insumos en la masa, formar y desarrollar adecuadamente el gluten en la masa. La preparación de la masa se realiza en una serie de pasos que deben seguirse rigurosamente para obtener un buen resultado. (Calaveras, 2004)

#### **Fases del amasado.**

El proceso de formación de la masa se divide en varias fases diferenciadas, conforme sigue:

- **Fresado**

Corresponde a la mezcla progresiva de los ingredientes y se realiza siempre a velocidad lenta. Durante este periodo, se inicia la hidratación de las partículas de harina. Se mantiene la velocidad lenta hasta que la

masa presenta una cierta ligazón y no debiera prolongarse salvo excepciones. (Calaveras, 2004)

- **Rotura y Estirado**

Cuando la masa ya está ligada, los brazos amasadores, estiran la masa, rompiéndola, y los fragmentos son lanzados contra las paredes.

Este trabajo va desarrollando progresivamente la malla de gluten, lo que se manifiesta en la masa por una mayor cohesión, dejándose estirar mucho más antes de romper. (Calaveras, 2004)

- **Soplado u Oxigenado**

Cuando la masa se deja estirar al máximo, atrapa aire con facilidad. El oxígeno queda disuelto en la masa, y se forman burbujas minúsculas de aire que son esenciales para el posterior desarrollo de la estructura esponjosa de la masa fermentada.

Finalizando el amasado, tendremos una masa con elasticidad y extensibilidad deseadas, de aspecto fino y liso, y muy flexible. (Calaveras, 2004)

### **Método de preparación de la Masa.**

Existen básicamente tres: método de esponja –masa, método directo y método mixto. Dentro de ello debemos considerar la incidencia del amasado, ya que para una misma amasadora, según la intensidad y duración de sus fases, obtendremos un producto de características diferentes:

- Para conseguir un pan voluminoso de corteza fina y miga blanca, el amasado será prolongado, intensivo, incorporando la sal al final.
- Para obtener un pan de volumen medio, corteza gruesa y miga color crema, deberá acortarse el amasado, añadiendo la sal al principio, y ser posible trabajando siempre a velocidad lenta.
- Para que el pan tenga miga alveolada irregularmente, de color crema, y corteza crujiente, amasaremos unos cinco minutos en primera velocidad (amasadora de brazos). Dejaremos reposar la masa de 10 a 15 minutos,

terminando después el amasado con otros 15 minutos también en primera velocidad. (Calaveras, 2004)

➤ **Método Directo**

Se mezclan directamente los ingredientes, sin que se añada otra masa elaborada previamente. La siembra de fermentos se realiza añadiendo levadura prensada. Siguiendo por el artesano en épocas de calor, se ha extendido como el procedimiento habitual en la mayor parte de las panificadoras industriales. (Calaveras, 2004)

➤ **Método Esponja y Masa**

La masa se prepara en dos fases sucesivas. Primero se amasa una parte de la harina (25%) y los ingredientes proporcionalmente correspondientes. Finalizado su amasado se deja reposar durante 2 a 3 horas, en función de la cantidad de levadura incorporada y de las condiciones ambientales de la sala de fermentación. Muy utilizado en la fabricación de pan de molde tipo inglés. Se obtienen masas de gran desarrollo y se ahorra levadura. No obstante, se corre el riesgo de que las masas resulten demasiado tenaces. (Calaveras, 2004)

➤ **Método Mixto**

En la preparación de la masa, además de la harina, el agua, levadura, la sal y el aditivo, se añade una porción de una masa previamente fermentada o masa madre. La proporción de masa variará según la época del año, así como la fuerza de la harina:

Verano : entre 5 y 15%

Invierno : del 20 al 30%

(Proporciones expresadas en relación la cantidad de harina empleada en la preparación de la masa final). (Calaveras, 2004)

#### **2.4.5. División o Corte y Pesado.**

El objeto de esta operación es asegurar un tamaño uniforme y el mismo rendimiento de cada masa. Después de mezclada la masa, el primer paso en

la elaboración es el corte, que se puede realizar con el uso de una divisora o en forma manual, dependiendo el tipo de pan que se elaborará. (Matkovich, 2009)

En el caso del pan de molde, la división ideal es la manual o la hidráulica, para la cual luego del amasado se procede a cortar en piezas de un peso determinado, luego se procede al boleado. (Calaveras, 2004)

#### **2.4.6. Boleado y Moldeado.**

El boleado tiene por objeto acondicionar la masa para el moldeado. Se realiza apretando suavemente cada pieza de masa con la palma de la mano y dando un ligero movimiento de rotación hacia adentro, sin hacer demasiada presión para evitar que se desgarre.

Las piezas se dejan en reposo durante 15 ó 20 minutos. Durante esta etapa se desarrolla una película delgada en la superficie de la bola y aumenta un poco de tamaño y elasticidad.

Luego se procede a estirar ligeramente la masa y darle una forma más alargada, para que de esta manera ocupe un mayor espacio en los moldes para pan y así darles la forma definitiva. (Calaveras, 2004)

#### **2.4.7. Fermentación.**

Esta operación tiene por objeto la producción de CO<sub>2</sub>, alcohol y otros componentes aromáticos, permitiendo obtener un producto de buen volumen, olor y sabor. (Calaveras, 2004)

##### **Fermentación Controlada.**

Se entiende como fermentación controlada la acción de controlar a nuestra voluntad la fermentación de una masa destinada a la fabricación de pan mediante una combinación de temperaturas del frío al calor.

Algunas de las ventajas que aporta aplicar la fermentación controlada en una panadería son:

- Evitar trabajo nocturno. Se puede elaborar el pan de día y se hornea a la hora deseada.

- Posiblemente un ahorro de levadura al poder programar en la cámara el tiempo de fermentación deseado.
- Mejorar conservación y sabor del producto final al poder disponer de un largo tiempo de fermentación.
- Posibilidad de disponer de pan caliente en el punto de venta durante un mayor margen de tiempo aplicando el sistema Dormilón que detiene parcialmente la fermentación de una masa una vez lista para su cocción. (Calaveras, 2004)

### **Proceso.**

El proceso no varía excesivamente del que se utiliza normalmente para cualquier elaboración, pero si hay que tener en cuenta que al ralentizar la acción de la levadura se debe acondicionar la masa para poder soportar los cambios de temperatura y una fermentación más larga.

El proceso consiste en la transformación de algunos almidones rotos presentes en la harina en azúcares, y también de la transformación de los azúcares presentes en azúcares fermentables los cuales producirán anhídrido carbónico y alcohol por la levadura. Este proceso es posible gracias a las enzimas que se encuentran tanto en la harina como en la levadura. (Calaveras, 2004)

### **Temperatura de Bloqueo.**

Es la temperatura que debe tener la cámara al introducir la masa y debe ser de -8° C para lograr un efecto de choque que no permita reaccionar a la levadura (la levadura en una masa de pan empieza a reaccionar a partir de los 4° C). La temperatura de bloqueo durará hasta que el interior de la masa alcance los 2° C. Si la cámara no permite alcanzar -8° C utilizaremos la mínima temperatura que nos permita el equipo de enfriado. (Calaveras, 2004)

### **Temperatura de Mantenimiento.**

Es la temperatura que deberá existir en el interior de la cámara desde que termina la temperatura de bloqueo hasta que empieza el ciclo de fermentación y será de entre 0° C y -2° C. (Calaveras, 2004)



### **Temperatura de Fermentación.**

Es la temperatura que deberá alcanzar la cámara al finalizar el mantenimiento y oscilará entre los 20° C Y 28° C (ni aun trabajando sin fermentación controlada es recomendable fermentar a más de 30° C). El cambio de temperatura de mantenimiento a fermentación no debe ser brusco para así evitar que fermente solamente la parte exterior de la masa, si no que será paulatino para conseguir una fermentación por igual en toda la pieza. La humedad de la cámara en esta etapa será entre 75 a 85%. (Calaveras, 2004)

### **Efectos de la Temperatura y Humedad.**

Durante la etapa de fermentación es preciso que la graduación de la temperatura no varíe mucho, ni por encima ni por debajo de la temperatura óptima de la masa que se sitúa en los 25 °C (puede ser por debajo en los procesos de fermentación controlada).

Cuando la temperatura de fermentación supera los 31 °C, se produce una desproporción en la fermentación de la masa, fermentando más en la parte externa que en la interna, lo que provocará que la corteza se cuartee y se desprenda gas. El aroma y sabor también se verán afectados por una temperatura superior a los 31° C ya que, a esta temperatura se desarrollan progresivamente las fermentaciones secundarias (ácida, láctica y butírica) que, si bien son positivas, cuando se producen en exceso provocan un sabor negativo. (Calaveras, 2004)

Es recomendable antes de aumentar exageradamente la temperatura de fermentación añadir más cantidad de levadura. Por otro lado, cuando la temperatura de fermentación es inferior a 25° C, la masa además de fermentar más lentamente, va perdiendo fuerza y tenacidad. Por ello, hay que tener en cuenta que cuando utilizan las técnicas de la fermentación controlada o se somete a la masa al frío para ralentizar la fermentación, hay que dotar a la masa de mayor fuerza para compensar el equilibrio y la pérdida de fuerza.

La humedad relativa de la cámara o del lugar donde se desarrolle la fermentación ha de estar bien regulada, ya que, si el ambiente es muy seco, la masa se cortará y si es muy húmeda la masa se volverá pegajosa. (Calaveras, 2004)

La humedad ideal será la resultante de la suma de la hidratación de la masa más la humedad de la harina (ejemplo: si a una masa se le ha añadido el 60% de agua

y la harina contiene un 15% de agua, la humedad ideal será 75%), de esta forma ni se acortará ni se volverá pegajosa. (Calaveras, 2004)

#### **2.4.8. Horneado.**

Cocinar es preparar los alimentos hasta lograr cambios en su sabor, suavidad, apariencia y composición química.

El proceso efectivo para hornear es en realidad el último y el más importante paso en la producción de los productos de panadería. Mediante la acción del calor, la masa de pan se transforma en un producto ligero, poroso, fácilmente digerible y muy apetitoso.

La tecnología del horneado forma los granos más bien insípidos, en productos atractivos para los cuales no hay contratitos en la naturaleza. (Calaveras, 2004)

#### **Principales Cambios que Ocurren durante el Horneado.**

- A medida que la masa entra a un horno caliente encuentra la atmósfera caliente de la cámara de horneo y se forma una película visible sobre la superficie de esta, a continuación se desarrolla la elasticidad en el horno durante la cual se produce la expansión del volumen de masa que llega a ser hasta un 30%.
- Esta elasticidad que se consigue en el horno es consecuencia de una serie de reacciones presentándose el efecto puramente físico del calor sobre los gases.
- Otro efecto del calentamiento es reducir la solubilidad de los gases.
- El hinchado del almidón va acompañado de la absorción de agua y de otros ingredientes de la masa.
- El sistema de enzimas se destruye.
- A medida que el horneo continúa, el incremento de la presión por expansión de gases en la masa cambia poco a poco, el sistema de almidón se estabiliza, las condiciones internas de tensión se relaja y ocurre una disminución de la presión. (Calaveras, 2004).

La elasticidad que se produjo al principio del ciclo de horneado se estabiliza y la corteza muestra gradualmente un color café dorado que va acompañado por texturas y aromas agradables. (Calaveras, 2004)

### **Cocción.**

El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico, químico y bioquímico, que permite obtener al final del mismo un producto comestible y de excelente características organolépticas y nutritivas.

La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y tipo de pan. La temperatura oscila entre 220 a 275° C, la duración:

- 45 -50 min. pan de 200 gr.
- 30 – 40 min. pan de 900 gr.
- 20 - 30 min. pan de 500 gr.
- 13 – 18 min. pan más pequeño.

Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dure esta fase de la cocción. (Calaveras, 2004)

Al final, en caso de que el flujo de agua cese completamente, se llega al punto de carbonización. (Calaveras, 2004)

Además, ocurre la volatilización de todas aquellas sustancias que tienen una temperatura de evaporación inferior a 100° C y en particular del alcohol etílico y de todas las sustancias aromáticas que se forman tanto en la fermentación, como en la cocción (aldehídos, éteres, ácidos, etc.).

A causa de la dilatación del gas y del aumento de la tensión del vapor de agua, debido a la temperatura del horno, la masa sufre rápido aumento de volumen que alcanza el máximo desarrollo después de un tiempo (5 – 10 minutos), variable con el peso, la forma y la calidad de la masa. El desarrollo de la masa está relacionado

con tres factores, concentración del gas, elasticidad y resistencia de la masa, y su capacidad de retención del gas. (Calaveras, 2004)

A temperatura inferior a 55° C, la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue; solo alcanza los 65° C la actividad de la levadura seca y al mismo tiempo comienza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón. (Calaveras, 2004)

El almidón se degrada a dextrinas, mono y disacáridos a las altas temperaturas que se expone la parte externa de la masa. También se produce pardeamiento no enzimático proporcionando así el dulzor y el color de la corteza. (Calaveras, 2004)

En la superficie del pan se produce un endurecimiento por desecación (corteza) y un pardeamiento no enzimático. Este pardeamiento va acompañado de la formación de compuestos colorantes. La cocción da lugar al aroma de la corteza. El aroma de la fermentación está enmascarado por el aroma formado en las reacciones de Maillard y las de caramelización o formación de meloidinas. (Calaveras, 2004)

Durante el horneado hay una pérdida de vitamina B<sub>1</sub> del orden del 15%, se reduce la digestibilidad de las proteínas y la disponibilidad nutricional de la lisina (baja entre 10 a 15%). (Calaveras, 2004)

#### **2.4.9. Enfriado.**

Tiene por objeto darle un enfriamiento adecuado al pan, para que no se produzca una deshidratación que provocaría en endurecimiento de la miga y ablandamiento de la corteza, su textura se vuelve correoso y viscoso con lo que se pierde la fragilidad característica.

El pan sale del horno con su miga a una temperatura ligeramente inferior a 100° C y con un 45 % de humedad en su centro. La corteza está más caliente pero mucho más seca (1- 2% de humedad). Si la desecación es muy intensa durante el enfriamiento se produce mucha pérdida de peso y de las características de la miga, por lo que la temperatura óptima de enfriamiento es no menor de 13° C. (Calaveras, 2004).

#### **2.4.10. Rebanado y Embolsado.**

El rebanado se realiza cuando el pan está a una temperatura no menor a los 13 ° C, pero previamente debe ser rebanado utilizando la cortadora de pan. Algunas investigaciones, sugieren que alcanzada en el interior del pan la temperatura de 33° C, ya se puede empaquetar. Si la temperatura es superior a ésta, se produce una condensación gradual sobre la superficie de la bolsa, que será posteriormente un caldo de cultivo apropiado para el desarrollo de los hongos. (Calaveras, 2004)

En esta etapa del proceso se utilizan bolsas de polipropileno no orientado con una abertura en uno de los lados que permita llenar con facilidad las bolsas. Comparativamente con otros materiales, presenta alta resistencia mecánica al corte o perforación, elevada impermeabilidad al vapor de agua, alta resistencia a la temperatura por su punto de fusión (170 ° C) lo cual permite autoclavado. (Calaveras, 2004)

Las características ópticas de este material son óptimas por su brillantez y por su facilidad para la impresión, tiene alta resistencia a los ácidos y álcalis. (Calaveras, 2004)

En el momento del envasado se deben verificar que las bolsas no estén rajadas, ni deformes, limpias y desinfectadas. El llenado se realiza en forma rápida, se coloca inmediatamente el cierre (cinta) y se procede a almacenar el pan. (Calaveras, 2004).

#### **2.4.11. Almacenamiento.**

El almacenamiento es la etapa en la que se le debe brindar las condiciones necesarias para que el pan tenga un periodo de vida más prolongado. El producto debe ser almacenado en un lugar fresco, limpio y seco; con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su comercialización. La temperatura ambiente también influye en el crecimiento superficial de hongos, siendo la temperatura óptima para su desarrollo la de 30° C. Conociendo este dato hay que mantener el pan, en la medida de lo posible, a temperatura en torno a 20° C. (Calaveras, 2004)

Además, las bolsas no se deben apilar una sobre otra, pues esto podría causar daños en la forma del pan. (Calaveras, 2004).

## **2.5 Evaluación sensorial.**

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. Es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc.; que son parte esencial del control de calidad de los alimentos, y tiene la ventaja de que la persona que efectúa las mediciones, lleva consigo un instrumento de análisis, es decir sus cinco sentidos. Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos; hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos. (Calaveras, 2004)

La evaluación sensorial se ha definido como una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos (vista, gusto, olfato, oído y tacto) hacia ciertas características de un alimento o material. (American Society for Testing and Materials, 1980 citado por Jiménez R., 2000). No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos.

La evaluación sensorial es una disciplina independiente, capaz de entregar resultados precisos, y reproducibles tanto sobre aspectos cualitativos como cuantitativos de los alimentos. Desempeña un rol importante en la estimación de parámetros de calidad organoléptica como son: apariencia, forma, sabor, tamaño, aroma, consistencia, textura, etc. (Calaveras, 2004)

## **2.6 Fibra dietética**

El termino fibra dietética apareció por primera vez en 1953 y se refirió a la hemicelulosa, celulosa y lignina (Hispley, 1953). Más tarde, Burkitt (1972), definió a la fibra dietética como el remanente de las paredes celulares de las plantas que no son hidrolizados por las enzimas digestivas del ser humano. La fibra dietética incluye, polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias

asociadas a la planta; promueve efectos fisiológicos benéficos incluyendo laxación, atenuación del colesterol y de la glucosa en sangre.

#### **a. Clasificación**

La fibra dietética se clasifica como fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI). Ambos tipos de fibras exhiben efectos fisiológicos distintos, la fibra soluble tiene la capacidad de volverse viscosa y por lo tanto de retardar la evacuación gástrica, lo que a su vez hace más eficiente la digestión y absorción de alimentos, generando una mayor sensación de saciedad (Anderson et al., 2000).

Las propiedades funcionales de la fibra dietética tienen repercusión en la capacidad de retención de agua y aceite, estando influenciadas no solamente por los constituyentes de esta, sino también por el procesamiento por medio del cual se obtuvo y el tamaño de partícula conseguido.

#### **b. Efectos fisiológicos y terapéuticos derivados por el consumo de fibra dietética**

La evidencia clínica (Burkitt y Trowell, 1975; Grundy, 1998) ha demostrado que la ingesta de fibra reduce la concentración de colesterol en la sangre, mejora el control de la glucemia y la sensibilidad a la insulina en los individuos diabéticos, facilitando la pérdida de peso; además, las dietas ricas en fibra son sugeridas para la protección contra el cáncer de colon.

#### **c. Compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante**

La estructura química de los compuestos polifenólicos es especialmente adecuada para ejercer una acción antioxidante que puede ser como captadores de radicales libres, como quelantes de iones de metal o mediante la interrupción de cadenas de peroxidación. Por su capacidad de inhibir, activar o proteger enzimas específicas en el organismo, los distintos polifenoles tienen cada uno acción antioxidante particular.

Cada polifenol actuará por uno o más de estos mecanismos según sus propiedades particulares. Lo anterior, explica las evidencias epidemiológicas relativas al consumo de polifenoles antioxidantes como protectores de

enfermedades crónicas que hoy son la preocupación principal de la salud pública mundial. En las frutas se encuentran altas concentraciones y constituyen uno de los grupos de sustancias más ampliamente distribuidos en el reino vegetal, estando implicados en sistemas de defensa de las plantas frente a parásitos patógenos y depredadores. Presentan una estructura muy variada, encontrándose desde moléculas simples, como fenoles, a sustancias de alto grado de polimerización, como taninos condensados (Saura-Calixto y Jimenez-Escrig, 2001).



### **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.

#### **3.2. Materiales.**

##### **3.2.1. Materia Prima.**

Para la producción de pan de molde se utilizó como materia prima:

- Harina de trigo para panificación, Nicolini, lote N° 612-82900, de comercial D`GOBA E.I.R.L., (Nuevo Chimbote).
- Maracuyá, variedad flavicarpa, del Mercado la Perla. (Chimbote).

##### **3.2.2. Insumos.**

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

- Ácido ascórbico en polvo, de Laboratorio de Investigación y desarrollo de productos agroindustriales de la Escuela de Agroindustria – Universidad Nacional del Santa. (Chimbote).
- Azúcar refinada, de comercial “Ancash” S.A.C. (Chimbote).
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) seca instantánea, Fleischman, validez 07/2011, de comercial “Julissa” E.I.R.L. (Nuevo Chimbote).
- Leche en polvo modificada, Anchor, validez 03/2011, de comercial “Julissa” E.I.R.L. (Nuevo Chimbote).
- Manteca, de comercial “Ancash” S.A.C. (Nuevo Chimbote)
- Sal, de comercial “Ancash” S.A.C. (Chimbote).
- Huevos, de Mercado Buenos Aires (Nuevo Chimbote).

### **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.**

- 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 ( $\text{CuSO}_4$ ).
- Sulfato de potasio anhidro ( $\text{K}_2\text{PO}_4$ ).

#### **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.**

##### **Caracterización de la harina de trigo.**

La harina de trigo utilizada fue caracterizada por las siguientes propiedades:

##### **Composición porcentual.**

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina fueron realizadas por los métodos N° 44-15A de la AACCC (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 totales se determinaron por diferencia (100%- de los otros componentes). Las pruebas fueron analizadas por triplicado, excepto la determinación de proteína, grasa y carbohidratos.

##### **Colorimetría.**

Para la determinación del 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).

##### **Caracterización de la harina de cascara de maracuyá.**

La harina de cascara de maracuyá utilizada fue caracterizada por las siguientes propiedades:

##### **Composición porcentual.**

Las determinaciones de la humedad, proteína y cenizas de la harina fueron realizadas por los métodos N° 44-15A de la AACCC (1995), N° 920.87 de la AOAC (1980) y 920.03 de la AOAC (1980). El contenido de grasa fue determinado según el método 920.39C de la AOAC (1997). Los carbohidratos totales se determinarán por diferencia (100%- de los otros componentes). Las

pruebas fueron analizadas por triplicado, excepto la determinación de proteína y grasa.

### **Colorimetría.**

Para la determinación del color de la harina de kiwicha 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).

### **Fibra.**

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

## **3.3.2 Producción de panes.**

### **Formulación.**

La formulación para el pan de molde utilizada en este trabajo está representada en la tabla 8.

**Tabla 6: Formulación utilizada para la producción de panes.**

| <b>Formulación</b>        |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| <b>Ingrediente</b>        | <b>%(Base harina)</b> |
| 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                     |

\* El porcentaje de Harina de Trigo se obtuvo por diferencia (100% - el total de los componentes de sustitución. Ver tabla10)

## Planeamiento Experimental.

El Planeamiento Experimental se realizó mediante un delineamiento factorial completo, Delineamiento Compuesto Central Rotacional (DCCR) 2<sup>3</sup>, donde las variables independientes son los niveles de harina de Kiwicha, Salvado de trigo y ácido ascórbico.

Los niveles varían en  $-\alpha$ , -1, 0, +1,  $+\alpha$ ; los valores reales correspondientes se encuentran en la Tabla 9.

**Tabla 7: Niveles de las variables independientes del delineamiento experimental (DCCR) 23, incluyendo 6 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.**

| Variables independientes | Niveles   |      |    |      |           |
|--------------------------|-----------|------|----|------|-----------|
|                          | $-\alpha$ | -1   | 0  | +1   | $+\alpha$ |
| % harina cáscara mango   | 3         | 3.88 | 6  | 8.12 | 9         |
| mg/kg ácido ascórbico    | 20        | 32   | 60 | 88   | 100       |

Once ensayos fueron realizados, cuatro ensayos factoriales, cuatro ensayos en condiciones axiales y tres repeticiones del punto central. El Cuadro 09 representa el planeamiento experimental utilizado.

**Tabla 8: Valores codificados y valores reales del Diseño central compuesto rotacional 22**

| TRATAMIENTOS | Valores Codificados** |                | Valores reales         |                       |
|--------------|-----------------------|----------------|------------------------|-----------------------|
|              | V <sub>1</sub>        | V <sub>2</sub> | % harina cáscara mango | mg/kg ácido ascórbico |
| 1            | -1                    | -1             | 3.9                    | 32                    |
| 2            | +1                    | -1             | 8.1                    | 32                    |
| 3            | -1                    | +1             | 3.9                    | 88                    |
| 4            | +1                    | +1             | 8.1                    | 88                    |
| 5            | $-\alpha$             | 0              | 3                      | 60                    |
| 6            | $+\alpha$             | 0              | 9                      | 60                    |
| 7            | 0                     | $-\alpha$      | 6                      | 20                    |
| 8            | 0                     | $+\alpha$      | 6                      | 100                   |
| 9            | 0                     | 0              | 6                      | 60                    |
| 10           | 0                     | 0              | 6                      | 60                    |
| 11           | 0                     | 0              | 6                      | 60                    |

*\*Elaborado sobre el Paquete STATISTICA, STATSOFT – USA, versión 5.0.*

Los análisis de caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética de maracuyá obtenida se realizarán por triplicado. Los resultados obtenidos serán sometidos al paquete STATISTICA, STATSOFT-USA, versión 12.0 para determinar si existe diferencia significativa, con un grado de significancia de Duncan de  $p < 0.05$ .

La Evaluación sensorial del pan de molde con diferentes porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de cascara de maracuyá con alto contenido de fibra dietética antioxidante, más el testigo se realizará a través de un panel no entrenado, conformado por 40 panelistas jóvenes que evaluarán el grado de satisfacción global del pan de molde según lo recomendado por (Anzaldúa-Morales, 1994).

Los resultados a obtenerse luego de la aplicación de la prueba de medición del grado de satisfacción global, con una escala hedónica de siete categorías serán sometidos al Software Statistica 5.0 para determinar si existe diferencia significativa, con un grado de significancia de  $p < 0.05$ .

### **Procedimiento para elaboración de pan de molde.**

En la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo utilizado para la elaboración de pan. El procedimiento para la elaboración de pan de molde estuvo descrito por las siguientes etapas:

#### **A. Recepción.**

Se recepcionó la materia prima (harina de trigo, Kiwicha y Salvado 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 pesan 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 podemos determinar el rendimiento final y cuanto se va perdiendo 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 615 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.

**F. Horneado.**

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

**G. Enfriado.**

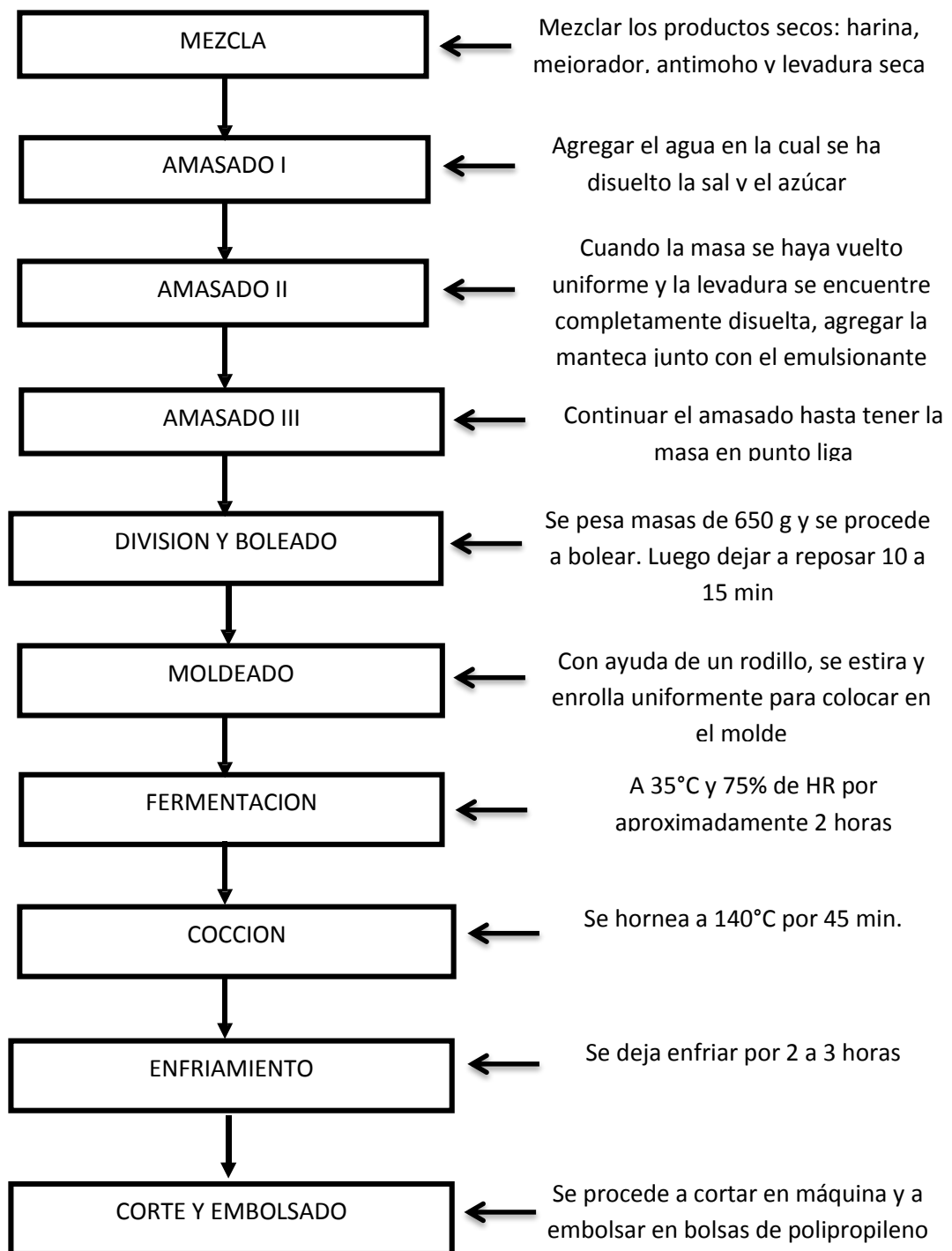
Los panes fueron sacados de sus moldes y colocados en fuentes secas y frías en una zona fresca, libre de contaminación.

**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 dio en un ambiente limpio, fresco; a temperatura ambiente.



**Figura 5: Diagrama de flujo a utilizarse en el proceso**



### 3.3.3. Evaluación de la calidad de los panes.

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

#### **Volumen específico.**

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

#### **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 realizada 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:

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

#### **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: apariencia de la corteza, apariencia de la miga, color de la corteza, color de la miga, aroma, textura, sabor e intención de compra.

Las muestras estuvieron codificadas con números de tres cifras. Por otro lado las fichas de evaluación sensorial fueron realizadas teniendo en cuenta una escala hedónica de 9 puntos (1=me disgusta muchísimo a 9=me gusta muchísimo). Los panelistas también fueron cuestionados en cuanto a la intención de compra, en caso de que el producto estuviera en venta, en una escala de 5 puntos. La ficha utilizada para la evaluación se encuentra en el Anexo 11.

### **Análisis estadístico.**

El programa estadística Estadística 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA) fue utilizado para determinar los efectos de las variables independientes, calcular los coeficientes de regresión, análisis de varianza (ANOVA) y construir las superficies de respuesta con nivel de significancia de 5%.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. Caracterización de las materias primas.

#### 4.1.1. Caracterización de la harina de trigo.

##### Composición porcentual.

Los valores de la composición centesimal están representados en la Tabla 11.

Tabla 9: Composición porcentual (%) de la harina de trigo.

| Componentes (%) | Harina de trigo |
|-----------------|-----------------|
| Humedad         | 14.21±0.35      |
| Proteína        | 12.03*          |
| Cenizas         | 0.53±0.09       |
| Grasa           | 1.72*           |
| Carbohidratos   | 71.51           |

\* Realizado por Corporación de laboratorios de ensayos clínicos, biológicos e industriales (COLECBI S.A.C.)

Los resultados mostrados en la Tabla 11, nos indican que la Harina de Trigo tenía un porcentaje de 14.21% de Humedad y 0.53% de Cenizas, los cuales se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles por la *Norma Técnica Peruana 205.027 de INDECOPI*; Febrero 1986 y con la normativa del **CODEX Alimentarius 152-1985**. Un porcentaje de cenizas mayor a 0.90%, indica la presencia de material no deseable, como salvado.

Así mismo, se obtuvo un porcentaje de proteína 12.03, siendo mayor al 7,0% referido en el **CODEX Alimentarius 152-1985**.

## Colorimetría de la harina de trigo.

Tabla 10: Colorimetría de la harina de trigo.

| Materia Prima   | Luminosidad (L) | a          | B          | Cromacidad (C) | Angulo de tonalidad (h) |
|-----------------|-----------------|------------|------------|----------------|-------------------------|
| Harina de trigo | 97.27±0.95      | -0.93±0.01 | 10.38±0.66 | 10.42±0.66     | 84.87±0.25              |

El valor presentado de b\* (10.38), el cual muestra una tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides, con respecto al valor de a\* (-0.93) una ligera tendencia al color verde. El ángulo de tonalidad presentó un valor de 84.87 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo y amarillo). La cromacidad o grado de pigmentación presentó un valor de 10.42. (Ver anexo 12)

La variabilidad del color de la harina de trigo se ve afectada por variables como el genotipo de trigo, extracción de la harina., condicionamiento del grano antes de la molienda, el tamaño de partícula, el almacenamiento, condiciones climáticas de la cosecha y el lugar de siembra. (Ortolan, 2006). Mencionado por (Mattos, 2009).

### 4.1.2 Caracterización de la harina de cascara de maracuya

#### Composición porcentual de la harina de cascara de maracuyá

Los valores de la composición porcentual de la harina de cascara de maracuyá están representados en la Tabla 18.

Tabla 11: Composición porcentual (%) de la harina de cascara de maracuyá.

| Componentes (%) | Harina de cascara de maracuyá |
|-----------------|-------------------------------|
| Humedad         | 10.60±0.11                    |
| Proteína        | 4.30 ±0.36                    |
| Cenizas         | 5.42±0.02                     |
| Grasa           | 1.21±0.15                     |
| Carbohidratos   | 78.47                         |
| Fibra           | 57.59*                        |

Fuente: COLECBI SAC

\*Desarrollado en el IITA UNS

La harina de cáscara de maracuyá presentó un promedio de 10.60 % de humedad, con una desviación estándar de 0.11 estando dentro de las tolerancias indicadas en la norma técnica peruana 205.040 de INDECOPI (1976) para harinas sucedáneas de trigo, la cual tiene una humedad de 15%. El contenido de humedad es un valor que influye en las características composicionales, depende del grosor de la cáscara, así como del tiempo y temperatura de secado a los cuales se sometieron durante su procesamiento. (Cruz, 2002).

El contenido de proteína en la harina de cáscara de maracuyá, presentó un promedio de 4.30%, con una desviación estándar de 0.36.

El contenido de cenizas obtenido presentó un promedio de 5.42%, con una desviación estándar de 0.02, teniendo que considerar que el contenido de cenizas también puede variar de acuerdo al fruto, estado de madurez, variedad y temporada de cosecha del mismo, así como por las condiciones de cultivo (PRIEGO, 2007).

El contenido de grasa que se observa en la harina de cáscara de maracuyá presentó un promedio de 1.21 %, con una desviación estándar de 0.15. Este resultado es mayor que el porcentaje de grasa de 0.45% encontrado por Pérez y Márquez (2006) para residuos fibrosos de espárrago, lo cual se debe a la naturaleza del fruto.

La cantidad de carbohidratos obtenidos en la harina de cáscara de maracuyá presentó un promedio de 20.88 %, con una desviación estándar de 0.34. Se puede decir que los carbohidratos de las frutas son azúcares y en frutas cítricas, están conformados por monosacáridos (glucosa y fructosa), oligosacáridos (sacarosa) y polisacáridos (celulosa, almidón, hemicelulosas y pectinas) (Repo y Encina, 2008); y debido al alto contenido de carbohidratos de la cáscara que se obtuvieron en esta investigación es posible tener en cuenta estos componentes como posible estudio posterior en las cáscaras. El contenido de fibra para la harina de cáscara de maracuyá presentó un promedio de 57.59%, siendo mayor a la reportada por García (2003), el cual obtuvo 29.05% de fibra cruda en los residuos fibrosos de maracuyá.

## Colorimetría

El color de la harina de cascara de maracuyá se visualiza en la Tabla 10.

**Tabla 12: Colorimetría de la harina de cascara de maracuyá**

| <b>Materia Prima</b> | <b>Luminosidad (L)</b> | <b>a<sup>1</sup></b> | <b>b<sup>1</sup></b> | <b>Cromacidad (C)<sup>1</sup></b> | <b>Angulo de tonalidad (h)<sup>1</sup></b> |
|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|--|
| HCM                  | 74.85±0.993            | 3.78±0.27            | 35.93±0.02           | 36.129±0.029                      | 86.47±0.136                                |

<sup>1</sup>Los valores presentados son el promedio ± desviación estándar (n=3)

Fuente: Datos obtenidos en el IITA-UNS

El valor presentado de b\* (35.93), muestra una clara tendencia al color amarillo, atributo que podría ser relacionado a la presencia de carotenoides, polifenoles; con respecto al valor de a\* (3.78) que indica una ligera tendencia al color rojo. El ángulo de tonalidad presentó un valor de 86.47 que corresponde al primer cuadrante de las coordenadas de color (rojo y amarillo). La cromacidad o grado de pigmentación presentó un valor de 36.129.

La variabilidad de las varias tonalidades de color amarillo de la harina de cáscara de maracuyá se ve afectada por variables como el IM maracuyá, °Brix, Acidez, el tiempo de secado de cascara húmeda, la extracción de la harina, el tamaño de partícula y el almacenamiento.

### **4.1.3 Análisis físico químico de los panes de molde obtenidos con diferentes porcentajes de harina de cascara de mango.**

#### **Análisis estadístico de los volúmenes específicos de los panes de molde**

**Tabla 13: Volumen específico del pan de molde.**

| Ensayos       | Harina de cáscara de mango | Ácido ascórbico | Volumen Específico (ml/g) |
|---------------|----------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1             | -1.00                      | -1.00           | 5.127                     |
| 2             | 1.00                       | -1.00           | 4.806                     |
| 3             | -1.00                      | 1.00            | 4.575                     |
| 4             | 1.00                       | 1.00            | 4.611                     |
| 5             | -1.41                      | 0               | 5.177                     |
| 6             | 1.41                       | 0               | 4.816                     |
| 7             | 0                          | -1.41           | 5.017                     |
| 8             | 0                          | 1.41            | 4.621                     |
| 9             | 0                          | 0               | 4.735                     |
| 10            | 0                          | 0               | 4.747                     |
| 11            | 0                          | 0               | 4.718                     |
| <b>Patrón</b> | -                          | -               | 5.070                     |

**Fuente: Anexo 2, datos para evaluar el volumen específico**

La **tabla 13** muestra el diseño factorial codificado aplicado y los resultados obtenidos para la variable volumen específico.

Como se puede observar en la **tabla 13**, se muestra los resultados de volumen específico para cada una de las formulaciones usadas expresadas en ml/g. Los valores se encuentran entre 4.611 (Formulación 4) y 5.177 (Formulación 5); valores mínimos y máximo respectivamente.

Por otro lado las formulaciones 9, 10 y 11 considerados repeticiones y/o con condición de punto central mostraron valores próximos; lo que indica la buena repetitividad del proceso realizado.

Al realizar el procesamiento de datos en el software STATISTICA STATSOFT se obtuvo los coeficientes de regresión de los términos lineales y cuadráticos, e interacción de las variables independientes en estudio (**tabla 2**) y los efectos significativos para la variable

en estudio que se muestra en el diagrama de Pareto (**figura 1**). 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 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 maracuyá ( $x_1$ ) y harina de garbanzo ( $x_2$ ).

**Tabla 14: Coeficientes de regresión para respuesta volumen específico de los panes de molde.**

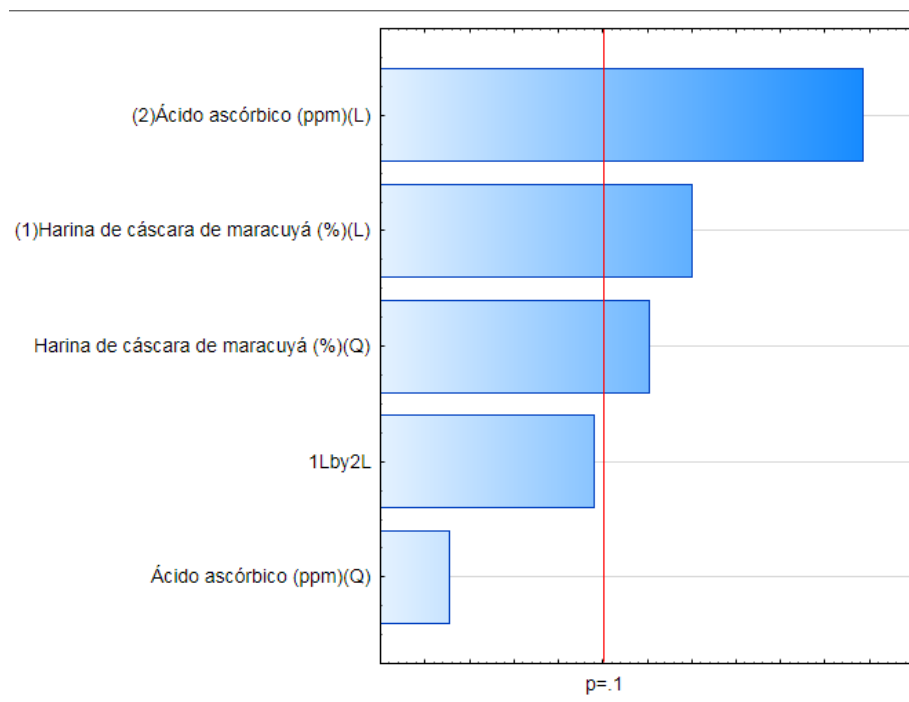
|                                      | <b>Coeficientes de regresión</b> | <b>Error estándar</b> | <b>t(7)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 4.73                             | 0.05                  | 87.47       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | -0.19                            | 0.07                  | -3.00       | 0.0301          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 0.19                             | 0.08                  | 2.52        | 0.0529          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -0.33                            | 0.07                  | -4.93       | 0.0044          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.02                             | 0.08                  | 0.27        | 0.7945          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.18                             | 0.09                  | 1.90        | 0.1152          |

$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá,  $x_2$ =Harina de garbanzo, 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%. Por tanto se concluye que los términos significativos (ver tabla 14 y figura 6) en el estudio de la variable Volumen Específico; fueron el término lineal y cuadrático de la harina de cáscara de maracuyá y termino lineal de harina de garbanzo.

El valor de coeficiente de determinación o coeficiente de explicación ( $r^2$ ); para el diseño factorial  $2^2$  completo fue de **89.703%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo. Así mismo al excluir en el software STATISTICA los términos que no fueron significativos ( $p > 0.10$ ); el nuevo valor de coeficiente de determinación para el diseño factorial es de **82.078%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste del modelo.





**Figura 6: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta volumen específico.**

La tabla 15 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la respuesta Volumen específico. Ahí 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**).

Además es posible construir superficies de respuestas para el volumen específico, la cual se presenta en la **figura 7 y 8**.

**Tabla 15: Análisis de varianza para la respuesta Volumen específico del pan de molde**

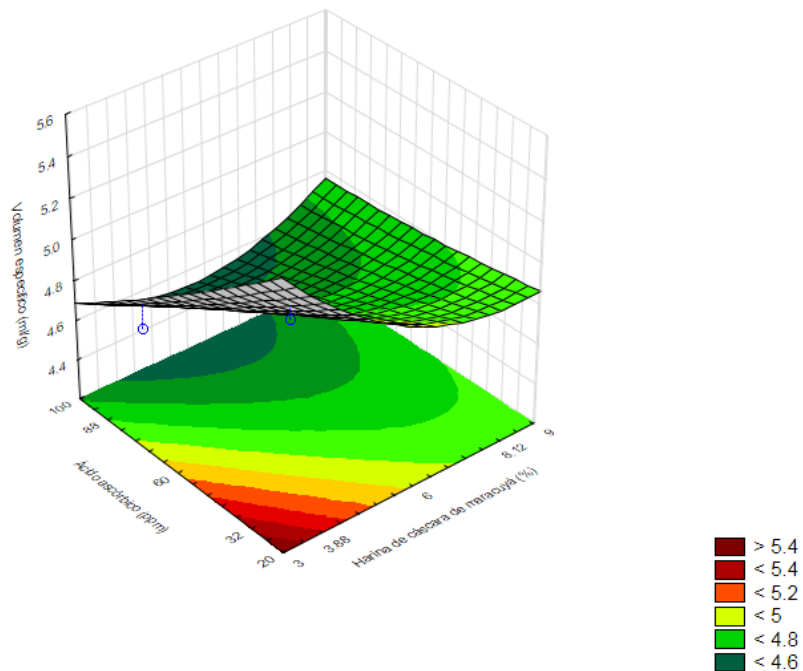
| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculado | F tabulado (3, 7;0.10) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------------|
| Regresión           | 0.35              | 3                  | 0.12             |             |                        |
| Residuos            | 0.08              | 7                  | 0.01             | 12          | 3.07                   |
| <b>Total</b>        | <b>0.43</b>       | <b>10</b>          | <b>0.04</b>      |             |                        |

$$\text{Volumen específico} = 4.73 - 0.19x_1 - 0.19x_2^2 - 0.33x_2 \dots(1)$$

Donde:

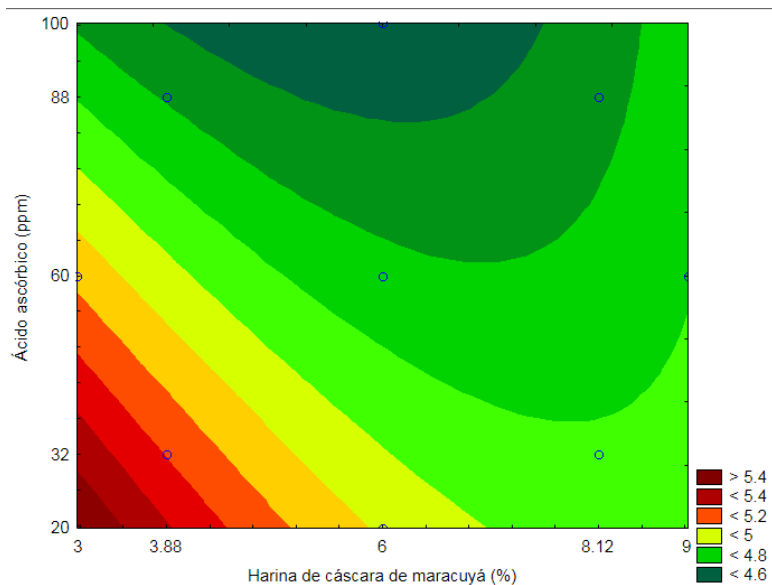
$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá

$x_2$ =Acido ascórbico



**Figura 7: Superficie de respuesta para el volumen de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y ácido ascórbico.**

La superficie de respuesta de la figura 8 nos indica que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de maracuyá entre 3.88 y 8.12% y Ácido ascórbico entre 88 y 100ppm, se obtendrán volúmenes mayores (entre 4.6 y 4.7 ml/g) en los panes de molde.



**Figura 8: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para el volumen de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y harina de garbanzo.**

## 4.2. Evaluación sensorial.

La tabla 16 muestra los resultados de la evaluación sensorial de los panes de molde con harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico.

### 4.2.1. Color del pan de molde.

Los valores reportados para el color del pan de molde presentan un rango de 4.13 a 6.53 (tabla 16)

La tabla 16 muestra al ensayo 1 (5.4% de harina de cáscara de maracuyá, 5.4% de Ácido ascórbico), 4 (7.6% de harina de cáscara de maracuyá, 7.6% de Ácido ascórbico) y 7 (6.5% de harina de cáscara de maracuyá, 5% de Ácido ascórbico) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

**Tabla 16: Respuestas obtenidas del análisis sensorial de los panes de molde**

| Ensayos       | Harina de cáscara de maracuyá | Ácido ascórbico | Color | Apariencia | Aroma | Textura | Sabor | % de Intención de compra |
|---------------|-------------------------------|-----------------|-------|------------|-------|---------|-------|--------------------------|
| 1             | -1.00                         | -1.00           | 6.28  | 6.28       | 6.28  | 6.69    | 6.31  | 75.00                    |
| 2             | 1.00                          | -1.00           | 4.78  | 5.06       | 5.82  | 5.06    | 4.38  | 49.80                    |
| 3             | -1.00                         | 1.00            | 5.13  | 5.25       | 5.30  | 5.69    | 5.16  | 58.60                    |
| 4             | 1.00                          | 1.00            | 6.22  | 6.00       | 6.22  | 6.31    | 6.03  | 69.80                    |
| 5             | -1.41                         | 0               | 5.53  | 5.63       | 5.34  | 5.78    | 5.59  | 72.60                    |
| 6             | 1.41                          | 0               | 4.13  | 4.28       | 5.00  | 4.97    | 4.28  | 62.80                    |
| 7             | 0                             | -1.41           | 6.53  | 6.3        | 6.34  | 6.78    | 6.59  | 80.60                    |
| 8             | 0                             | 1.41            | 5.50  | 5.59       | 6.00  | 5.88    | 5.59  | 65.80                    |
| 9             | 0                             | 0               | 6.30  | 5.41       | 5.53  | 6.00    | 6.28  | 68.30                    |
| 10            | 0                             | 0               | 6.25  | 5.84       | 5.81  | 6.00    | 6.22  | 68.80                    |
| 11            | 0                             | 0               | 6.28  | 5.65       | 5.76  | 6.30    | 6.31  | 68.00                    |
| <b>Patrón</b> | -                             | -               | 7.69  | 7.66       | 7.16  | 7.75    | 7.34  | 89.40                    |

**Tabla 17: Coeficientes de regresión para respuesta color de los panes de molde.**

|                                      | Coeficientes de regresión | Error estándar | t(7)  | p-valor* |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------|-------|----------|
| <b>Media</b>                         | 6.28                      | 0.22           | 27.97 | <0.0001  |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | -0.59                     | 0.27           | -2.17 | 0.0818   |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | -1.36                     | 0.33           | -4.15 | 0.0089   |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -0.29                     | 0.27           | -1.06 | 0.3372   |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | -0.17                     | 0.33           | -0.52 | 0.6222   |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 1.29                      | 0.39           | 3.33  | 0.0207   |

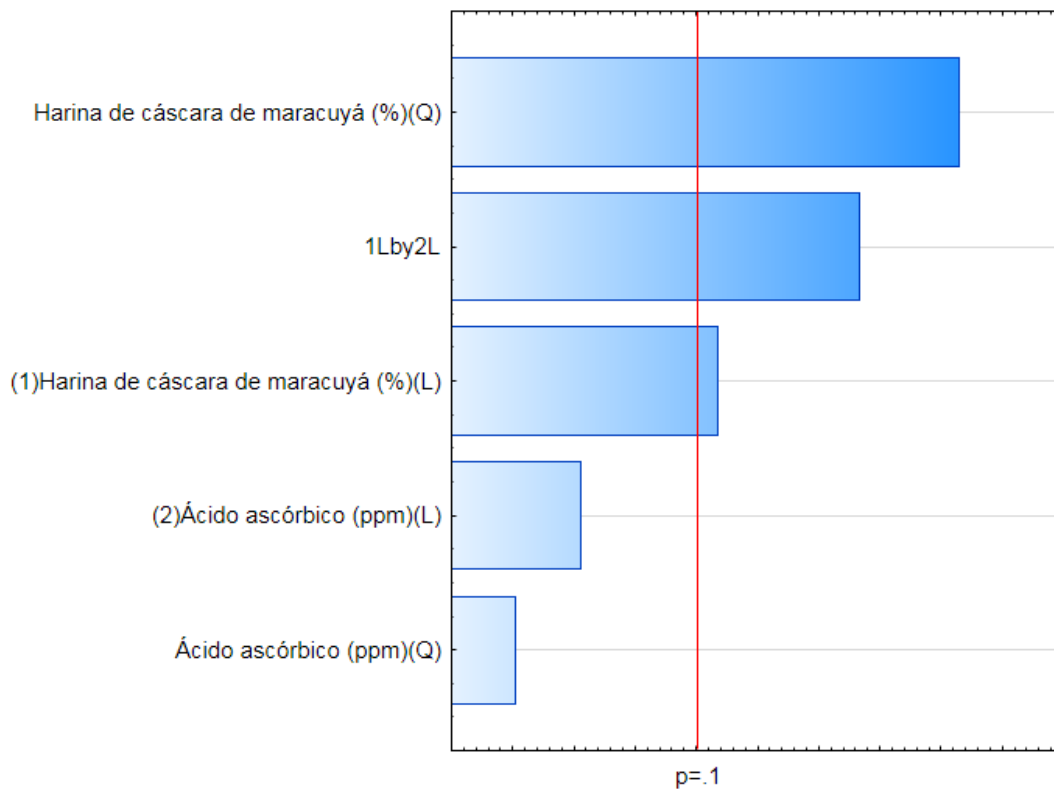
x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

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

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta color de los panes de molde, tabla 17 y figura 9. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo ( $p < 0.10$ ) fueron los términos lineal y cuadrático de harina de cáscara de maracuyá y la interacción de harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico.

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el diseño factorial completo  $2^2$  de la variable en estudio fue de **87.398%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo.

Al excluir los términos no significativos ( $p > 0.10$ ); el nuevo  $r^2$  para el modelo ajustado es de **83.866%**; manteniendo su condición de buen ajuste.



**Figura 9: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta color.**

**Tabla 18: Análisis de varianza para la respuesta color del pan de molde**

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F calculado</b> | <b>F tabulado (3, 7;0.10)</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------|
| <b>Regresión</b>           | 5.02                     | 3                         | 1.67                    |                    |                               |
| <b>Residuos</b>            | 0.97                     | 7                         | 0.14                    | 11.93              | 3.07                          |
| <b>Total</b>               | 5.99                     | 10                        | 0.59                    |                    |                               |

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 18, se observa que el modelo que describe la respuesta color 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 la razón  $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$  fue de 3.89, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

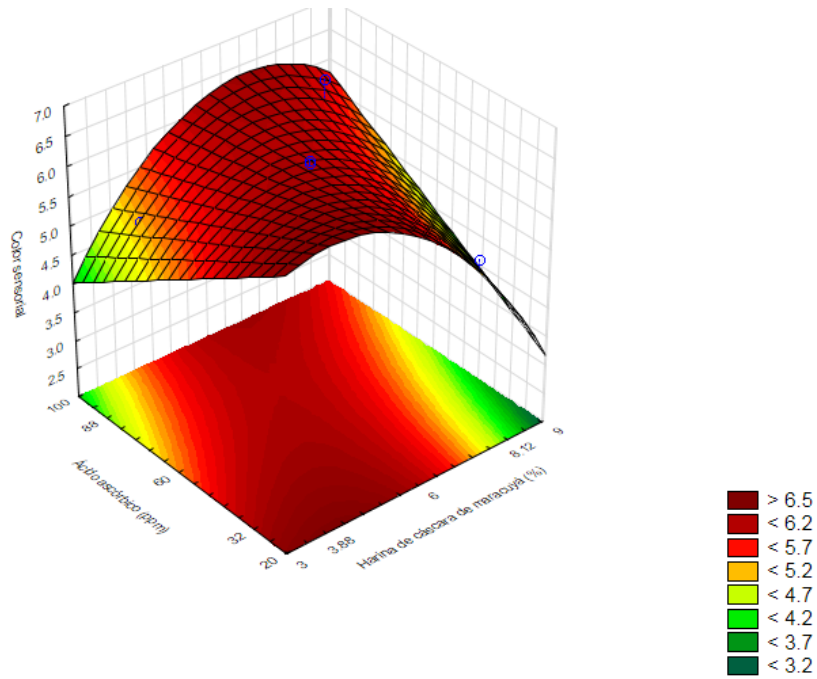
En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 2, que muestra la posibilidad del color de ser estimado en función de la harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Color} = y = 6.28 - 0.59x_1 - 1.36x_1^2 + 1.29 x_1 * x_2 \dots (2)$$

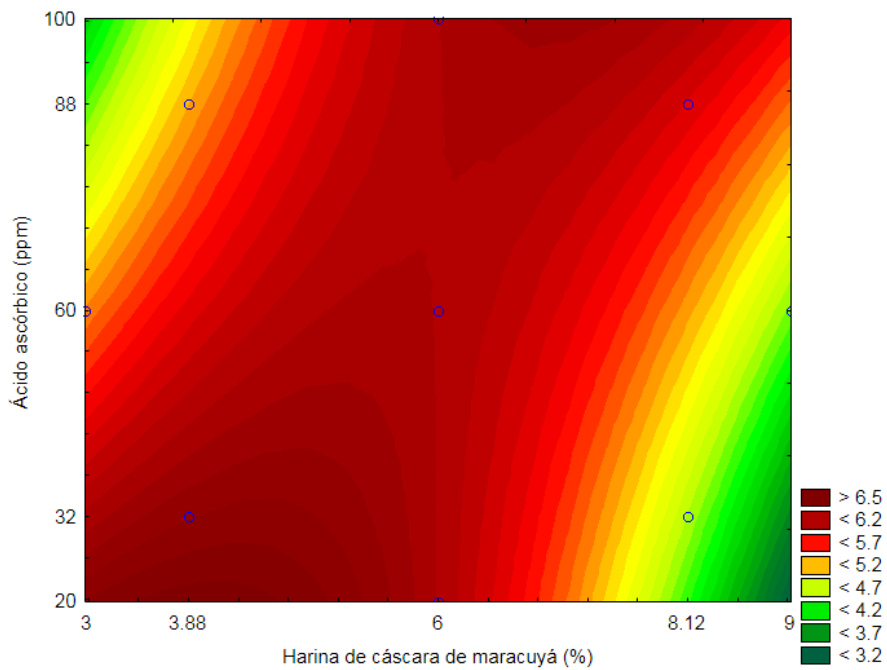
Donde:

$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá.

$x_2$ =Ácido ascórbico.



**Figura 10: Superficie de respuesta para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**



**Figura 11: .Gráfico de contorno para el color de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**

La superficie de respuesta representada en la figura 10 y 11 indica claramente la influencia de la interacción de las variables harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico en la variable en estudio, además indica la no significancia del termino Ácido

ascórbico en los niveles estudiados en esta investigación (de 20 a 100ppm); sin embargo el término lineal de harina de cascara de maracuyá influye obteniéndose valores mayores 6.5 en el parámetro en estudio cuando los niveles utilizados sean de 3 a 6%.

#### 4.2.2. Apariencia del pan de molde.

La tabla 16 muestra los resultados de apariencia para cada formulación del diseño factorial 2<sup>2</sup>.

La tabla 4 muestra al ensayo 1 (5.4% de harina de cáscara de maracuyá, 5.4% de Ácido ascórbico), 4 (7.6% de harina de cáscara de maracuyá, 7.6% de Ácido ascórbico) y 7 (6.5% de harina de cáscara de maracuyá, 5% de Ácido ascórbico) 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 la respuesta apariencia, tabla 19 y figura 12. Analizando las probabilidades de cada termino se concluye que el término lineal y cuadrático de harina de cáscara de maracuyá; así como la interacción de los términos lineales de harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico tuvieron efecto significativo ( $p < 0.10$ ) sobre la apariencia de los panes de molde.

**Tabla 19: Coeficientes de regresión para respuesta apariencia de los panes de molde.**

|                                      | <b>Coefficientes<br/>de regresión</b> | <b>Error<br/>estándar</b> | <b>t(7)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 5.63                                  | 0.19                      | 29.85       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | -0.59                                 | 0.23                      | -2.57       | 0.0498          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | -0.58                                 | 0.28                      | -2.11       | 0.0889          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -0.27                                 | 0.23                      | -1.18       | 0.2898          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.41                                  | 0.28                      | 1.49        | 0.1959          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.99                                  | 0.33                      | 3.01        | 0.0296          |

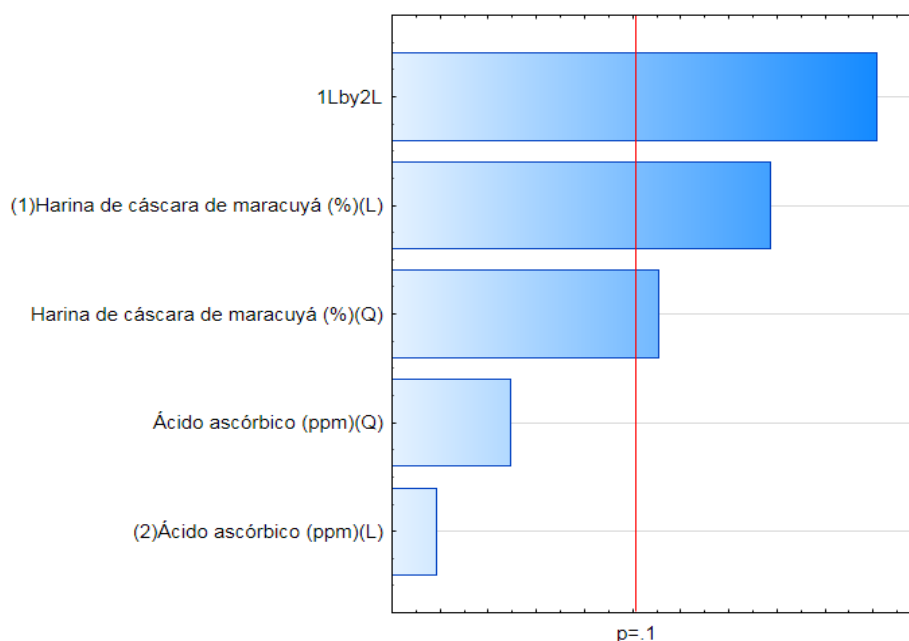
x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

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



El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el diseño experimental completo de la variable en estudio fue de **84.088%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del diseño experimental completo, aquellos términos por no ser significativos ( $p > 0.10$ ); el nuevo  $r^2$  que se presenta para el modelo ajustado es de **72.548%**.



**Figura 12: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta apariencia.**

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 20, se observa que el modelo que describe la respuesta apariencia 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  $F_{\text{calculado}}$  es mayor al  $F_{\text{tabulado}}$ , permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

**Tabla 20: Análisis de varianza para la respuesta apariencia del pan de molde**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculado | F tabulado (3, 7;0.10) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------------|
| <b>Regresión</b>    | 2.44              | 3                  | 0.81             |             |                        |
| <b>Residuos</b>     | 0.92              | 7                  | 0.13             | 6.23        | 3.07                   |
| <b>Total</b>        | 3.36              | 10                 | 0.34             |             |                        |

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo de variables codificadas representado en la ecuación 3, que muestra la posibilidad de la

apariencia de ser estimado en función de la harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico.

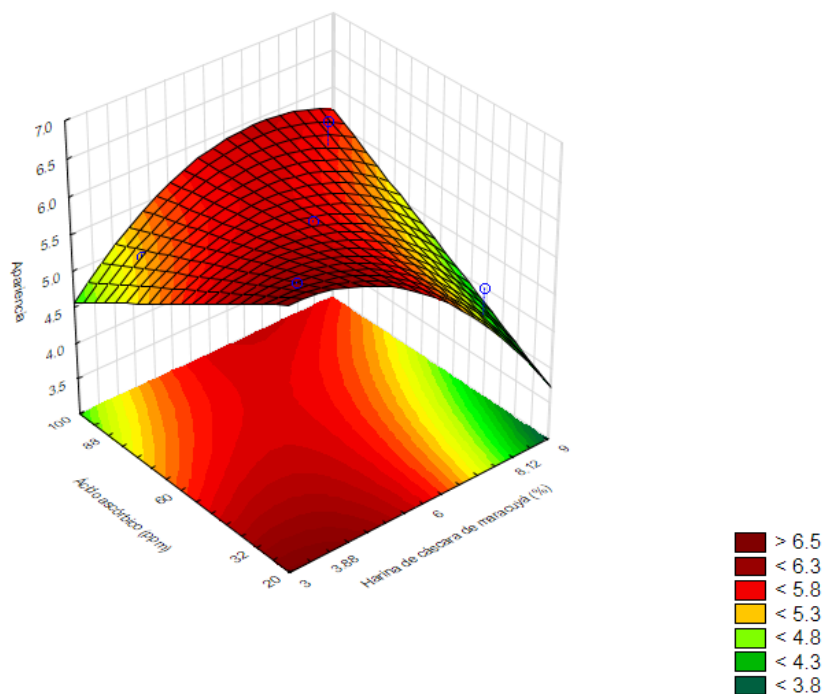
$$\text{Apariencia} = 5.63 - 0.59x_1 - 0.58x_1^2 + 0.99x_1 * x_2 \dots (3)$$

Donde:

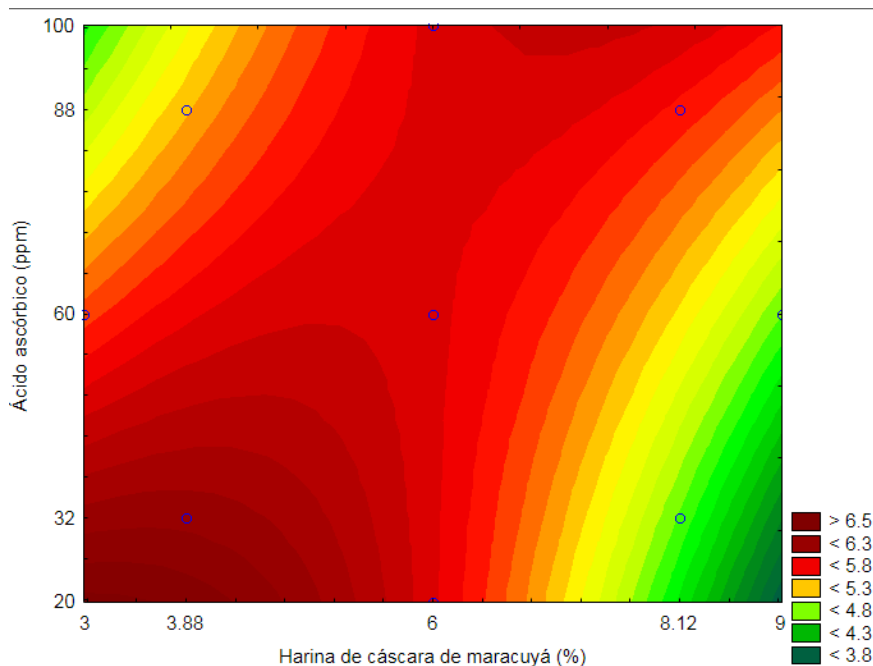
$x_1$  = Harina de cáscara de maracuyá.

$x_2$  = Ácido ascórbico.

Así mismo, es posible construir una superficie de respuesta para la apariencia en función de las variables independientes, la cual se presenta en la **figura 13 y 14**.



**Figura 13: Superficie de respuesta para la apariencia de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**



**Figura 14: Gráfico de contorno para la apariencia de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**

La superficie de respuesta representada en la figura 13 y 14 indica claramente la influencia de la interacción de las variables harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico en la variable en estudio, además indica la no significancia del término Ácido ascórbico en los niveles estudiados en esta investigación (de 20 a 100ppm); sin embargo el término lineal de harina de cascara de maracuyá influye obteniéndose valores mayores 6.5 en el parámetro en estudio cuando los niveles utilizados sean de 3 a 6%.

#### **4.2.3. Aroma del pan de molde.**

La tabla 16 muestra los resultados de aroma sensorial para cada formulación del diseño factorial  $2^2$ .

La tabla 16 muestra al ensayo 1 (5.4% de harina de cáscara de maracuyá, 5.4% de Ácido ascórbico), 4 (7.6% de harina de cáscara de maracuyá, 7.6% de Ácido ascórbico) y 7 (6.5% de harina de cáscara de maracuyá, 5% de Ácido ascórbico) 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 21. Los valores

de probabilidad indican que los términos cuadráticos de la harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico; y su interacción fueron significativos.

**Tabla 21: Coeficientes de regresión para respuesta aroma de los panes de molde.**

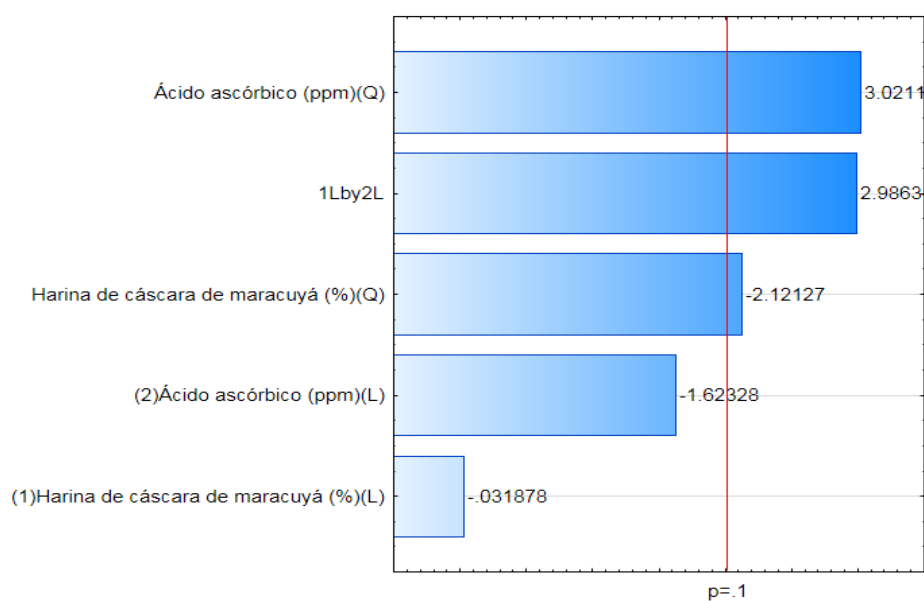
|                                      | <b>Coeficientes de regresión</b> | <b>Error estándar</b> | <b>t</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 5.70                             | 0.13                  | 42.73    | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | -0.01                            | 0.16                  | -0.03    | 0.9758          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | -0.41                            | 0.19                  | -2.12    | 0.0874          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -0.27                            | 0.16                  | -1.62    | 0.1655          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.59                             | 0.19                  | 3.02     | 0.0294          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.69                             | 0.23                  | 2.99     | 0.0306          |

x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

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

El valor de coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>); para el diseño experimental completo de la variable en estudio fue de **85.955%**. Este valor indica un alto ajuste modelo.

Al excluir del diseño experimental completo, aquellos términos por no ser significativos (p>0.10); el nuevo r<sup>2</sup> que se presenta para el modelo ajustado es de **78.550%**.



**Figura 15: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta aroma.**

**Tabla 22: Análisis de varianza para la respuesta apariencia del pan de molde**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculado | F tabulado (3, 7;0.10) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------------|
| Regresión           | 1.5               | 3                  | 0.5              |             |                        |
| Residuos            | 0.40              | 7                  | 0.06             | 83.33       | 3.07                   |
| Total               | 1.90              | 10                 | 0.19             |             |                        |

Al determinar el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 22, se observa que el modelo que describe la respuesta aroma 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 al  $F_{tabulado}$ , permitiendo la construcción de superficies de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo de variables codificadas representado en la ecuación 4, que muestra la posibilidad del aroma de ser estimado en función de la harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico.

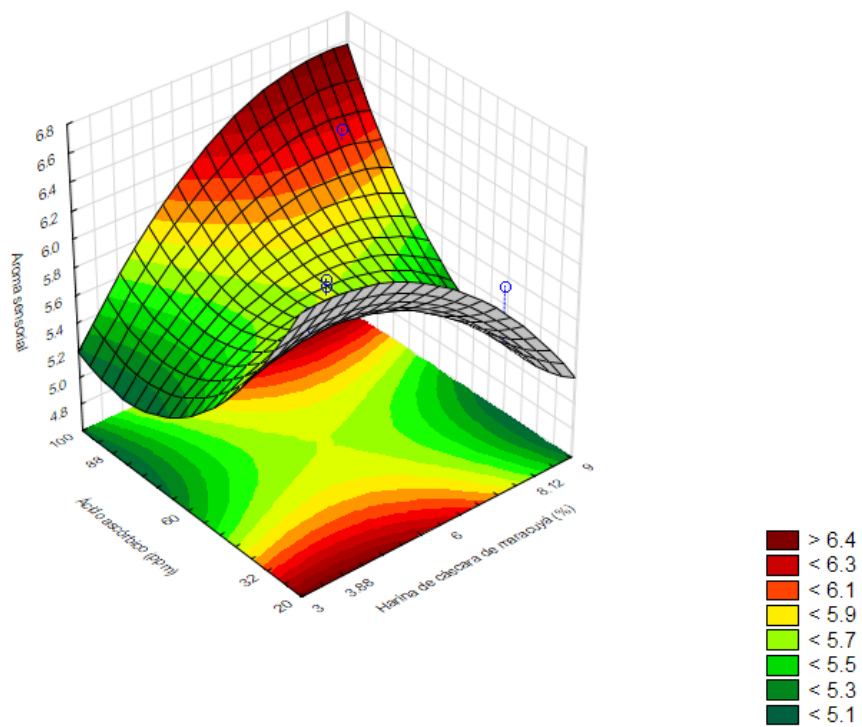
$$\text{Aroma} = 5.70 - 0.41x_1^2 + 0.59x_2^2 + 0.69x_1 * x_2 \dots (4)$$

Donde:

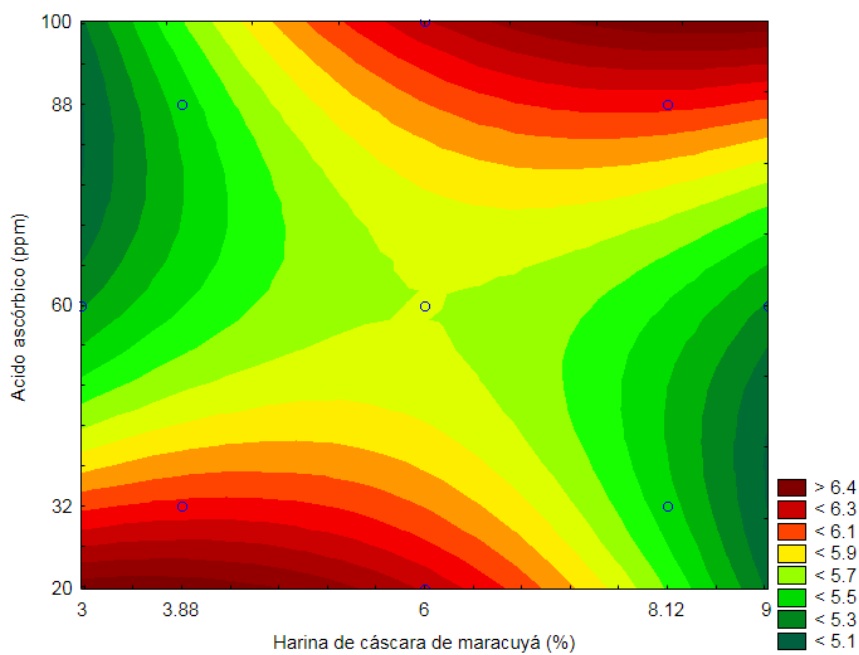
$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá.

$x_2$ =Ácido ascórbico.

Así mismo, es posible construir una superficie de respuesta para la apariencia en función de las variables independientes, la cual se presenta en la **figura 15 y 16**.



**Figura 16: Superficie de respuesta para el aroma de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**



**Figura 17: Gráfico de contorno para el aroma de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**

La superficie de respuesta representada en la figura 15 y 16 indica claramente la influencia de la interacción de las variables harina de cáscara de maracuyá y Ácido

ascórbico en la variable en estudio, además indica la no significancia del término Ácido ascórbico en los niveles estudiados en esta investigación (de 20 a 100ppm); sin embargo el término lineal de harina de cascara de maracuyá influye obteniéndose valores mayores 6.4 en el parámetro en estudio cuando los niveles utilizados sean de 3 a 6%.

#### 4.2.4. Textura del pan de molde.

De forma general los valores reportados para la textura del pan de molde presentan un rango de 4.97 a 6.78 (tabla 16).

La tabla 16 muestra al ensayo 1 (5.4% de harina de cáscara de maracuyá, 5.4% de Ácido ascórbico), 4 (7.6% de harina de cáscara de maracuyá, 7.6% de Ácido ascórbico) y 7 (6.5% de harina de cáscara de maracuyá, 5% de Ácido ascórbico) 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 la respuesta textura, tabla 23 y figura 17.

Analizando estos efectos se observó que los parámetros que tuvieron efecto significativo ( $p < 0.10$ ) fueron el término lineal de harina de cáscara de maracuyá, el término cuadrático de harina de cáscara de maracuyá y la interacción de los términos lineales de la harina de cáscara de maracuyá y la Ácido ascórbico.

**Tabla 23: Coeficientes de regresión para respuesta textura de los panes de molde.**

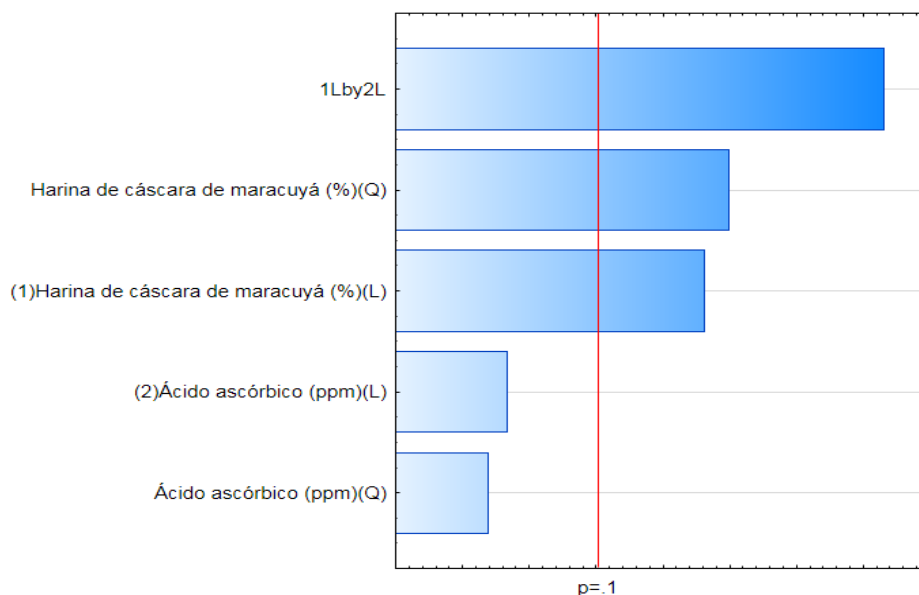
|                                      | <b>Coeficientes<br/>de regresión</b> | <b>Error<br/>estándar</b> | <b>t(7)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 6.10                                 | 0.16                      | 39.02       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | -0.54                                | 0.19                      | -2.81       | 0.0374          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | -0.68                                | 0.23                      | -2.99       | 0.0303          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -0.26                                | 0.19                      | -1.34       | 0.2393          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.27                                 | 0.23                      | 1.19        | 0.2854          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 1.13                                 | 0.27                      | 4.15        | 0.0089          |

x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, 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 **89.048%**. 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 **82.010%**.



**Figura 18: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta textura.**

**Tabla 24: 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 (3, 7;0.10) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------------|
| <b>Regresión</b>    | 2.75              | 3                  | 0.92             |             |                        |
| <b>Residuos</b>     | 0.60              | 7                  | 0.09             | 10.22       | 3.07                   |
| <b>Total</b>        | 3.35              | 10                 | 0.34             |             |                        |

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 24, se observa que el modelo que describe la respuesta textura 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  $F_{calculado}$  es mayor al  $F_{tabulado}$ , permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.



En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 5, que muestra la posibilidad de la textura de ser estimado en función de la harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Textura} = 6.10 - 0.54x_1 - 0.68x_1^2 + 1.13 x_1x_2 \dots(5)$$

Donde:

$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá

$x_2$ =Ácido ascórbico.

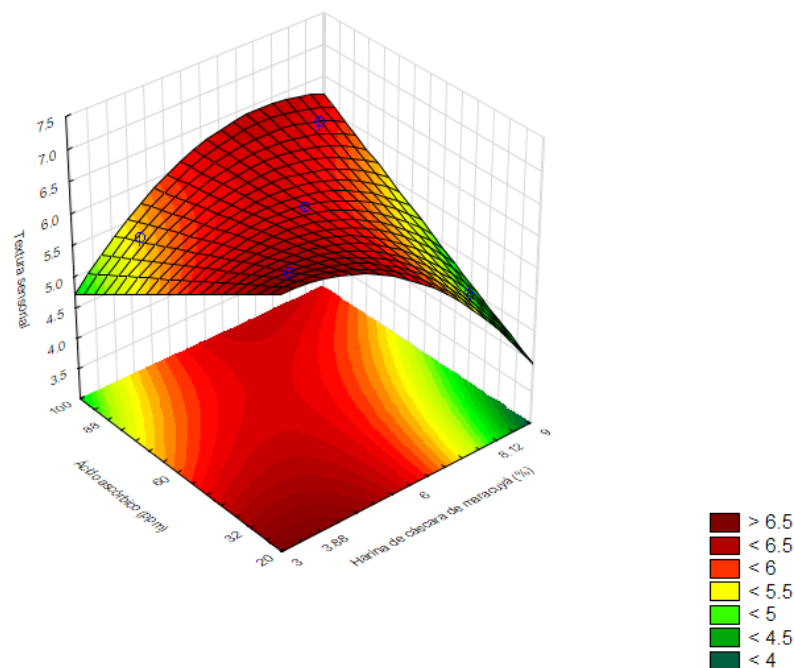
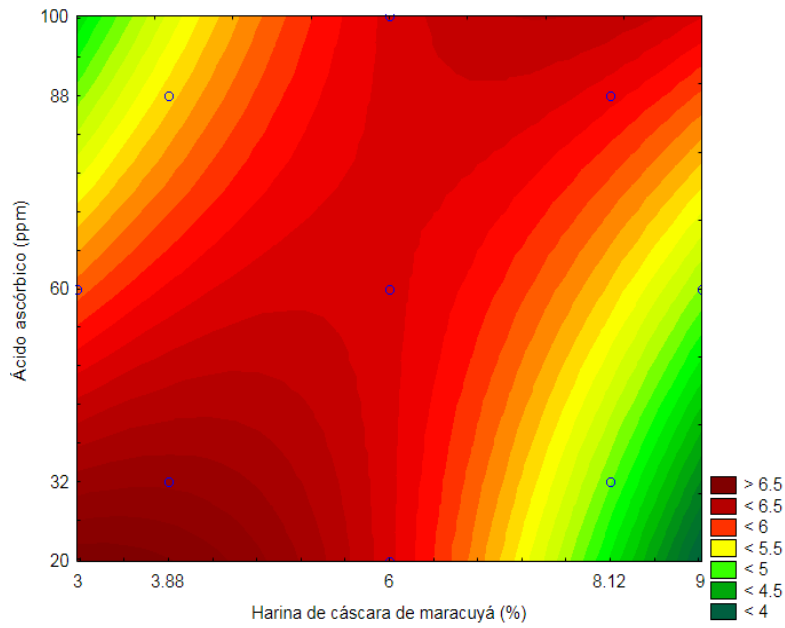


Figura 19: Superficie de respuesta para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.



**Figura 20: Gráfico de contorno para la textura de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico**

La superficie de respuesta representada en la figura 18 y 19 indica claramente la influencia de la interacción de las variables harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico en la variable en estudio, además indica la no significancia del término Ácido ascórbico en los niveles estudiados en esta investigación (de 20 a 100ppm); sin embargo el término lineal de harina de cascara de maracuyá influye obteniéndose valores mayores 6.5 en el parámetro en estudio cuando los niveles utilizados sean de 3 a 6%.

#### **4.2.5. Sabor del pan de molde.**

De forma general los valores reportados para el sabor del pan de molde presentan un rango de 4.28 a 6.59 (tabla 16)

La tabla 16 muestra al ensayo 1 (5.4% de harina de cáscara de maracuyá, 5.4% de Ácido ascórbico), 4 (7.6% de harina de cáscara de maracuyá, 7.6% de Ácido ascórbico) y 7 (6.5% de harina de cáscara de maracuyá, 5% de Ácido ascórbico) como los que gozan de la mayor aceptación por parte de los panelistas.

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta sabor de los panes de molde, tabla 25 y figura 20. Analizando estos efectos se

observó que los parámetros que tuvieron efecto significativo ( $p < 0.10$ ) fueron el término lineal de harina de cáscara de maracuyá, el término cuadrático de harina de cáscara de maracuyá y la interacción de los términos lineales de la harina de cáscara de maracuyá y la Ácido ascórbico.

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el diseño experimental completo fue de **91.395%**. 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 25, los términos que no fueron significativos ( $p > 0.10$ ); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **88.840%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.

**Tabla 25: Coeficientes de regresión para respuesta sabor de los panes de molde.**

|                                      | <b>Coeficientes<br/>de regresión</b> | <b>Error<br/>estándar</b> | <b>t(7)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 6.27                                 | 0.19                      | 32.91       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | -0.73                                | 0.23                      | -3.12       | 0.0262          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | -1.36                                | 0.28                      | -4.88       | 0.0045          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -0.23                                | 0.23                      | -0.98       | 0.3723          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | -0.20                                | 0.28                      | -0.72       | 0.5011          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 1.40                                 | 0.33                      | 4.24        | 0.0081          |

$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá,  $x_2$ =Ácido ascórbico, 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 26, se observa que el modelo que describe la respuesta sabor 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 una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 6, que muestra la posibilidad del sabor de ser

estimado en función de la harina de cáscara de maracuyá y la Ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

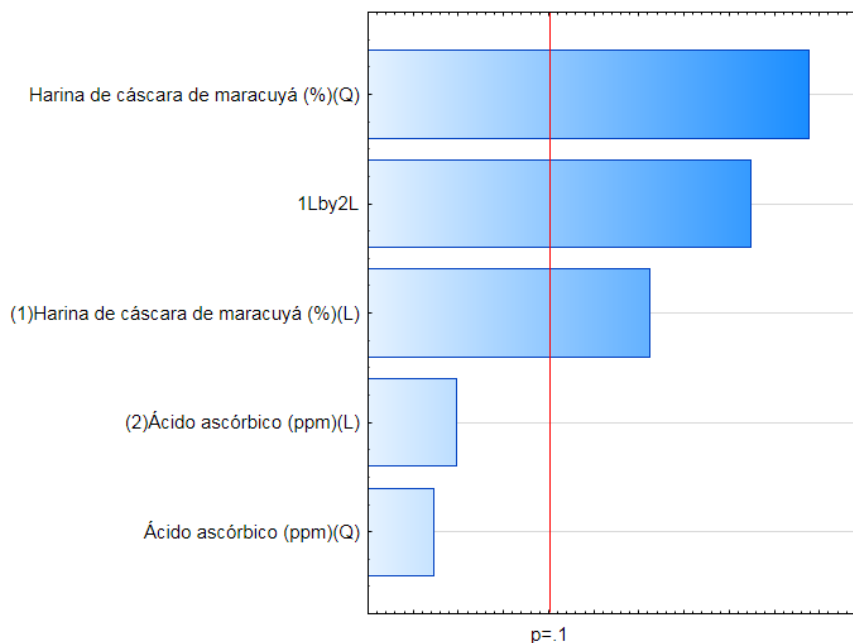


Figura 21: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta sabor.

Tabla 26: 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 (3, 7;0.10) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------------|
| Regresión           | 5.61              | 3                  | 1.87             |             |                        |
| Residuos            | 0.71              | 7                  | 0.10             | 18.7        | 3.07                   |
| <b>Total</b>        | <b>6.32</b>       | <b>10</b>          | <b>0.63</b>      |             |                        |

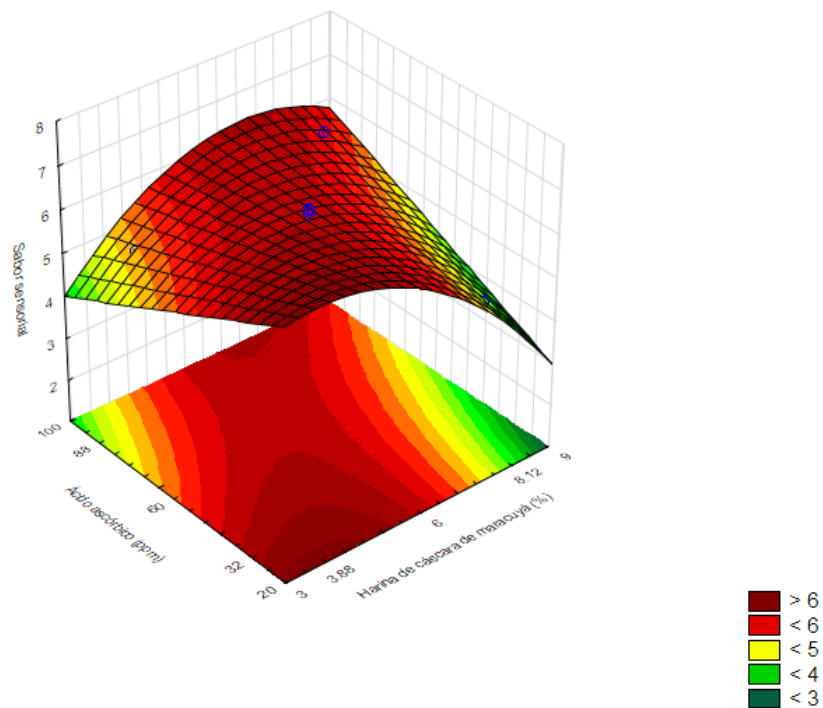
$$\text{Sabor} = y = 6.27 - 0.73x_1 - 1.36x_1^2 + 1.40x_1 * x_2 \dots (6)$$

Donde:

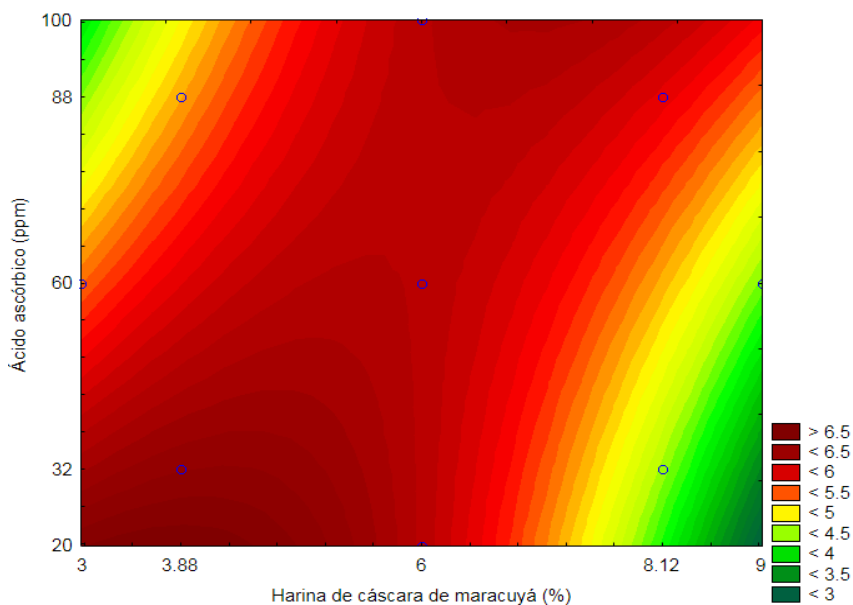
$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá

$x_2$ =Ácido ascórbico.

La superficie de respuesta representada en la figura 21 y 22 indica claramente la influencia de la interacción de las variables harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico en la variable en estudio, además indica la no significancia del término Ácido ascórbico en los niveles estudiados en esta investigación (de 20 a 100ppm); sin embargo el término lineal de harina de cascara de maracuyá influye obteniéndose valores mayores 6.5 en el parámetro en estudio cuando los niveles utilizados sean de 3 a 6%.



**Figura 22: Superficie de respuesta para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**



**Figura 23: Gráfico de contorno para el sabor de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**

#### 4.2.6. Intención de compra.

De forma general los valores reportados para el sabor del pan de molde presentan un rango de 4.28 a 6.59 (tabla 16)

La tabla 16 muestra al ensayo 1 (5.4% de harina de cáscara de maracuyá, 5.4% de Ácido ascórbico) y 7 (6.5% de harina de cáscara de maracuyá, 5% de Ácido ascórbico) como las que presentan la mayor intención de compra.

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta intención de compra de los panes de molde, tabla 27 y figura 23. Analizando estos efectos se observó que la interacción de los términos lineales de la harina de cáscara de maracuyá y la Ácido ascórbico tuvo efecto significativo ( $p < 0.10$ ) en la intención de compra de los panes de molde.

El valor de coeficiente de determinación ( $r^2$ ); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **73.804%**.

Al excluir los términos no significativos ( $p > 0.10$ ); el nuevo  $r^2$  para el modelo ajustado es de **48.805%**; no pudiéndose representar una superficie de respuesta y una ecuación de modelo ajustado para la variable en estudio.

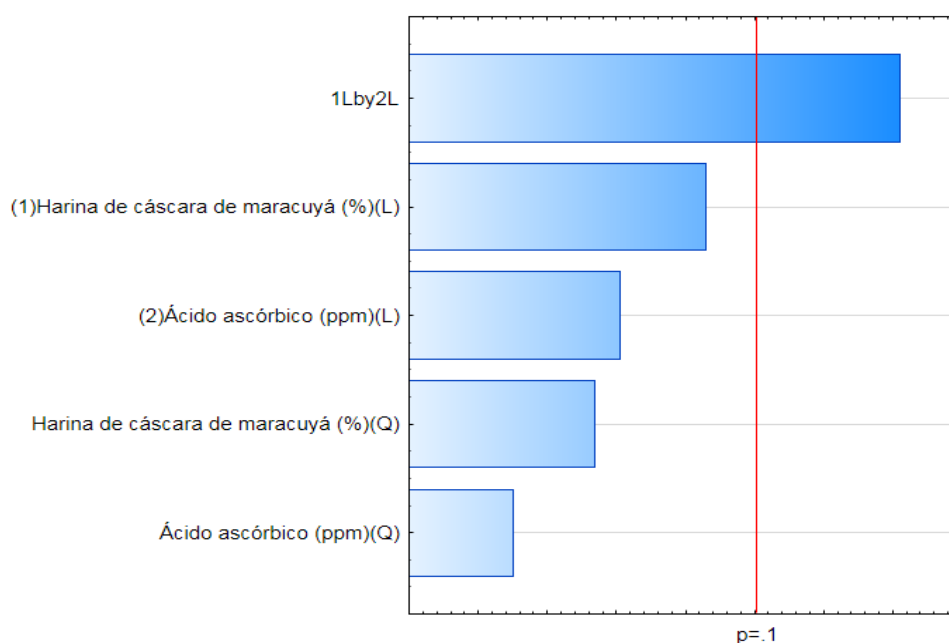
Como no fue posible establecer un modelo matemático de tendencia para la intención de compra, en función de las variables en estudio, la selección de cualquier nivel de harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico, dentro de los rangos estudiados, no conducirá a una diferencia en el producto final.

**Tabla 27: Coeficientes de regresión para respuesta Intención de compra de los panes de molde.**

|                                      | Coeficientes de regresión | Error estándar | t     | p-valor* |
|--------------------------------------|---------------------------|----------------|-------|----------|
| <b>Media</b>                         | 68.37                     | 3.44           | 19.86 | <0.0001  |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | -6.96                     | 4.22           | -1.65 | 0.1595   |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | -4.24                     | 5.02           | -0.85 | 0.4366   |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -4.33                     | 4.22           | -1.03 | 0.3513   |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 1.26                      | 5.02           | 0.25  | 0.8120   |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 18.20                     | 5.96           | 3.05  | 0.0284   |

x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

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



**Figura 24: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta intención de compra.**

### 4.3. Perfil textura.

La tabla 28, presenta los valores obtenidos del perfil de textura de los panes de molde; de acuerdo con el planeamiento experimental.

**Tabla 28: Respuestas obtenidas del perfil de textura de los panes de molde**

| Ensayos | Harina de cáscara de maracuyá | Ácido ascórbico | Dureza (Newton) | Firmeza (Newton) | Elasticidad (mm) | Masticabilidad(mJ) |
|---------|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|
| 1       | -1.00                         | -1.00           | 5.45            | 2.75             | 8.88             | 24.33              |
| 2       | 1.00                          | -1.00           | 7.28            | 3.79             | 8.12             | 30.22              |
| 3       | -1.00                         | 1.00            | 4.26            | 2.39             | 8.84             | 20.63              |
| 4       | 1.00                          | 1.00            | 6.28            | 3.37             | 8.51             | 28.04              |
| 5       | -1.41                         | 0               | 3.59            | 2.29             | 8.91             | 19.69              |
| 6       | 1.41                          | 0               | 6.89            | 4.01             | 9.2              | 36.24              |
| 7       | 0                             | -1.41           | 4.49            | 2.79             | 9.11             | 24.87              |
| 8       | 0                             | 1.41            | 4.09            | 2.61             | 9.2              | 23.42              |
| 9       | 0                             | 0               | 2.49            | 1.69             | 8.91             | 14.46              |
| 10      | 0                             | 0               | 2.71            | 1.79             | 8.91             | 15.46              |
| 11      | 0                             | 0               | 2.72            | 1.87             | 9.01             | 16.38              |
| Patrón  | -                             | -               | 2.79            | 1.88             | 8.93             | 16.35              |

#### 4.3.1. Dureza.

De forma general los valores reportados para la dureza del pan de molde presentan un rango de 2.439 a 7.28 (tabla 28)

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta dureza de los panes de molde, tabla 29 y figura 24. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) fueron los términos cuadráticos de harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico y el término lineal de harina de cáscara de maracuyá



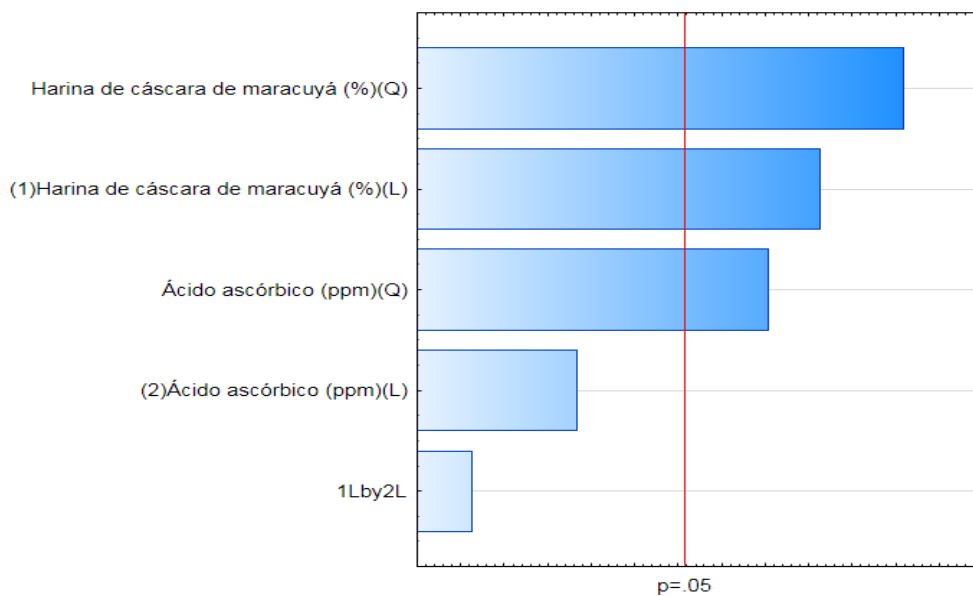
**Tabla 29: Coeficientes de regresión para respuesta dureza de los panes de molde.**

|                                      | <b>Coefficientes de regresión</b> | <b>Error estándar</b> | <b>t (7)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 2.64                              | 0.42                  | 6.27         | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | 2.13                              | 0.52                  | 4.13         | 0.0091          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 3.13                              | 0.61                  | 5.09         | 0.0038          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -0.69                             | 0.52                  | -1.34        | 0.2394          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 2.18                              | 0.61                  | 3.54         | 0.0165          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.09                              | 0.73                  | 0.13         | 0.9015          |

x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, 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 **90.796%**. 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 16, los términos que no fueron significativos (p>0.05); el valor de coeficiente de determinación para el delineamiento experimental disminuye a **87.483%**. Lo que sigue indicando un buen ajuste de los datos experimentales en el diseño experimental.



**Figura 25: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta dureza**

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 30, se observa que el modelo que describe la respuesta dureza, 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 una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 7, que muestra la posibilidad de la dureza de ser estimado en función de la harina de cáscara de maracuyá y la Ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

**Tabla 30: Análisis de varianza para la dureza del pan de molde**

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Cuadrados medios</b> | <b>F calculado</b> | <b>F tabulado (3, 7;0.05)</b> |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------|
| <b>Regresión</b>           | 25.31                    | 3                         | 8.43                    |                    |                               |
| <b>Residuos</b>            | 3.62                     | 7                         | 0.52                    | 16.21              | 4.35                          |
| <b>Total</b>               | 28.93                    | 10                        | 2.89                    |                    |                               |

$$\text{Dureza}=y= 2.64 +2.13x_1+3.13x_1^2+2.18x_2^2 \dots(7)$$

Donde:

$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá.

$x_2$ =Ácido ascórbico.

La figura 25 y 26 muestra la superficie de respuesta obtenida para la dureza del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la minimización del de la dureza, se puede calcular los valores óptimos de harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener la mayor puntuación a nivel sensorial en cuanto a este atributo.

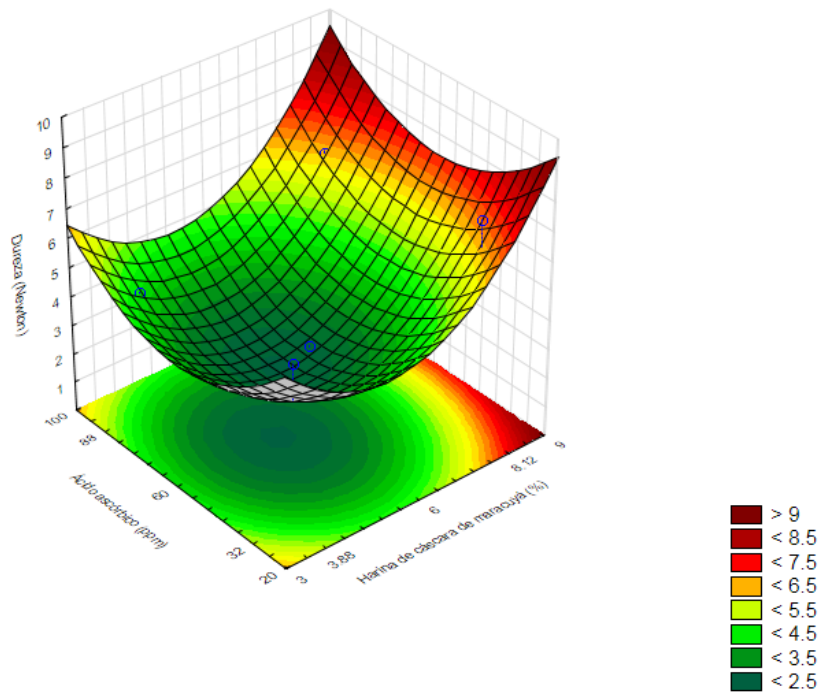


Figura 26: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la dureza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.

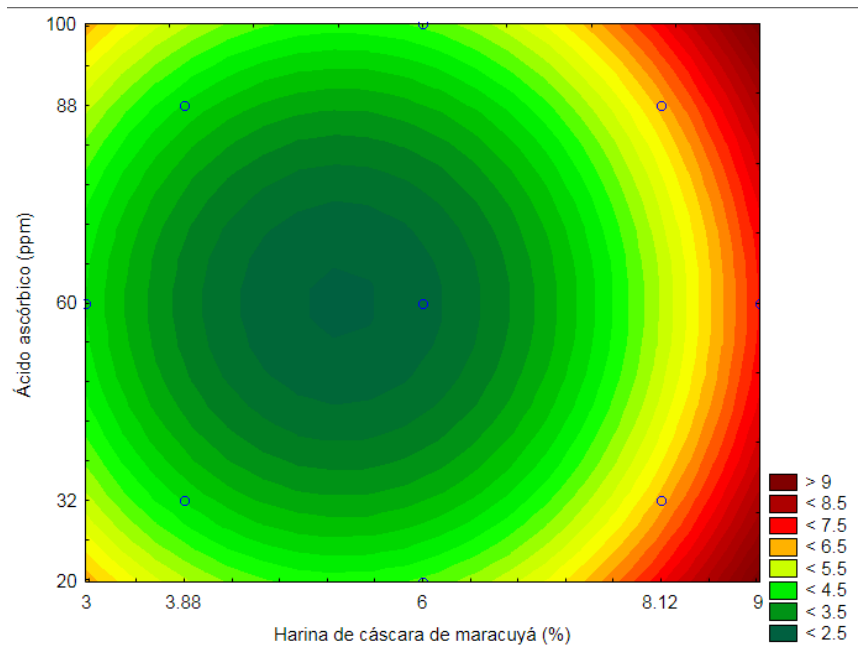


Figura 27: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la dureza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.

Para la obtención de dichas concentraciones se deriva la ecuación (7), en función a las variables en estudio como se muestra a continuación:

En función de  $x_1$ :

$$\frac{dy}{dx_1} = 2.13 + 6.26x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.34$$

En función de  $x_2$ :

$$\frac{dy}{dx_2} = 4.36x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Cabe mencionar que los valores de  $x_1$  y  $x_2$  son valores codificados; por lo que será necesario determinar los valores reales en el cuadro de niveles utilizado inicialmente al diseñar el planeamiento experimental, colocando los valores codificados en el cuadro que se aprecia en la parte inferior y a través de ecuaciones proporcionales determinaremos los valores reales.

**Tabla 31: Niveles**

| Variables independientes          | Niveles   |      |          |    |      |           |
|-----------------------------------|-----------|------|----------|----|------|-----------|
|                                   | $-\alpha$ | -1   | -0.34    | 0  | +1   | $+\alpha$ |
| Harina de Cáscara de maracuyá (%) | 3         | 3.88 | <b>a</b> | 6  | 8.12 | 9         |
| Ácido ascórbico(ppm)              | 20        | 32   | <b>b</b> | 60 | 88   | 100       |

Dado que el valor codificado de  $x_1$  es -0.34, se obtiene como valor real  $a=5.3\%$  de harina de cáscara de maracuyá. Y para el caso del valor codificado  $x_2$ ; se obtiene 60 ppm de Ácido ascórbico.

Por tanto, las concentraciones para obtener el mínimo valor de dureza en los panes de molde será cuando se adicione 5.3% de harina de cáscara de maracuyá y 60ppm de Ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la figura 15, pero sin mucha precisión.

#### 4.3.2. Firmeza.

De forma general los valores reportados para la firmeza del pan de molde presentan un rango de 1.69 a 4.01 (tabla 28)

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta firmeza de los panes de molde, tabla 31 y figura 27. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo ( $p < 0.05$ ) fueron los términos cuadráticos de la harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico; y el término lineal harina de cáscara de maracuyá.

**Tabla 32: Coeficientes de regresión para la respuesta firmeza de los panes de molde.**

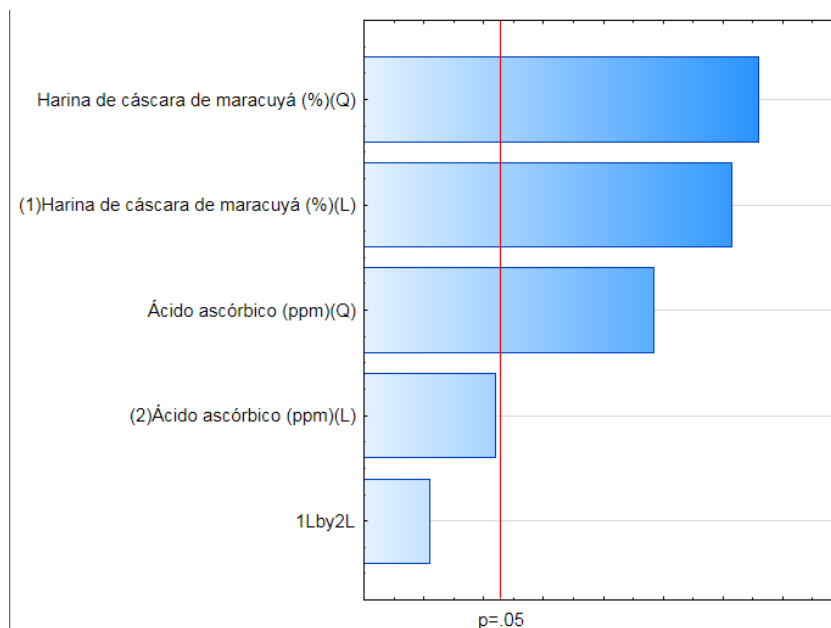
|                                      | <b>Coeficientes<br/>de regresión</b> | <b>Error<br/>estándar</b> | <b>t(7)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 1.78                                 | 0.09                      | 20.19       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | 1.11                                 | 0.11                      | 10.29       | 0.0001          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 1.44                                 | 0.13                      | 11.19       | 0.0001          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -0.26                                | 0.11                      | -2.39       | 0.0623          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 0.99                                 | 0.13                      | 7.70        | 0.0006          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | -0.03                                | 0.15                      | -0.19       | 0.8523          |

x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, 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 **98.101%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo.

Al excluir los términos no significativos ( $p > 0.05$ ); el nuevo  $r^2$  para el modelo ajustado es de **95.915%**; manteniendo su condición de buen ajuste.



**Figura 28: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Firmeza**

**Tabla 33: Análisis de varianza para la firmeza del pan de molde**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculado | F tabulado (3, 7; 0.05) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|-------------------------|
| <b>Regresión</b>    | 5.91              | 3                  | 1.97             |             |                         |
| <b>Residuos</b>     | 0.25              | 7                  | 0.04             | 49.25       | 4.35                    |
| <b>Total</b>        | 6.16              | 10                 | 0.62             |             |                         |

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 32, se observa que el modelo que describe la respuesta firmeza 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 la razón  $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabulado}}$  fue de 11.32, permitiendo la construcción de una superficie de respuesta.

En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 8, que muestra la posibilidad del color de ser estimado en función de la harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Firmeza}=y= 1.78 +1.11x_1+1.44x_1^2+0.99x_2^2 \dots(8)$$

Donde:

$x_1$ =Harina de cáscara de maracuyá

$x_2$ =Ácido ascórbico.

La figura 28 y 29 muestra la superficie de respuesta obtenida para la firmeza del pan de molde. Dado que la superficie de respuesta representa la minimización de la firmeza del pan de molde, se puede calcular los valores óptimos de harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde para obtener el menor valor de firmeza.

Para la obtención de dichas concentraciones se deriva la ecuación (8), en función a las variables en estudio como se muestra a continuación:

En función de  $x_1$ :

$$\frac{dy}{dx_1} = 1.11 + 2.88x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.39$$

En función de  $x_2$ :

$$\frac{dy}{dx_2} = 1.98x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

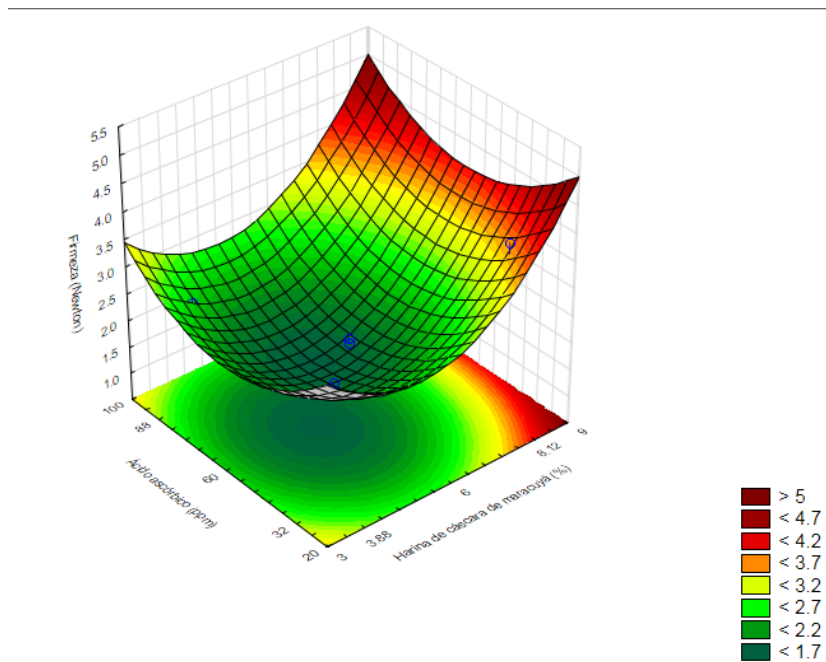
Cabe mencionar que los valores de  $x_1$  y  $x_2$  son valores codificados; por lo que será necesario determinar los valores reales en el cuadro de niveles utilizado inicialmente al diseñar el planeamiento experimental, colocando los valores codificados en el cuadro que se aprecia en la parte inferior y a través de ecuaciones proporcionales determinaremos los valores reales.

| Variables independientes          | Niveles   |      |          |    |      |           |
|-----------------------------------|-----------|------|----------|----|------|-----------|
|                                   | $-\alpha$ | -1   | -0.39    | 0  | +1   | $+\alpha$ |
| Harina de Cáscara de maracuyá (%) | 3         | 3.88 | <b>a</b> | 6  | 8.12 | 9         |
| Ácido ascórbico(ppm)              | 20        | 32   | <b>b</b> | 60 | 88   | 100       |

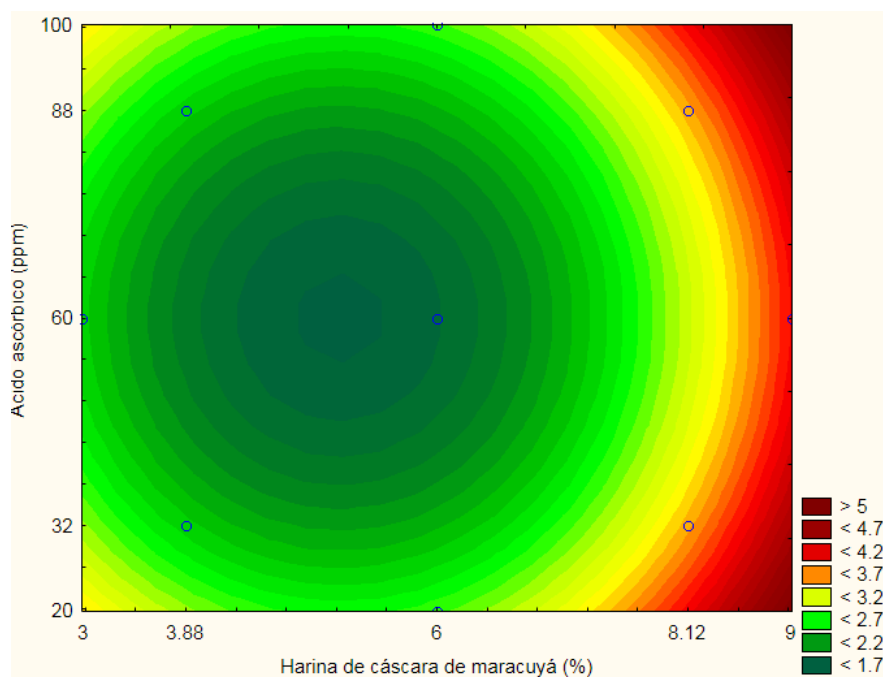
Dado que el valor codificado de  $x_1$  es -0.39, se obtiene como valor real  $a=5.2\%$  de harina de cáscara de maracuyá. Y para el caso del valor codificado  $x_2$ ; se obtiene 60ppm de Ácido ascórbico.

Por tanto, las concentraciones para obtener el mínimo valor de firmeza en los panes de molde será cuando se adicione 5.2% de harina de cáscara de maracuyá y 60ppm de Ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la figura 17, pero sin mucha precisión.





**Figura 29:** Superficie de respuesta para la firmeza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.



**Figura 30:** Gráfico de contorno para la firmeza de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.

### 4.3.3. Elasticidad.

La **tabla 28** muestra el delineamiento experimental expresado como valores codificados; además de los resultados obtenidos para la variable elasticidad del pan de molde.

Como se puede observar en la **tabla 28**, los resultados obtenidos para los diferentes ensayos realizados presentaron valores de elasticidad entre 8.12 (Formulación 2) y 9.2 (Formulación 6 y 8); valores mínimos y máximo respectivamente.

A través de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los efectos de los factores sobre la respuesta elasticidad, presentados en la tabla 33. Analizando la tabla 33 se observa que ningún término de las variables en estudio tuvo efecto significativo ( $p < 0.05$ ) (ver figura 18); por tanto no se puede concluir en un modelo matemático y no se puede establecer una superficie de respuesta.

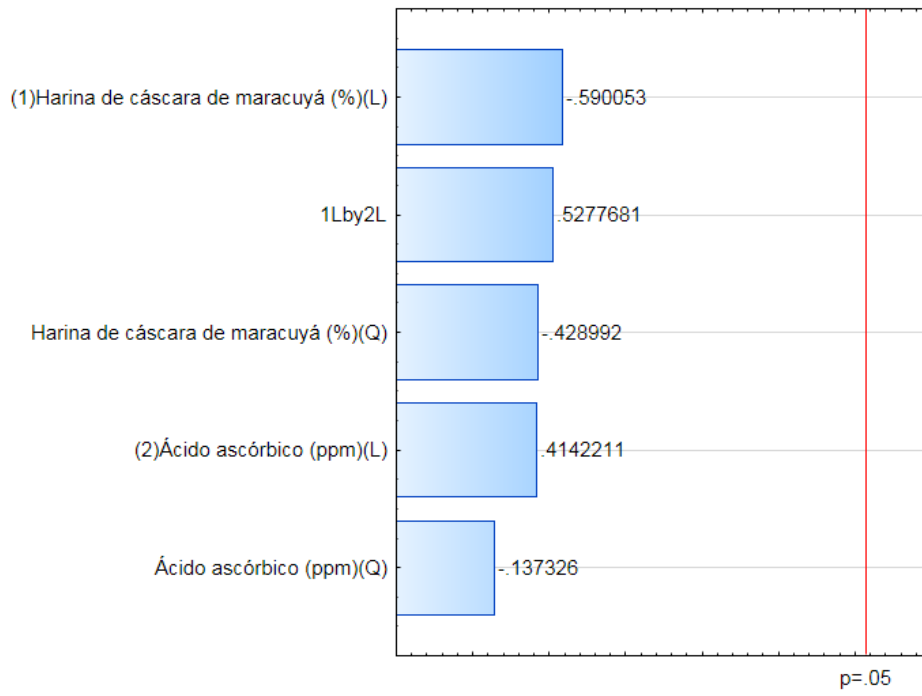
El coeficiente de determinación para el modelo completo es de 16.422%.

**Tabla 34: Coeficientes de regresión para la respuesta elasticidad de los panes de molde.**

|                                      | <b>Coefficientes de regresión</b> | <b>Error estándar</b> | <b>t</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 8.94                              | 0.24                  | 38.02    | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | -0.17                             | 0.29                  | -0.59    | 0.5808          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | -0.15                             | 0.34                  | -0.43    | 0.6858          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | 0.12                              | 0.29                  | 0.41     | 0.6959          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | -0.05                             | 0.34                  | -0.14    | 0.8961          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.22                              | 0.41                  | 0.53     | 0.6202          |

x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, 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**

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

#### **4.3.4. Masticabilidad.**

De forma general los valores reportados para la masticabilidad del pan de molde se encuentran en la tabla 28.

**Tabla 35: Coeficientes de regresión para la respuesta masticabilidad de los panes de molde.**

|                                      | <b>Coeficientes de regresión</b> | <b>Error estándar</b> | <b>t(7)</b> | <b>p-valor*</b> |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|
| <b>Media</b>                         | 15.43                            | 1.05                  | 14.69       | <0.0001         |
| <b>x<sub>1</sub> (L)</b>             | 9.18                             | 1.29                  | 7.13        | 0.0008          |
| <b>x<sub>1</sub> (Q)</b>             | 12.41                            | 1.53                  | 8.09        | 0.0005          |
| <b>x<sub>2</sub> (L)</b>             | -1.98                            | 1.29                  | -1.54       | 0.1841          |
| <b>x<sub>2</sub> (Q)</b>             | 8.59                             | 1.53                  | 5.60        | 0.0025          |
| <b>x<sub>1</sub> x x<sub>2</sub></b> | 0.76                             | 1.82                  | 0.42        | 0.6936          |

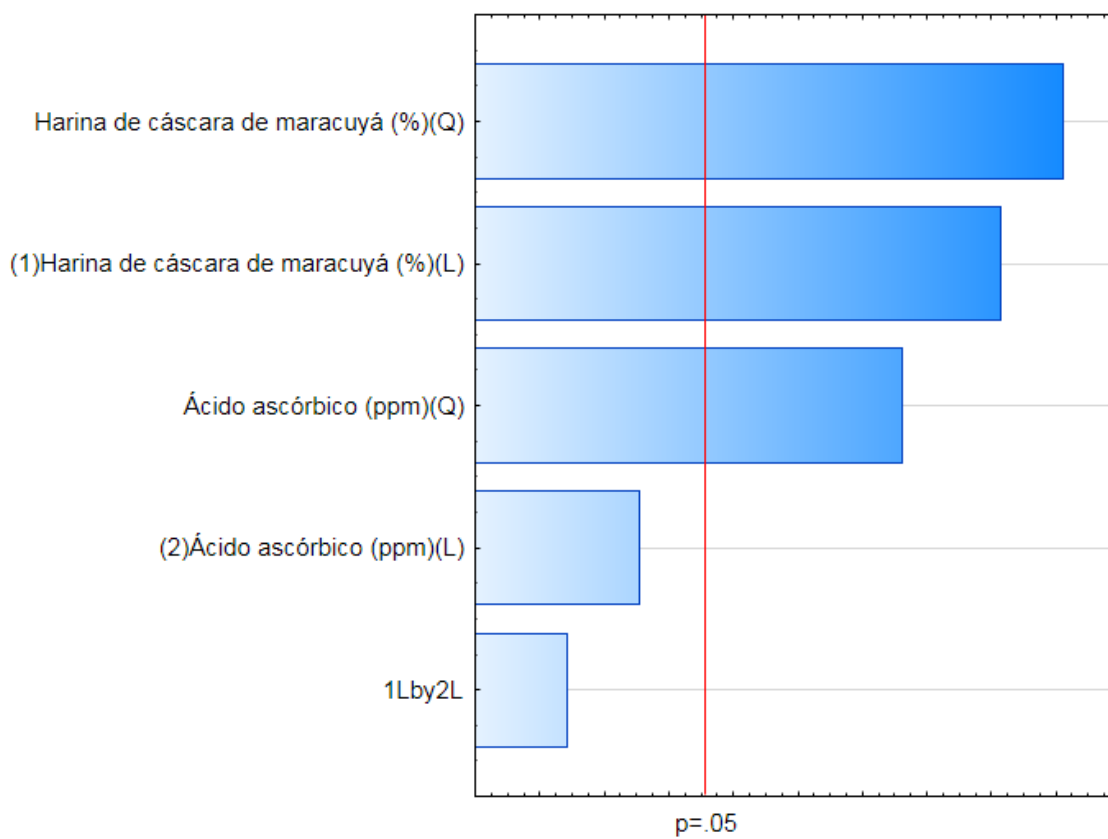
x<sub>1</sub>=Harina de cáscara de maracuyá, x<sub>2</sub>=Ácido ascórbico, L=término lineal, Q=término cuadrático.

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

A través del análisis de los resultados del planeamiento experimental fue posible determinar los coeficientes y efectos de las variables independientes en estudio sobre la respuesta masticabilidad de los panes de molde, tabla 34 y figura 31. Analizando estos efectos se observa que los términos que tuvieron efecto significativo (p<0.05) fueron los términos cuadráticos de harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico, y el término lineal de Ácido ascórbico.

El valor de coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>); para el delineamiento experimental completo de la variable en estudio fue de **96.305%**. Este valor indica el buen ajuste del modelo.

Al excluir los términos no significativos (p>0.05); el nuevo r<sup>2</sup> para el modelo ajustado es de **94.423%**; manteniendo su condición de buen ajuste.



**Figura 32: Diagrama de Pareto de efectos significativos para la respuesta Masticabilidad**

**Tabla 36: Análisis de varianza para la masticabilidad del pan de molde**

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F calculado | F tabulado (3, 7;0.05) |
|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------|------------------------|
| <b>Regresión</b>    | 423.4             | 3                  | 141.13           |             |                        |
| <b>Residuos</b>     | 25.00             | 7                  | 3.57             | 39.53       | 4.35                   |
| <b>Total</b>        | 448.4             | 10                 | 44.84            |             |                        |

Para el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 35, se observa que el modelo que describe la respuesta masticabilidad 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 la construcción de una superficie de respuesta.

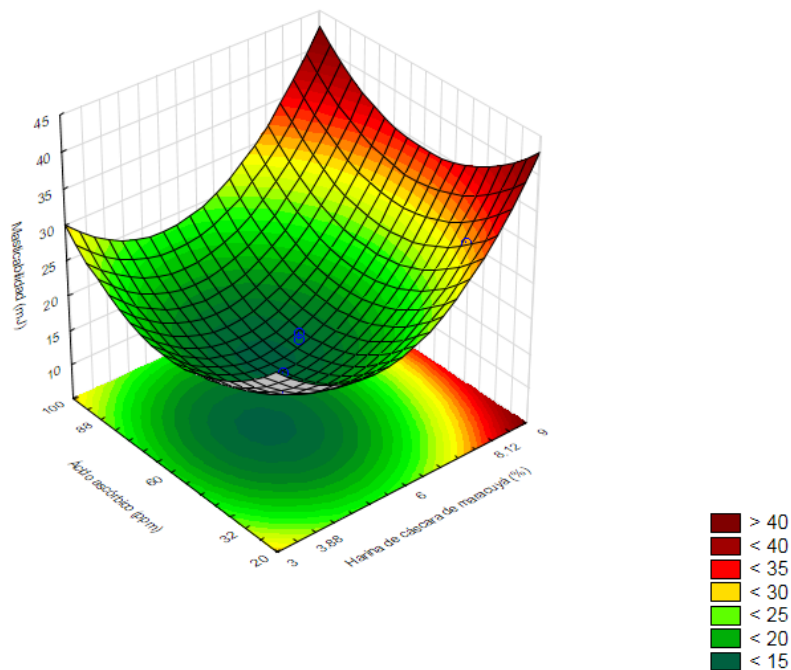
En vista de los resultados obtenidos del análisis de varianza, se obtuvo un modelo codificado representado en la ecuación 9, que muestra la posibilidad de la masticabilidad de ser estimado en función de la harina de cáscara de maracuyá y la Ácido ascórbico, desde que estas variables son analizadas en los rangos de variación utilizadas en este estudio.

$$\text{Masticabilidad} = y = 15.43 + 9.18x_1 + 12.41x_1^2 + 8.59x_2^2 \dots (9)$$

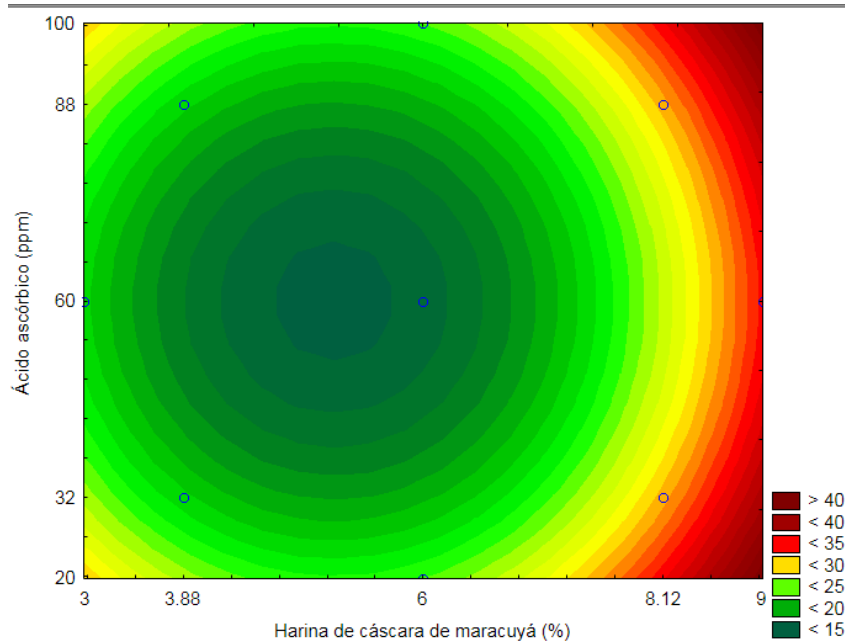
Donde:

$x_1$  = Harina de cáscara de maracuyá

$x_2$  = Ácido ascórbico.



**Figura 33: Superficie de respuesta para la masticabilidad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**



**Figura 34: Superficie de respuesta y gráfico de contorno para la masticabilidad de los panes de molde en función de: Contenido de harina de cáscara de maracuyá (%) y Ácido ascórbico.**

La figura 33 y 34 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, se puede calcular los valores óptimos de harina de cáscara de maracuyá y Ácido ascórbico que debe de utilizarse en la elaboración de pan de molde.

Para la obtención de dichas concentraciones se deriva la ecuación (9), en función a las variables en estudio como se muestra a continuación:

En función de  $x_1$ :

$$\frac{dy}{dx_1} = 9.18 + 24.82x_1 = 0$$

$$x_1 = -0.37$$

En función de  $x_2$ :

$$\frac{dy}{dx_2} = 8.59x_2 = 0$$

$$x_2 = 0$$

Cabe mencionar que los valores de  $x_1$  y  $x_2$  son valores codificados; por lo que será necesario determinar los valores reales en el cuadro de niveles utilizado inicialmente al

diseñar el planeamiento experimental, colocando los valores codificados en el cuadro que se aprecia en la parte inferior y a través de ecuaciones proporcionales determinaremos los valores reales.

| Variables independientes          | Niveles    |      |          |    |      |            |
|-----------------------------------|------------|------|----------|----|------|------------|
|                                   | - $\alpha$ | -1   | -0.37    | 0  | +1   | + $\alpha$ |
| Harina de Cáscara de maracuyá (%) | 3          | 3.88 | <b>a</b> | 6  | 8.12 | 9          |
| Ácido ascórbico(ppm)              | 20         | 32   | <b>b</b> | 60 | 88   | 100        |

Dado que el valor codificado de  $x_1$  es -0.37, se obtiene como valor real  $a=5.2\%$  de harina de cáscara de maracuyá. Y para el caso del valor codificado  $x_2$ ; se obtiene 60ppm de Ácido ascórbico.

Por tanto, las concentraciones para obtener el mínimo valor de masticabilidad en los panes de molde será cuando se adicione 5.2% de harina de cáscara de maracuyá y 60ppm de Ácido ascórbico al pan de molde. Porcentajes que también se puede apreciar en la figura 34 y 35, pero sin mucha precisión.

#### 4.4 Análisis físico químico para el tratamiento optimo

En la Tabla 37 se muestra los resultados del análisis físico químico realizado para el T7 (6% harina cascara maracuyá y 20 ppm ácido ascórbico), donde se observa que el contenido de FDT está en 5.28%.

De la tabla 37 se puede obtener, también, la cantidad de carbohidratos disponibles por el organismo para ser convertidos en glucosa, y más tarde ser usados por el cuerpo para obtener energía. Este se obtiene restando el total de carbohidratos (39.34%) del total de FDT (5.28%), resultando 34.06%. Esto influye favorablemente en el cuidado de la salud de los consumidores.



**Tabla 37: Composición porcentual (%) de pan de molde (T7).**

| <b>Componentes (%)</b> | <b>Pan de molde</b> | <b>Pan de molde blanco (patrón)</b> |
|------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Humedad                | 32.54±0.13          | 30.35 ±0.015                        |
| Proteína               | 12.14 ±0.42         | 12.00±0.09                          |
| Cenizas                | 3.25±0.05           | 2.05±0.08                           |
| Grasa                  | 12.73±0.18          | 6.33±0.07                           |
| Carbohidratos          | 39.34               | 49.27                               |
| FDT                    | 5.28*               | 2.24*                               |

**Fuente: COLECBI SAC**

**\*Desarrollado en el IITA UNS**

El alto contenido de fibra del T7, comparado con el del patrón (pan de molde blanco), indica un elevado grado de contenido de FDT, logrando catalogar al pan de molde rico en fibra (>3% FDT), según Vergara (2005).

### **Discusión**

El ácido ascórbico y la azodicarbonamida son capaces de favorecer la obtención de panes de mayor volumen que el testigo, pero su efecto es mejor cuando se combina con el bisulfito de sodio (León, 2007).

Da Silva et al. (2009) indican que en la preparación de panes de molde con harina de torta de soya (“okara”) se obtuvo una reducción intensa en el volumen específico con una adición superior al 10% de harina.

La superficie de respuesta de la figura 8 nos indica que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de maracuyá entre 3.88 y 8.12% y Ácido ascórbico entre 88 y 100ppm, se obtendrán volúmenes mayores (entre 4.6 y 4.7 ml/g) en los panes de molde.

En un estudio sobre el uso de las cáscaras y granos de mango se concluye que podrían utilizarse hasta un 30% de harina para galletas para mejorar su calidad nutricional sin afectar la textura y propiedades sensoriales (Bandyopadhyay et al., 2014). Para este estudio se obtiene una textura aceptable cuando se utiliza entre 3 a 6% de harina cascara de maracuyá y para obtener un sabor aceptable, 6% de harina.

De acuerdo al porcentaje de sustitución de harina de cascara de mango para la elaboración de los panes, Bajaña (2015) indica que un aumento en la unidad significa un incremento en la fuerza para la deformación del pan; esto se debe a que la harina de cascara de mango no contiene gluten, dando como resultado un pan de masa dura. El porcentaje de sustitución y el tipo de sustituto también tienen un efecto significativo en la dureza con un 95 % de nivel de confianza. Los tratamientos que tienen menor capacidad de retener gases, son las que presentan mayores valores de dureza, por ejemplo T2 (7.28 N), T4 (6.28 N) y T6 (6.89 N). Pero existen tratamiento con valores de dureza menores al patrón (T12, 2.79 N), esta son los tratamientos T9 (2.49 N), T10 (2.71 N) y T11 (2.72 N). Esto puede explicarse por el 6% de harina de cascara de maracuyá con que actúan los tres en la formulación y por el contenido de grasa que amerita estos contenidos.

Para que un alimento sea considerado como fuente de fibra debe contener > 3% de este nutriente y cuando este valor es > 6%, el alimento se estima alto en fibra. En consecuencia, el análisis de FDT para el T7 (6% harina cascara de maracuyá y 20 ppm), determina un valor de 5.28%, así que pueden ser consumidas por niños, adultos y ancianos que deseen suplir la ingesta diaria de esta fibra (Vergara, 2005).

Ajila et al. (2008), estudió la adición de harina de cascara de mango en la elaboración de bizcochos, obteniendo valores importantes para una formulación del 10% de HCM y 90% de HT, de 14.4% FDT, 9.80 FDI y 4.78% FDS. Moreno, C. (2017), obtuvo para los tratamientos T9, T10 y T11 con 10% HCM, 12.3%, 7.73% y 4.30% para el T9; 12.04%, 7.77% y 4.27%, para el T10; y, 12.34%, 8.05% y 4.25% para el T11. Es decir si hacemos la relación FDS/FDI obtenemos, para los datos de Ajila, el valor de 0.488.

Para el pan de molde que fue seleccionado como el mejor tratamiento (T7: 6% harina cascara maracuyá y 20 ppm ácido ascórbico) se obtuvo 5.28% FDT, valor muy por debajo que el obtenido por Ajila y Moreno para panes de molde con 10% de HCM..

## V. CONCLUSIONES

Con la aplicación del diseño compuesto central rotacional (DCCR) y la metodología de la superficie de respuesta (RSM) se determinó que al adicionar porcentajes de harina de cáscara de maracuyá entre 3.88 y 8.12% y Ácido ascórbico entre 88 y 100ppm, se obtendrán volúmenes mayores (entre 4.6 y 4.7 ml/g) en los panes de molde.

Las concentraciones óptimas para obtener la máxima puntuación sensorial del parámetro color, apariencia, aroma, textura y sabor se da cuando los niveles utilizados de harina de cascara de maracuyá sean de 3 a 6%; el ácido ascórbico no tiene influencia significativa.

Las concentraciones para obtener el mínimo valor de dureza en los panes de molde se da cuando se adicione 5.3% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.

Las concentraciones para obtener el mínimo valor de firmeza en los panes de molde se da cuando se adicione 5.2% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.

Las concentraciones para obtener el mínimo valor de masticabilidad en los panes de molde se da cuando se adicione 5.2% de harina de cáscara de mango y 60 ppm de ácido ascórbico al pan de molde.

La FDT para la harina de cascara de maracuyá esta en 57.59% y para el T7 (6% harina cascara maracuyá y 20 ppm) del pan de molde elaborado, está en 5.28%.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agustiniano-Osornio, J.C. (2004). Obtención de almidón resistente mediante extrusión a partir de almidón de maracuyá pasiflora. (Var tommy Atkins). Tesis de maestría. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos.

Baquero, C. y Bermúdez, A. S. (1998). Los residuos vegetales de la industria de jugo de maracuyá como fuente de fibra dietética. Lajolo, F.M., Wenzel de Menezes, Eds. Vol. 2, pp. 207-214

Bello-Pérez, L.A., Sayago-Ayerdi, S.G., Mendez-Montevalvo, G. and Tovar, J. (2004). In vitro digestibility of banana starch cookies. *Plant Foods for Human Nutrition* 59, 79-83

Bravo, L. and Saura-Calixto, F. (1998). Characterization of dietary fiber and the in vitro indigestible fraction of grape pomace. *American Journal of Enology and Viticulture*. 49, 135-141.

Diaz, M. N., Frei, B., Vita, A. J. and Keaney, F. J. (1997). Antioxidants and atherosclerotic heart disease. *New England Journal Medicine*. 337, 408-416.

García-Cuevas, M. (1996). Influencia de las distintas proporciones de fibra soluble, insoluble y de polifenoles de algarrobas (FNA) sobre algunos aspectos de la utilización nutritiva de la dieta y la lipemia en ratas. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

García-Luna, I. N. (2003). Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos de maracuyá criollo (pasiflora edulis.) y su incorporación en galletas. Tesis de ingeniero de alimentos. Universidad tecnológica de la Mixteca. Pp 26-31.

Jimenez-Escrig, A., Rincón M., Pulido, R. and Saura-Calixto, F. (2001). Guava fruit (*psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 49, 5489-5493

Milan-Testa, C. E. (2004). Estudios estructurales y moleculares del almidón de Fuentes no convencionales: maracuyá (pasiflora edulis.), plátano (*Musa paradisiaca*) y okenia (*Okenia hypogaea*). Tesis de maestría. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Pp 47-48

Periago, M. J., Ros, G., López, G., Martínez, M.C. y Rincón, F. (1993). Componentes de la fibra dietética y sus efectos fisiológicos. *Revista española de Ciencia y tecnología de Alimentos*. 33 (3), 229

Pulido, R., L. Bravo and F. Saura-Calixto. (2000). Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal Agriculture food Chemistry*. 48, 3396-3402

Ruales, J. y Zumba, J. (1998). Cuantificación y caracterización de fibra dietética en frutas y hortalizas ecuatorianas. Lajolo, F. M., Wenzel de Menezes, E. Eds. Vol. 2, pp 55-59.

Sangronis, E. y Rebolledo, M. A. (1993). Fibra dietética soluble, insoluble y total en cereales, productos derivados de su procesamiento y en productos comerciales a base de cereales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 43, 258-263.

Tamayo, Y. y Bermúdez, A. S. (1998). Los residuos vegetales de la industria del jugo de naranja como fuente de fibra dietética. Lajolo, F. M., Wenzel de Menezes, E. Eds. Vol. 2, pp. 181-189.

Vasco, C. (2003). Caracterización de los compuestos fenólicos y su eficiencia antirradical en dos variedades de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y maracuyá (*Pasiflora edulis*.) cultivados en Ecuador. Tesis de maestría. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. Pp. 38-45.

Comisión Nacional de Fruticultura. (1999). Cultivo del maracuyá: aspectos de la producción, manejo en postcosecha y comercialización. Lima, Perú.

Geymonat, L. (2006). Historia de la filosofía y la ciencia, 2da edición. Editorial Crítica. Barcelona. España.

Tovar Santana, A. (2001). El constructivismo en el proceso de enseñanza aprendizaje. Instituto Politécnico Nacional. México D.F.

Suarez Lopez M., Kizlansky A., Lopez B. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. Catedra de Nutrición Normal. Escuela de Nutrición. Facultad de Medicina. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Villarroel T, Biolley H, Schneeberger K, Ballester C, Santibáñez R. (1989). Composición química y calidad biológica de harina desgrasada de avellana. *Arch Latinoam Nutr* 39(2):200-11.jun.

Millward D.J. Newsholme E. A, Pellet Pr, Uauy R. (1992). Amino acid scoring in health and disease. En: Protein - Energy interactions. Ed. Scrimshaw N. S., Schurch B. Nestlé Foundation. Lausanne. USA

Morita, N.; Kang, W.; Hamauzu, Z y Sugimoto Y. (1999). “Efecto de la adición de harina de amaranto en algunas propiedades de la masa y pan de trigo”.

Paucar, L. (1996). Análisis para el control de calidad de harinas. Curso: Industria de cereales.

Paucar, L; Hackbart L.; Azevedo P.; Mazal G.; Matta F.; Joy. C.; Collares F. (2007). “Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com adição de isolado protéico de soja y polidextrose utilizando páprica como corante”. Facultad de ingeniería de los alimentos, Universidad Estatal de campinas. Campinas - Brasil.

R. Carl Hoseney (1991) . Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales. Editorial Acribia S.A Zaragoza-España Pág 145-165.

Ritva Repo- Carrasco (1992).Cultivos Andinos y la Alimentación Infantil. Lima-Perú.

Suarez Moreno D (2003).”Guía de procesos para la elaboración de harinas, almidones, hojuelas deshidratadas y compotas”, Bogotá: Convenio Andrés Bello

Quaqlia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España. p. 61 - 67.

# **ANEXOS**

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



**Figura 1. Preparación de la mezcla de harinas para formar la masa panaria para cada tratamiento, usando la amasadora de la Planta Piloto Agroindustrial**



**Figura 2. Formación de la masa panaria para dos tratamientos**





**Figura 3. 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 5. 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 7. 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 8. Medición del color de la corteza para pan de molde



Figura 9. Medición del color de la miga para pan de molde

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

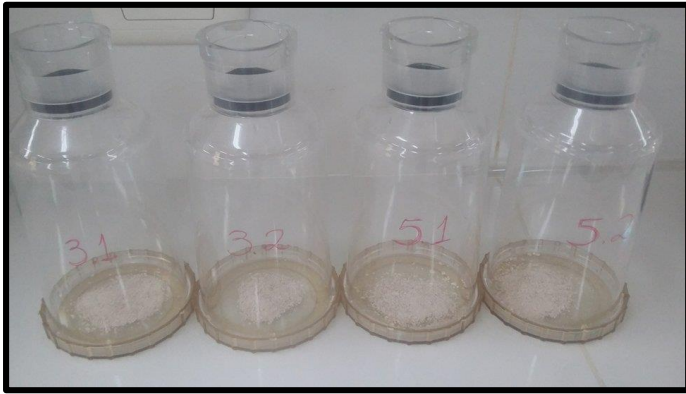


Figura 10. Preparación de las muestras en los vasos FOSS



Figura 11. Uso de la pipeta para agregar la enzima en los vasos que contienen las muestras.



Figura 12. 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 353. 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        | 570      | 2920                    | 5.123                     | 5.127    |
|              | 2        | 569      | 2920                    | 5.132                     |          |
| T2           | 1        | 569      | 2730                    | 4.798                     | 4.806    |
|              | 2        | 567      | 2730                    | 4.815                     |          |
| T3           | 1        | 536      | 2450                    | 4.571                     | 4.575    |
|              | 2        | 535      | 2450                    | 4.579                     |          |
| T4           | 1        | 586      | 2700                    | 4.608                     | 4.611    |
|              | 2        | 585      | 2700                    | 4.615                     |          |
| T5           | 1        | 580      | 3000                    | 5.172                     | 5.177    |
|              | 2        | 579      | 3000                    | 5.181                     |          |
| T6           | 1        | 586      | 2820                    | 4.812                     | 4.816    |
|              | 2        | 585      | 2820                    | 4.821                     |          |
| T7           | 1        | 577      | 2900                    | 5.026                     | 5.017    |
|              | 2        | 579      | 2900                    | 5.009                     |          |
| T8           | 1        | 586      | 2680                    | 4.573                     | 4.825    |
|              | 2        | 528      | 2680                    | 5.076                     |          |
| T9           | 1        | 571      | 2870                    | 5.026                     | 5.009    |
|              | 2        | 575      | 2870                    | 4.991                     |          |
| T10          | 1        | 574      | 2720                    | 4.739                     | 4.747    |
|              | 2        | 572      | 2720                    | 4.755                     |          |
| T11          | 1        | 576      | 2720                    | 4.722                     | 4.718    |
|              | 2        | 577      | 2720                    | 4.714                     |          |
| T12          | 1        | 573      | 2910                    | 5.079                     | 5.070    |
|              | 2        | 575      | 2910                    | 5.061                     |          |

**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               | 55.144        | 14.76         | 36.600        | 39.464        | 1.187               | 68.0367                  |
|              | 2               | 53.45         | 14.12         | 34.920        | 37.667        | 1.187               | 67.9838                  |
|              | 3               | 54.325        | 14.55         | 35.840        | 38.681        | 1.185               | 67.9041                  |
|              | <b>promedio</b> | <b>54.306</b> | <b>14.477</b> | <b>35.787</b> | <b>38.604</b> | <b>1.186</b>        | <b>67.9752</b>           |
| T2           | 1               | 57.45         | 13.6          | 36.700        | 39.139        | 1.216               | 69.6665                  |
|              | 2               | 61.1          | 12.54         | 36.260        | 38.367        | 1.238               | 70.9226                  |
|              | 3               | 59.65         | 13.15         | 36.450        | 38.750        | 1.225               | 70.1620                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>59.400</b> | <b>13.097</b> | <b>36.470</b> | <b>38.750</b> | <b>1.226</b>        | <b>70.2462</b>           |
| T3           | 1               | 56.12         | 12.57         | 35.010        | 37.198        | 1.226               | 70.2497                  |
|              | 2               | 56.21         | 12.1          | 34.170        | 36.249        | 1.230               | 70.5002                  |
|              | 3               | 56.18         | 12.35         | 34.850        | 36.974        | 1.230               | 70.4867                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>56.170</b> | <b>12.340</b> | <b>34.677</b> | <b>36.807</b> | <b>1.229</b>        | <b>70.4113</b>           |
| T4           | 1               | 60.4          | 11.88         | 37.710        | 39.537        | 1.266               | 72.5135                  |
|              | 2               | 62.98         | 9.83          | 35.570        | 36.903        | 1.301               | 74.5513                  |
|              | 3               | 61.54         | 10.54         | 36.450        | 37.943        | 1.289               | 73.8719                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>61.640</b> | <b>10.750</b> | <b>36.577</b> | <b>38.124</b> | <b>1.285</b>        | <b>73.6216</b>           |
| T5           | 1               | 57.49         | 14.66         | 39.220        | 41.870        | 1.213               | 69.5047                  |
|              | 2               | 59.16         | 13.58         | 39.050        | 41.344        | 1.236               | 70.8242                  |
|              | 3               | 58.35         | 12.56         | 39.110        | 41.077        | 1.260               | 72.1956                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>58.333</b> | <b>13.600</b> | <b>39.127</b> | <b>41.423</b> | <b>1.236</b>        | <b>70.8329</b>           |
| T6           | 1               | 61.5          | 13.08         | 37.670        | 39.876        | 1.237               | 70.8515                  |
|              | 2               | 60.34         | 12.95         | 37.560        | 39.730        | 1.239               | 70.9766                  |
|              | 3               | 60.95         | 13            | 37.660        | 39.841        | 1.238               | 70.9555                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>60.930</b> | <b>13.010</b> | <b>37.630</b> | <b>39.816</b> | <b>1.238</b>        | <b>70.9278</b>           |
| T7           | 1               | 60.09         | 13.26         | 38.340        | 40.568        | 1.238               | 70.9217                  |
|              | 2               | 61.49         | 12.8          | 37.860        | 39.965        | 1.245               | 71.3201                  |
|              | 3               | 61.1          | 13.01         | 38.120        | 40.279        | 1.242               | 71.1555                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>60.893</b> | <b>13.023</b> | <b>38.107</b> | <b>40.271</b> | <b>1.241</b>        | <b>71.1315</b>           |
| T8           | 1               | 59.31         | 13.73         | 38.170        | 40.564        | 1.226               | 70.2158                  |
|              | 2               | 51.51         | 13.52         | 34.940        | 37.465        | 1.202               | 68.8459                  |
|              | 3               | 55.28         | 13.62         | 36.540        | 38.996        | 1.214               | 69.5573                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>55.367</b> | <b>13.623</b> | <b>36.550</b> | <b>39.006</b> | <b>1.214</b>        | <b>69.5578</b>           |
| T9           | 1               | 51.98         | 14.71         | 34.080        | 37.119        | 1.163               | 66.6533                  |
|              | 2               | 51.03         | 14.88         | 34.100        | 37.205        | 1.159               | 66.4251                  |
|              | 3               | 51.62         | 14.76         | 34.090        | 37.148        | 1.162               | 66.5886                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>51.543</b> | <b>14.783</b> | <b>34.090</b> | <b>37.157</b> | <b>1.162</b>        | <b>66.5556</b>           |
| T10          | 1               | 52            | 13.5          | 33.180        | 35.821        | 1.184               | 67.8598                  |
|              | 2               | 50.59         | 14.63         | 33.710        | 36.748        | 1.161               | 66.5392                  |
|              | 3               | 51.54         | 14.15         | 3.580         | 14.596        | 0.248               | 14.1981                  |
|              | <b>Promedio</b> | <b>51.377</b> | <b>14.093</b> | <b>23.490</b> | <b>27.393</b> | <b>1.030</b>        | <b>59.0373</b>           |
| T11          | 1               | 53.06         | 14.4          | 35.050        | 37.893        | 1.181               | 67.6649                  |



|            |                 |               |               |               |               |              |                |
|------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------|
|            | 2               | 53.76         | 14.44         | 36.140        | <b>38.918</b> | <b>1.191</b> | 68.2203        |
|            | 3               | 53.45         | 14.41         | 35.095        | <b>37.938</b> | <b>1.181</b> | 67.6768        |
|            | <b>Promedio</b> | <b>53.423</b> | <b>14.417</b> | <b>35.428</b> | <b>38.249</b> | <b>1.184</b> | <b>67.8572</b> |
| <b>T12</b> | 1               | 55.49         | 13.88         | 36.920        | <b>39.443</b> | <b>1.211</b> | 69.3962        |
|            | 2               | 54.05         | 13.99         | 36.940        | <b>39.500</b> | <b>1.209</b> | 69.2570        |
|            | 3               | 54.25         | 13.92         | 36.910        | <b>39.448</b> | <b>1.210</b> | 69.3367        |
|            | <b>Promedio</b> | <b>54.597</b> | <b>13.930</b> | <b>36.923</b> | <b>39.464</b> | <b>1.210</b> | <b>69.3299</b> |

### 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) |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------------|
| <b>T1</b>    | 1               | 82.53         | -1.31         | 13.340        | <b>13.404</b> | <b>-1.473</b>       | <b>-84.391</b>           |
|              | 2               | 80.94         | -1.33         | 12.920        | <b>12.988</b> | <b>-1.468</b>       | <b>-84.122</b>           |
|              | 3               | 81.14         | -1.32         | 13.140        | <b>13.206</b> | <b>-1.471</b>       | <b>-84.263</b>           |
|              | <b>promedio</b> | <b>81.537</b> | <b>-1.320</b> | <b>13.133</b> | <b>13.200</b> | <b>-1.471</b>       | <b>-84.260</b>           |
| <b>T2</b>    | 1               | 87.24         | -1.55         | 14.540        | <b>14.622</b> | <b>-1.465</b>       | <b>-83.915</b>           |
|              | 2               | 74.3          | -1.53         | 11.210        | <b>11.314</b> | <b>-1.435</b>       | <b>-82.228</b>           |
|              | 3               | 82.54         | -1.54         | 13.250        | <b>13.339</b> | <b>-1.455</b>       | <b>-83.370</b>           |
|              | <b>Promedio</b> | <b>81.360</b> | <b>-1.540</b> | <b>13.000</b> | <b>13.091</b> | <b>-1.453</b>       | <b>-83.244</b>           |
| <b>T3</b>    | 1               | 78.9          | -1.32         | 12.040        | <b>12.112</b> | <b>-1.462</b>       | <b>-83.743</b>           |
|              | 2               | 79.41         | -1.36         | 12.600        | <b>12.673</b> | <b>-1.463</b>       | <b>-83.839</b>           |
|              | 3               | 79.1          | -1.34         | 12.300        | <b>12.373</b> | <b>-1.462</b>       | <b>-83.782</b>           |
|              | <b>Promedio</b> | <b>79.137</b> | <b>-1.340</b> | <b>12.313</b> | <b>12.386</b> | <b>-1.462</b>       | <b>-83.789</b>           |
| <b>T4</b>    | 1               | 77.28         | -1.33         | 14.420        | <b>14.481</b> | <b>-1.479</b>       | <b>-84.730</b>           |
|              | 2               | 76.79         | -1.51         | 16.280        | <b>16.350</b> | <b>-1.478</b>       | <b>-84.701</b>           |
|              | 3               | 76.98         | -1.45         | 15.320        | <b>15.388</b> | <b>-1.476</b>       | <b>-84.593</b>           |
|              | <b>Promedio</b> | <b>77.017</b> | <b>-1.430</b> | <b>15.340</b> | <b>15.407</b> | <b>-1.478</b>       | <b>-84.674</b>           |
| <b>T5</b>    | 1               | 79.94         | -1.45         | 13.940        | <b>14.015</b> | <b>-1.467</b>       | <b>-84.061</b>           |
|              | 2               | 79.91         | -1.31         | 13.480        | <b>13.544</b> | <b>-1.474</b>       | <b>-84.449</b>           |
|              | 3               | 79.92         | -1.41         | 13.710        | <b>13.782</b> | <b>-1.468</b>       | <b>-84.128</b>           |
|              | <b>Promedio</b> | <b>79.923</b> | <b>-1.390</b> | <b>13.710</b> | <b>13.780</b> | <b>-1.470</b>       | <b>-84.211</b>           |
| <b>T6</b>    | 1               | 79.67         | -1.26         | 15.200        | <b>15.252</b> | <b>-1.488</b>       | <b>-85.261</b>           |
|              | 2               | 76.68         | -1.17         | 15.400        | <b>15.444</b> | <b>-1.495</b>       | <b>-85.655</b>           |
|              | 3               | 78.1          | -1.22         | 15.300        | <b>15.349</b> | <b>-1.491</b>       | <b>-85.441</b>           |
|              | <b>Promedio</b> | <b>78.150</b> | <b>-1.217</b> | <b>15.300</b> | <b>15.348</b> | <b>-1.491</b>       | <b>-85.453</b>           |
| <b>T7</b>    | 1               | 81.09         | -1.47         | 12.520        | <b>12.606</b> | <b>-1.454</b>       | <b>-83.303</b>           |
|              | 2               | 79.44         | -1.34         | 13.870        | <b>13.935</b> | <b>-1.474</b>       | <b>-84.482</b>           |
|              | 3               | 80.21         | -1.41         | 13.110        | <b>13.186</b> | <b>-1.464</b>       | <b>-83.861</b>           |
|              | <b>Promedio</b> | <b>80.247</b> | <b>-1.407</b> | <b>13.167</b> | <b>13.242</b> | <b>-1.464</b>       | <b>-83.902</b>           |
| <b>T8</b>    | 1               | 80.65         | -1.43         | 14.040        | <b>14.113</b> | <b>-1.469</b>       | <b>-84.184</b>           |
|              | 2               | 82.19         | -1.3          | 14.440        | <b>14.498</b> | <b>-1.481</b>       | <b>-84.855</b>           |
|              | 3               | 81.51         | -1.37         | 14.230        | <b>14.296</b> | <b>-1.475</b>       | <b>-84.501</b>           |
|              | <b>Promedio</b> | <b>81.450</b> | <b>-1.367</b> | <b>14.237</b> | <b>14.302</b> | <b>-1.475</b>       | <b>-84.516</b>           |



|        |          |        |        |        |        |        |         |
|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| T9     | 1        | 76.64  | -1.38  | 14.380 | 14.446 | -1.475 | -84.518 |
|        | 2        | 72.9   | 0.47   | 17.240 | 17.246 | 1.544  | 88.438  |
|        | 3        | 74.56  | -0.95  | 16.110 | 16.138 | -1.512 | -86.625 |
|        | Promedio | 74.700 | -0.620 | 15.910 | 15.922 | -1.532 | -87.768 |
| T10    | 1        | 81.21  | -1.56  | 12.860 | 12.954 | -1.450 | -83.083 |
|        | 2        | 82.16  | -1.43  | 13.000 | 13.078 | -1.461 | -83.723 |
|        | 3        | 81.95  | -1.51  | 12.960 | 13.048 | -1.455 | -83.354 |
|        | Promedio | 81.773 | -1.500 | 12.940 | 13.027 | -1.455 | -83.388 |
| T11    | 1        | 71.38  | -1.51  | 12.440 | 12.531 | -1.450 | -83.079 |
|        | 2        | 79.87  | -1.62  | 14.440 | 14.531 | -1.459 | -83.599 |
|        | 3        | 75.58  | -1.58  | 13.440 | 13.533 | -1.454 | -83.295 |
|        | Promedio | 75.610 | -1.570 | 13.440 | 13.531 | -1.455 | -83.337 |
| PATRON | 1        | 81.57  | -1.42  | 11.420 | 11.508 | -1.447 | -82.912 |
|        | 2        | 81.59  | -1.47  | 10.780 | 10.880 | -1.435 | -82.235 |
|        | 3        | 81.56  | -1.45  | 11.120 | 11.214 | -1.441 | -82.571 |
|        | Promedio | 81.573 | -1.447 | 11.107 | 11.200 | -1.441 | -82.579 |

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

| TRATAMIENTOS | HCMa (%) | AA (mg/kg) | DUREZA (Newton) | FIRMEZA(Newton) | ELASTICIDAD (mm) | MASTICABILIDAD (mJ) |
|--------------|----------|------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|
|              |          |            | 05.09.17        | 05.09.17        | 05.09.17         | 05.09.17            |
| T1           | 3.9      | 32         | 5.45            | 2.75            | 8.88             | 24.33               |
| T2           | 8.1      | 32         | 7.28            | 3.79            | 8.12             | 30.22               |
| T3           | 3.9      | 88         | 4.26            | 2.39            | 8.84             | 20.63               |
| T4           | 8.1      | 88         | 6.28            | 3.37            | 8.51             | 28.04               |
| T5           | 3        | 60         | 3.59            | 2.29            | 8.91             | 19.69               |
| T6           | 9        | 60         | 6.89            | 4.01            | 9.2              | 36.24               |
| T7           | 6        | 20         | 4.49            | 2.79            | 9.11             | 24.87               |
| T8           | 6        | 100        | 4.09            | 2.61            | 9.2              | 23.42               |
| T9           | 6        | 60         | 2.49            | 1.69            | 8.91             | 14.46               |
| T10          | 6        | 60         | 2.71            | 1.79            | 8.91             | 15.46               |
| T11          | 6        | 60         | 2.72            | 1.87            | 9.01             | 16.38               |
| patrón       | 0        | 0          | 2.79            | 1.88            | 8.93             | 16.35               |

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



**T2**  
HCMa = 8.1%  
HT= 91.9%  
AA= 32 ppm



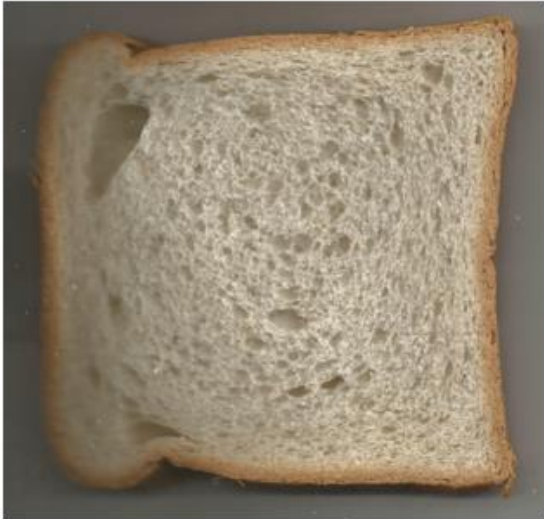
**T1**  
HCMa = 3.9%  
HT= 96.1%  
AA= 32 ppm



**T3**  
HCMa = 3.9%  
HT= 96.1%  
AA= 88 ppm



**T4**  
HCMa = 8.1%  
HT= 91.9%  
AA= 88 ppm



**T5**  
HCMa = 3.0%  
HT= 97.0%  
AA= 60 ppm



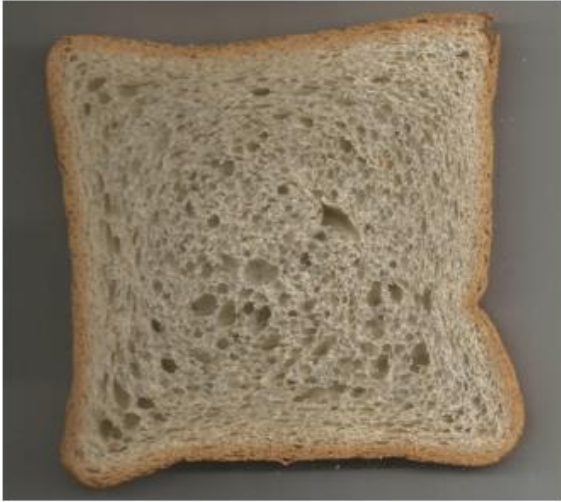
**T6**  
HCMa = 9%  
HT= 91.0%  
AA= 60 ppm



**T7**  
HCMa = 6.0%  
HT= 94.0%  
AA= 20 ppm



**T8**  
HCMa = 6.0%  
HT= 94.0%  
AA= 100 ppm



**T9**  
HCMa = 6.0%  
HT= 94.0%  
AA= 60 ppm



**T10**  
HCMa = 6.0%  
HT= 94.0%  
AA= 60 ppm



**T11**  
HCMa = 6.0%  
HT= 94.0%  
AA= 60 ppm



**PATRON**  
HCMa = 0.0%  
HT= 100%  
AA= 0 ppm

## Anexo 11

### FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

**Fecha** : \_\_\_\_\_ **Sexo** : Masculino \_\_\_

**Edad** : \_\_\_\_\_ **Femenino** \_\_\_

Por favor, pruebe cada una de las muestras codificadas y evalúe cada una usando la escala de abajo para indicar cuanto gusta o disgusta el producto, colocando el número que usted considere el más apropiado en cada recuadro.

9. Me gusta muchísimo.

8. Me gusta mucho.

7. Me gusta moderadamente.

6. Me gusta ligeramente.

5. Ni me gusta/ Ni me disgusta.

4. Me disgusta ligeramente.

3. Me disgusta moderadamente.

2. Me disgusta mucho.

1. Me disgusta muchísimo.

| <b>Muestra</b> | <b>Apariencia</b> | <b>Color</b> | <b>Aroma</b> | <b>Textura</b> | <b>Sabor</b> |
|----------------|-------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
|                |                   |              |              |                |              |
|                |                   |              |              |                |              |
|                |                   |              |              |                |              |

Con relación a las mismas muestras, evalúe en cuanto a la intención de compra.

5. Ciertamente compraría
4. Probablemente compraría
3. Tal vez compraría / talvez no compraría
2. Probablemente no compraría
1. Ciertamente no compraría

| <b>Muestra</b> | <b>Valor</b> |
|----------------|--------------|
|                |              |
|                |              |
|                |              |