

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**



**“SUSTITUCIÓN DE PROTEÍNAS DE ORIGEN ANIMAL
CONVENCIONALES POR PROTEÍNAS HIDROBIOLÓGICAS: POTA
(*Dosidicus gigas*) EN LA ELABORACIÓN DEL PAN PARA
DESAYUNOS ESCOLARES”**

Presentada por:

YADIRA LILIA CAIRO ARELLANO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

Lima –Perú

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**

**“SUSTITUCIÓN DE PROTEÍNAS DE ORIGEN ANIMAL
CONVENCIONALES POR PROTEÍNAS HIDROBIOLÓGICAS:
POTA (*Dosidicus gigas*) EN LA ELABORACIÓN DEL PAN PARA
DESAYUNOS ESCOLARES”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

YADIRA LILIA CAIRO ARELLANO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco
PRESIDENTE

Mg.Sc. Víctor Hidalgo Lozano
ASESOR

Ph.D. Mariano Echevarría Rojas
MIEMBRO

Mg.Sc. Jeannette Díaz Novoa
MIEMBRO

DEDICATORIA

A nuestro CREADOR JEHOVÁ, porque siempre sentí su ayuda.

A mis padres EBERT CAIRO VIVAS y FELICITA ARELLANO PALOMARES,
porque fueron Ejemplo de vida para mí.

A mi esposo MANUEL ORLANDO SÁNCHEZ ARROSPIDE porque siempre
Me brindó la confianza necesaria para la culminación del presente trabajo.

A mi hija LÚ CRISTINA, porque deseo ser un referente para ella.

.

A mis hermanos: GENARO, MIRTA, SONIA, ELSIRA, MILTON, JUAN,
ORLANDO, EDGAR, MELVA, y OMAR DAVID como muestra de gran cariño
hacia ellos.

AGRADECIMIENTOS

Al Mg.Sc. Ing. VÍCTOR HIDALGO LOZANO, Asesor de la presente investigación, por el invaluable apoyo brindado, que hizo posible la culminación de la misma.

A los señores Miembros del Jurado: PhD. VICTOR GUEVARA CARRASCO (Presidente), PhD. MARIANO ECHEVARRIA ROJAS, Mg, Sc. JEANNETTE DIAZ NOVOA (miembros) por sus oportunas observaciones y valioso apoyo brindado.

A la empresa Matrel Foods SAC por la donación de la harina de papa que fue la Materia prima en la realización de esta investigación.

A mi muy apreciada amiga CARMEN SOTO MATEO por su gran apoyo; por el Empuje que supo brindarme; y a la Ing. EVA SALAZAR BELLIDO por su valiosa colaboración desde la empresa.

A mis estudiantes de la Escuela de Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos representados por MARCO ANTONIO SÁNCHEZ GASPAR y OLENKA SOSA TACO, su valiosa colaboración fue muy importante.

En general mi agradecimiento sincero y eterno al PERSONAL ADMINISTRATIVO DE LA EPG representados por la Sra. ILDA PAUCAR, siempre recibí de ellos la más cordial atención. Por último, a mi Alma Mater la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Un Orgullo haberme formado en sus aulas.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 EL CALAMAR GIGANTE (DOSIDICUS GIGAS) | 3 |
| 2.1.1 Características morfológicas | 3 |
| 2.1.2 Composición física | 4 |
| 2.1.3 Componentes de importancia nutricional de la pota o calamar gigante (<i>Dosidicus gigas</i>)..... | 5 |
| 2.1.4 Concentrado proteico de pescado | 5 |
| 2.1.5 Obtención de harina de pota <i>Dosidicus gigas</i> (calamar gigante) | 5 |
| 2.1.6 Composición aminoacídica de la pota o calamar gigante (<i>Dosidicus gigas</i>) | 7 |
| 2.2 ENRIQUECIMIENTO DE ALIMENTOS..... | 8 |
| 2.3 CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LAS PROTEÍNAS | 11 |
| 2.3.1 Requerimientos dietéticos de proteínas y aminoácidos | 12 |
| 2.3.2 Balance de nitrógeno | 13 |
| 2.3.3 Determinación de requerimientos de aminoácidos y proteínas | 14 |
| 2.4 NECESIDADES DE PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS | 15 |
| 2.4.1 Proteínas de referencia | 16 |
| 2.4.2 Patrón de la leche materna..... | 16 |
| 2.4.3 Requerimiento de aminoácidos y patrón de puntuación..... | 17 |
| 2.4.4 Predicción de la calidad de la proteína | 19 |
| 2.4.5 Consideraciones sobre digestibilidad | 19 |
| a. Digestibilidad de proteínas | 20 |
| b. Utilización proteica neta (NPU) | 20 |
| c. Valor biológico (VB)..... | 21 |
| 2.4.6 Puntuación de aminoácidos | 21 |
| 2.5 ÍNDICE DE LA CALIDAD PROTEÍNAS | 23 |
| 2.6 HISTORIA DE LA APARICIÓN DEL PAN Y DEFINICIÓN..... | 24 |
| 2.6.1 Composición aminoacídica de harinas utilizadas en panificación | 25 |

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| a. | Harina de trigo como principal componente del pan..... | 25 |
| b. | Harina de maíz amarillo | 27 |
| c. | Harina de arveja..... | 28 |
| d. | Concentrado proteico de soya..... | 29 |
| e. | Fortificación de harina de trigo | 30 |
| 2.7 | CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL PAN FORTIFICADO..... | 30 |
| 2.8 | METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA | 31 |
| 2.8.1 | Diseños de experimentos con mezcla..... | 32 |
| 2.8.2 | Mezcla D-optimal | 33 |
| 2.9 | ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS | 34 |
| 2.9.1 | Pruebas de Preferencia | 35 |
| 2.9.2 | Pruebas de Aceptación | 35 |
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 38 |
| 3.1. | LUGAR DE EJECUCIÓN | 38 |
| 3.1.1 | Panelistas participantes..... | 38 |
| 3.2 | MATERIA PRIMA E INSUMOS..... | 39 |
| 3.2.1 | Insumos de panadería | 39 |
| 3.2.2 | Insumos para las pruebas biológicas | 39 |
| 3.3. | MATERIALES Y EQUIPOS | 39 |
| 3.3.1 | Para las pruebas químicas, físico químicas sensoriales y biológicas | 39 |
| 3.3.2 | Para elaboración del pan..... | 40 |
| 3.3.3 | Para el diseño de mezclas | 40 |
| 3.4 | METODOLOGÍA EXPERIMENTAL..... | 40 |
| 3.4.1 | Evaluación de la harina de pota..... | 40 |
| 3.4.2 | Ensayos de panificación | 40 |
| 3.4.3 | Sustituciones preliminares de harina de Pota | 41 |
| 3.4.4 | Primera prueba sensorial de ordenamiento o ranking | 41 |
| 3.4.5 | Análisis estadístico del Diseño | 41 |
| 3.4.6 | Evaluación sensorial de sustituciones sugeridas de harina de pota | 45 |
| 3.4.7 | Evaluación de calidad proteica de sustituciones sugeridas | 45 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.8 Elección de la sustitución óptima | 46 |
| 3.5 CÁLCULO DE LA CALIDAD PROTEICA DE LOS PANES CON SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE HARINA DE POTA..... | 46 |
| 3.5.1 Cómputo químico y corrección por digestibilidad de proteína (PDCAAS) | 46 |
| 3.6. ENSAYOS DEFINITIVOS | 46 |
| 3.6.1 Elaboración del pan con sustitución óptima de harina de pota | 47 |
| 3.6.2 Caracterización y evaluación de los panes | 47 |
| 3.6.3 Peso..... | 47 |
| 3.6.4 Volumen Específico | 47 |
| 3.6.5 Análisis Proximal | 48 |
| 3.6.6 Contenido Proteico | 48 |
| 3.6.7 Evaluación sensorial de los panes con sustitución óptima de harina de Pota..... | 48 |
| 3.6.8 Validación del análisis sensorial..... | 48 |
| 3.6.9 Análisis estadístico de pruebas sensoriales | 49 |
| 3.7 PRUEBAS BIOLÓGICAS | 49 |
| 3.7.1 Utilización Proteica Neta (NPU) | 50 |
| 3.7.2 Valor Biológico | 51 |
| 3.7.3 Digestibilidad aparente (D _{ap})..... | 51 |
| 3.7.4 Digestibilidad verdadera (DV) | 51 |
| IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 53 |
| 4.1 EVALUACIÓN DE LA HARINA DE POTA | 53 |
| 4.2 ENSAYOS EN PANIFICACIÓN | 54 |
| 4.2.1 Sustituciones preliminares de harina de Pota | 55 |
| 4.2.2. Primera prueba de Ordenamiento o Ranking | 56 |
| 4.3 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HARINA DE POTA EN LA MEZCLA RESPECTO AL SABOR | 59 |
| 4.3.1 Efecto de los componentes sobre el sabor | 60 |
| 4.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HARINA DE POTA EN LA MEZCLA RESPECTO A LA ACEPTABILIDAD | 64 |
| Modelo matemático planteado | 65 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.1 Efecto de los componentes sobre la Aceptabilidad | 65 |
| 4.5 FORMULACIONES SUGERIDAS | 70 |
| 4.5.1 Segunda prueba de Ordenamiento o Ranking | 71 |
| 4.5.2 Evaluación de la Calidad de Proteína | 72 |
| 4.6 ELECCIÓN DE FORMULACIÓN ÓPTIMA | 74 |
| 4.6.1 Análisis químico proximal del pan con sustitución de harina de Pota | 84 |
| 4.6.2 Análisis sensorial del pan elaborado con la formulación óptima de sustitución de la harina de Pota. | 86 |
| 4.7 CORRELACIÓN ENTRE ACEPTABILIDAD Y SABOR..... | 91 |
| 4.8 RESULTADO DE PRUEBAS BIOLÓGICAS | 94 |
| a. Digestibilidad aparente (Da) | 94 |
| b. Valor Biológico (VB) | 94 |
| c. Utilización Proteica Neta (NPU) | 95 |
| V. CONCLUSIONES | 99 |
| VI.RECOMENDACIONES | 100 |
| VII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 101 |
| VIII ANEXOS | 113 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Composición física de la pota o calamar gigante (<i>Dosidicus gigas</i>) (base fresca). . | 4 |
| Tabla 2: Composición Química porcentual de la harina de pota o calamar gigante (<i>Dosidicus gigas</i>) (base seca)..... | 7 |
| Tabla 3: Composición de aminoácidos indispensables de diversas fuentes de proteínas de origen animal y de origen vegetal (mg de aminoácido /g de proteína)..... | 8 |
| Tabla 4: Necesidades e Ingesta recomendada de proteína en la dieta humana por grupos de edad por peso corporal | 15 |
| Tabla 5: Patrones de Puntuación de aminoácidos recomendados para lactantes, niño, niños mayores, adolescente y adultos..... | 18 |
| Tabla 6: Patrones de Puntuación de aminoácidos para niños de corta edad, niños adolescentes y adultos (valores corregidos)..... | 23 |
| Tabla 7: Composición general de la harina de trigo (base fresca)..... | 26 |
| Tabla 8: Composición de Aminoácidos de harina de trigo en (mg/g de proteína)..... | 26 |
| Tabla 9: Composición de Aminoácidos mg/g de proteína en harina de maíz Amarillo..... | 27 |
| Tabla 10: Análisis Proximal harina de maíz amarillo (base fresca)..... | 27 |
| Tabla 11: Composición de Aminoácidos mg/g de proteína en harina de arveja..... | 28 |
| Tabla 12: Análisis Proximal de harina de Arveja (base fresca) | 29 |
| Tabla 13: Composición de Aminoácidos mg/g de proteína en Concentrado de Soya | 29 |
| Tabla 14: Restricciones de los tres componentes principales en la Formulación del Pan con sustitución de HP | 43 |
| Tabla 15: Porcentaje de los ingredientes principales en las 16 formulaciones obtenidas | 44 |
| Tabla 16: Análisis Proximal Composición química porcentual (en base seca) de la harina pota o calamar gigante (<i>Dosidicus gigas</i>)..... | 53 |
| Tabla 17: Análisis microbiológico de la harina de Pota..... | 54 |
| Tabla 18: Formulaciones de los Panes ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares ... | 55 |
| Tabla 19: Respuestas sobre Sabor y Aceptabilidad según formulación..... | 58 |
| Tabla 20: Estadísticas del Resumen del modelo para el atributo Sabor..... | 59 |
| Tabla 21 Estadísticas del Resumen del modelo para el atributo Aceptabilidad..... | 65 |
| Tabla 22: Predicción de coeficientes para el sabor y aceptabilidad según | 65 |
| Tabla 23: Formulaciones sugeridas por el Programa Design Expert | 70 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 24: Porcentaje de proteína aportado por Harina de Pota según formulación | 73 |
| Tabla 25: Formulaciones óptimas de sustitución | 74 |
| Tabla 26: Composición de aminoácidos en Formulaciones y necesidades de aminoácidos en diferentes grupos de edad según FAO/OMS/UNU..... | 76 |
| Tabla 27: Score químico y PDCAAS según formulación de acuerdo a los requerimientos por edad | 77 |
| Tabla 28: Aporte proteico según Formulación Óptima..... | 80 |
| Tabla 29: Análisis proximal de la muestra de Panes con Sustitución Óptima de harina de Pota | 82 |
| Tabla 30: Pérdida de humedad promedio de pan A y pan B (con sustitución del 12,62% de harina de Pota) y pan “C” (sin sustitución)..... | 83 |
| Tabla 31: Análisis químico proximal del pan con sustitución de Harina de pota | 85 |
| Tabla 32: Caracterización de parámetros Físicos del Pan | 85 |
| Tabla 33: CORRELACIÓN ENTRE RESPUESTA ACEPTABILIDAD Y SABOR | 92 |
| Tabla 34: Resumen de Prueba de Utilización Proteica Neta (NPU) | 96 |
| Tabla 35: Resumen de Prueba de Valor Biológico..... | 97 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Calamar gigante (<i>Dosidicus gigas</i>) A: Vista dorsal | 4 |
| Figura 2: Flujograma del Desarrollo Experimental | 52 |
| Figura 3: Media del ordenamiento de preferencia | 56 |
| Figura 4: Ploteo de Contorno de la Superficie respuesta para el Sabor del Pan del PDE con sustitución parcial de harina de pota..... | 60 |
| Figura 5: Superficie respuesta para el Sabor del Pan del PDE con sustitución parcial de harinade Pota..... | 61 |
| Figura 6: Trazos de Cox para la evaluacion del efecto de cada componente de la mezcla sobre el sabor del pan. | 62 |
| Figura 7 : Respuesta de Sabor del Pan en funcion a dos componentes de la mezcla | 63 |
| Figura 8 : Ploteo de Contorno de la superficie respuesta para la aceptabilidad del Pan del PDE con sustitucion parcial de Harina de pota | 66 |
| Figura 9: Superficie respuesta para la aceptabilidad del Pan del PDE con sustitcion parcial de Harina de pota. | 67 |
| Figura 10: Trazos de Cox para la evaluacion del efecto de cada componente de la mezcla sobre la aceptabilidad | 68 |
| Figura 11: Respuesta de Aceptabilidad del Pan en función a dos componentes de la Mezcla | 69 |
| Figura 12: Expresión de la media de Ordenamientos. Análisis de varianza (ANVA) de los resultados de la Segunda Prueba de Ordenamiento | 71 |
| Figura 13: Flujograma de Elaboración del pan Sustituido con Harina de Pota..... | 81 |
| Figura 14: Expresión del promedio de preferencia para el atributo Aroma en l muestra de panes A, B, y C | 87 |
| Figura 15: Expresión del promedio de preferencia para el atributo Olor en la muestra de panes A, B, y C | 88 |
| Figura 16: Expresión del promedio de preferencia para el atributo Sabor en la muestra de panes A, B y C. | 89 |
| Figura 17: Expresión del promedio de preferencia para el atributo Textura en la muestra de panes A, B, y C | 90 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1: Normativa de fortificación de harina de trigo..... | 114 |
| Anexo 2: Características fisicoquímicas y nutricionales del pan elaborado en el Programa de Desayunos Escolares..... | 115 |
| Anexo 3: Requisitos microbiológicos establecidos para el pan elaborado en el Programa de Desayunos Escolares..... | 115 |
| Anexo 4: Diagrama de flujo de la elaboración del pan fortificado según Programa de Desayunos Escolares | 116 |
| Anexo 5: Formulación del Pan ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares: Formulación F-45 (panes sin sustitución) | 117 |
| Anexo 6: Formulación del Pan ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares: Formulación F-47 (panes sin sustitución) | 118 |
| Anexo 7: Formato de Prueba Sensorial | 119 |
| Anexo 7-1: Formato de Prueba Sensorial de Ordenamiento o Ranking | 119 |
| Anexo 7-2: Formato de Prueba Sensorial de Preferencia Utilizando Escala numérica..... | 120 |
| Anexo 7-3: Formato Prueba Sensorial utilizando Escala Hedónica Estructurada | 121 |
| Anexo 8: Datos de ordenamiento obtenidos aplicando la primera prueba de ordenamiento o ranking. | 122 |
| Anexo 9: Resultado de la primera prueba de ordenamiento o ranking descriptivos | 123 |
| Anexo 10: Formulaciones..... | 124 |
| Anexo 10-1: Restricciones sobre los ingredientes de la masa total..... | 124 |
| Anexo 10-2: Coeficientes para la ecuación según modelo..... | 124 |
| Anexo 10-3: Coeficientes para la ecuación según modelo para sabor y aceptabilidad..... | 124 |
| Anexo 11: Analisis de varianza del modelo de ecuación de regresión de para la evaluacion del sabor..... | 125 |
| Anexo 12: Analisis de varianza del modelo de ecuación de regresión de para la para la evaluacion de la aceptabilidad | 125 |
| Anexo 13: Formulaciones sugeridas por el programa | 126 |
| Anexo 14: Segunda prueba sensorial de ordenamiento o ranking | 127 |
| Anexo 15: Análisis estadístico | 128 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 15.1: Estadísticos descriptivos del resultado de la segunda prueba de ordenamiento o ranking | 128 |
| Anexo 15.2: análisis de varianza (ANVA) de los resultados de la segunda prueba de ordenamiento. | 128 |
| Anexo 15.3: Prueba de Tukey- Hsd | 128 |
| Anexo 16: Composición de aminoácidos en formulaciones y necesidades de aminoácidos en diferentes grupos de edad según FAO/OMS/UNU..... | 129 |
| Continuación Anexo 16: Composición de aminoácidos en formulaciones y necesidades de aminoácidos en diferentes grupos de edad según FAO/OMS/UNU..... | 130 |
| Anexo 17: Validación con las formulaciones óptimas de sustitución..... | 131 |
| Formulación optimizada según R^2 ajustado y R^2 predictivo | 131 |
| Anexo 18: Score químico y PDCAAS de las formulaciones sugeridas. | 132 |
| Anexo 19: Pruebas sensoriales Hedónicas para muestras de pan A, B, C | 133 |
| Anexo 20: Análisis de varianza para los atributos: aroma, olor, sabor y textura para los panes A, B, Y C | 134 |
| Anexo 21: Resultado de la prueba Hedónica para establecer correlación entre sabor y aceptabilidad | 137 |
| Anexo 22: Coeficiente de correlación entre sabor y aceptabilidad | 138 |
| Anexo 23: Formulación de la ración para el experimento de pruebas biológicas..... | 142 |
| Anexo 24: Cuadro Resumen De Pruebas Biológicas..... | 150 |

RESUMEN

La harina de calamar gigante *Dosidicus gigas* es una fuente importante de proteínas (80%) de alta calidad nutricional y de gran biodisponibilidad, esta materia prima hidrobiológica tiene un importante perfil aminoacídico que puede ser combinado con cereales para aumentar su valor biológico. El objetivo de esta investigación fue reemplazar proteína animal convencional (leche, huevo y albumina) por Harina de Pota (HP) en la elaboración del pan ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares (PDE). Este programa usualmente ofrece dos variantes de sus formulaciones; Formulación “A”: “harina de trigo 45% harina de maíz amarillo 5.5%, harina de arveja 3%, leche entera polvo 1.4% huevo fresco 7.5% y Formulación “B”: harina de trigo 47% concentrado proteico de soya 2.4% y harina de maíz amarillo 6%, leche entera fresca UHT 3.0% y albúmina 1.3% el resto de componentes lo considera igual para ambas formulaciones. El trabajo se realizó en tres fases; la primera, consistió en elegir los porcentajes de sustitución de Harina de Pota considerados de acuerdo a la importancia en aporte proteico que tuvieron mayor preferencia, según la prueba sensorial de Ranking en cada tipo de formulación. En la segunda fase, con las sustituciones escogidas según el nivel de preferencia, se analizaron a partir de la Metodología de Superficie Respuesta utilizando el software Design Expert versión 10 se aplicó el Diseño Óptimo para mezclas y se aproximó a la formulación óptima de sustitución, evaluando mediante prueba sensorial Ranking los atributos sabor y aceptabilidad, considerando además la evaluación de la calidad proteica (score de aminoácidos y digestibilidad de proteínas) fueron aplicadas a las formulaciones sugeridas por el Diseño. En la última fase, se elaboró los panes con el porcentaje de sustitución óptima en los dos tipos de formulación del pan ofrecidas en el PDE. (Fórmula A y Fórmula B). La formulación óptima elegida fue de 12.6 % de sustitución de HP; se realizaron pruebas fisicoquímicas sensoriales y biológicas, no se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) para el sabor y aceptabilidad entre ambas formulaciones, encontrando muy buena aceptación. Se obtuvo un valor de Digestibilidad verdadera de 77.90 ± 1.45 para la formulación “A”, y de 80.11 ± 2.85 para la formulación “B.” respectivamente, también se observó un incremento del aporte proteico de la Formulación “A” (de 6.9 a 15.9%) y Formulación “B” (de 7.9 a 17.2) comparados con los panes ofrecidos en el PDE.

Palabras clave: harina de calamar gigante *Dosidicus gigas*; pan fortificado; Metodología de Superficie Respuesta; prueba sensorial de Ranking; digestibilidad de proteínas.

ABSTRACT

Giant squid (*Dosidicus gigas*) flour is a valuable source of protein (80 %) of high quality and bioavailability. This marine ingredient has an important amino acid profile that could be combined with cereals to obtain bread of high biological value. The aim of this study was to replace conventional animal proteins (milk, egg and albumin) with giant squid flour (GSF) for the elaboration of high quality nutritional bread as part of the School Breakfast Program (SBP). SBP usually offers two types of bread formulations: Formula A (wheat flour 45 %, yellow cornmeal 5.5 and pea flour 3 %, milk powder 1.4% and egg 7.5%) and Formula B (wheat flour 47 %, soy protein concentrate 2.4 % whole milk UHT 3%, albumin 1.3% and yellow cornmeal 6 %). In order to obtain the optimum level of GSF, the adequate taste and acceptability of the fortified bread three phases were conducted. The first one was to acquire different GSF percentage of substitutions. A sensory ranking test was performed to compare the different formulations. In the second one, all chosen formulations, according to the preference level, were analysed by Response Surface Methodology using Design Expert Version 10 software to determine the optimum mixture. A sensory ranking test and assessment of protein quality (amino acid scoring pattern and digestibility of proteins) were applied to the suggested formulations by the program. The last one was to make bread with the optimal GSF substitution adding to the two types of SBP formulations (Formula A and Formula B) and to develop a physical, chemical, sensory ranking and biological analysis. The optimal formulation was 12.6 % of GSF substitution. There was no statistically significant difference ($p < 0.05$) between both fortified formulations with GSF according to the taste and acceptability analysis, both receiving high level of acceptability. A true digestibility value of 77.9 ± 1.45 for Formulation A and 80.11 ± 2.85 for Formulation B. in addition to an increase of protein intake for Formula A (6.9 to 15.9 %) and Formula B (7.9 to 17.3 %) was observed by the fortified breads with GSF compared to the bread offered by SBP.

Keywords : giant squid flour *Dosidicus gigas*, fortified bread, Response Surface Methodology, sensory ranking test, digestibility of proteins.

I. INTRODUCCIÓN

Se estima que 821 millones de personas en el mundo padecen de hambre y más de 150 millones de niños sufren retraso del crecimiento, principalmente debido a la escasez de proteínas de alta calidad, situación que se empeora en América del sur y en la mayoría de regiones del África, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO 2018). Una forma de afrontar estos problemas es utilizar fuentes de proteínas de alta calidad biológica como la procedente de recursos hidrobiológicos. Al respecto, el consumo per cápita aparente de pescado a nivel mundial registró un aumento, comparando la década del 60 de 9.9 a 19.7 kg en el 2013. En países industrializados este consumo per cápita fue de 26.8 kg que representa el 6.7% de las proteínas consumidas en total (FAO 2016).

Así mismo, una mala nutrición en edad temprana, como en niños de 5 a 9 años y los adolescentes de 10 a 19 años tiene efectos negativos en la salud y está asociada con un riesgo más alto de enfermedades infecciosas, retraso en su desarrollo madurativo, menor fortaleza muscular y, disminuida habilidad cognitiva (Pollit 2002). Al respecto los indicadores de desnutrición crónica muestran que este es un problema grave en el país, debido al deficiente consumo de proteínas de buena calidad; a pesar que según el documento técnico del MINSA (2014) la desnutrición crónica infantil a nivel nacional disminuyó de 28,5% en el 2007 a 18,1 % en el 2012; el INS (2015) estimó que alrededor del 26 por ciento de escolares peruanos de 6 a 14 años presentó una baja talla para la edad a pesar de que supuestamente cubren sus necesidades de proteínas, pues se desconoce su calidad biológica.

En el país, los Programas de Desayunos Escolares (PDE) son una buena plataforma para mejorar las condiciones nutricionales de los escolares de nivel inicial y primaria (niños de 4 a 13 años de edad); el pan ofrecido en este Programa aporta 255 Kcal de energía, el 10% de esta proviene de la proteína, y de ellas el 10% son de origen animal que en muchos casos es de limitada accesibilidad. Al respecto la proteína proveniente del pescado obtenida, como

concentrado o como harina es una buena fuente de aminoácidos de alta calidad y podría competir industrialmente con otros ingredientes proteicos como el aislado de proteína de soya, albúmina de huevo etc. (Shaviklo 2015).

En este contexto, la harina de calamar gigante *Dosidicus gigas* llamada también pota, abunda en el mar peruano, contiene un promedio de 80% de proteína posee alta biodisponibilidad, principalmente debido al perfil aminoacídico que presenta especialmente en lisina y metionina, se puede combinar con cereales logrando mezclas proteicas con altos valores biológicos. Sin embargo, pese a su alto contenido de ácido glutámico, (potenciador del sabor), tiene como factor limitante el sabor y el olor a pescado que posee la harina de pota, siendo un reto diseñar formulaciones que combinen para lograr una buena aceptabilidad (Calvo 2016).

Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo general sustituir proteínas de origen animal convencionales como leche, huevo, albúmina por proteínas de origen hidrobiológico utilizando la harina de pota en la elaboración de Pan Fortificado para los Programas de Desayunos Escolares, teniendo como objetivos específicos determinar el porcentaje de sustitución adecuado de harina de pota, evaluar la aceptabilidad del pan obtenido según porcentaje de sustitución, además evaluar el aporte proteico correspondiente.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL CALAMAR GIGANTE (*Dosidicus gigas*)

Es una especie oceánica y migratoria del Pacífico Oriental que se distribuye desde el sur de California (EUA) hasta el norte de Chile (Valparaíso) Ibáñez *et al.* (2015). Esta especie pertenece al Phylum: Mollusca, Clase: Cephalópoda, Orden: Teutoidea, Familia: Ommastrephidae, al género: *Dosidicus*, especie: *Dosidicus gigas*, los nombres varían de acuerdo a la región, se conoce como: calamar gigante, Jibia, Jumbo Squid, *Illex argentinus*, *Todarodes pacificus*; según Luna *et al.*(2009). En el Perú es el segundo recurso hidrobiológico después de la anchoveta su mayor explotación es en Tumbes, Talara y Paita (IMARPE 2018).

2.1.1 Características morfológicas

El calamar gigante, puede alcanzar hasta 1.2 metros de longitud de cuerpo (manto) de forma cónica en la parte dorsal, puede alcanzar hasta tres metros de longitud total. Posee aletas romboidales, musculosas y anchas en la parte terminal formando un ángulo de 57° con respecto al cuerpo las cuales están soportadas por el cartílago del sifón en forma de T invertida. En el extremo opuesto se encuentra la cabeza, boca y dos grandes ojos globulosos (Figura 1). Además, presenta ocho brazos y dos tentáculos alrededor de la boca, dos hileras de ventosas en los brazos y cuatro hileras en los tentáculos; en los machos el cuarto par de brazos se encuentra modificado para la copulación (IMARPE 2011; Pariona 2011 citados por Hurtado 2014). Su alimentación es a base de crustáceos, peces linterna, y huevos de peces, además le atribuyen un 13% de su alimentación al canibalismo, cefalópodos celentéreos según Benites y Valdivieso (1986) citados por Salcedo (2015).

2.1.2 Composición física

La composición física promedio se muestra en la (Tabla 1), el componente mayoritario corresponde al cuerpo o tubo con 48.7% calamar entero, según Calvo (2016), en general se aprovecha el 89.3% del peso.

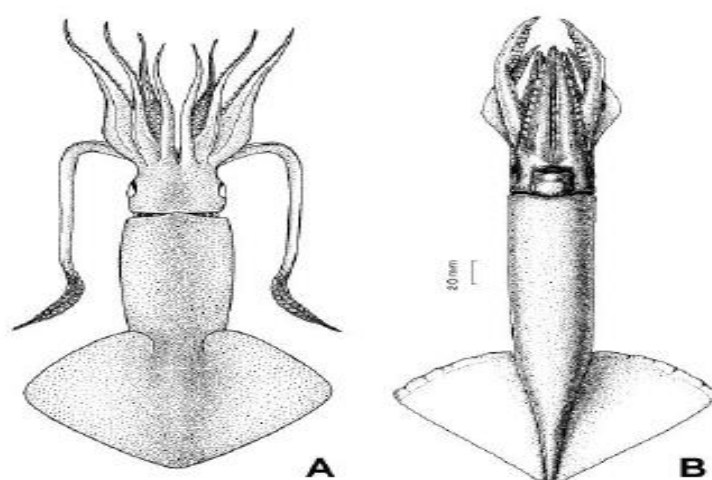


Figura 1: Calamar gigante (*Dosidicus gigas*) A: Vista dorsal B: vista ventral.

FUENTE: Wormuth (1976), citado por Alegre (2011).

Tabla1: Composición física de la pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*) (base fresca)

| Distribución | ITP (1996) Citado por Miranda (2006) % | Martínez (1997) % |
|---------------|-------------------------------------------|----------------------|
| Cuerpo o Tubo | 49.3 | 48.00 |
| Aleta | 13.4 | 14.65 |
| Tentáculos | 21.4 | 16.34 |
| Vísceras | 15.4 | 10.86 |
| Cabeza | ND | 10.14 |

FUENTE: Miranda (2006), Martínez (1997); ND: no determinado.

2.1.3 Componentes de importancia nutricional de la pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*)

La importancia nutricional radica en su contenido proteico principalmente, además los contenidos de ácidos grasos esenciales aumentan el interés para utilizarlo en la alimentación humana. Al ser un alimento de origen marino se le considera de alto valor nutritivo destacándose el contenido de proteínas de fácil digestión, alta digestibilidad en promedio 94%, de bajo contenido graso y calórico, carbohidratos no asimilables, vitaminas A, D y complejo B en promedio el contenido de proteína cruda en el músculo es de 15% lo cual se puede considerar un aporte importante (Martínez-Vega 2014).

2.1.4 Concentrado proteico de pescado

La harina es obtenida por tratamiento térmico, generalmente deshidratación del musculo de diferentes especies heterogéneas procesada en condiciones higiénicas, que va a ser utilizada en la alimentación humana, se conoce como concentrado proteico de pescado Suzuki (1987) citado por Rojas (2009), en el procesamiento no se utiliza solventes se les denomina " CPP Tipo B"; el " CPP tipo A" es más puro, su procesamiento es más costoso, es por ello que el primero es más utilizado como harina en la alimentación humana (Madrid *et al.* 1994); a pesar de mejorar la calidad nutricional y funcional de los productos, diversos estudios reportan que si se utilizan niveles inadecuados de ingredientes de pescado en estos alimentos enriquecidos, pueden presentar efectos negativos, que afectan la calidad sensorial tanto en el sabor como en el olor. Por lo tanto, el nivel de enriquecimiento no debe afectar la aceptación y las propiedades sensoriales del producto Shaviklo *et al.* (2015) y Calvo (2016).

2.1.5 Obtención de harina de pota *Dosidicus gigas* (calamar gigante)

La calidad de la harina de calamar y su vida útil está en función a diferentes factores: materia prima fresca y de excelente calidad organoléptica. El procesamiento más utilizado para obtener harina es por tratamiento térmico, además, Ramírez *et al.* (1999) y Shaviklo *et al.* (2010) reportaron que el secado por liofilización es el que menos afecta a sus propiedades funcionales, adicionalmente, se puede utilizar conservantes y aditivos permitidos según normativa. La utilización del calor permite además de eliminar parte de la humedad, inactivar enzimas hidrolíticas y oxidativas además permite disminuir la carga microbiana

(Vega-Gálvez 2011, citado por Calvo 2016) que realizando el secado de la harina de pota a temperaturas que fluctuaban entre 50-90°C, observó la coloración cremosa que tomaba la harina, conforme aumentaba la temperatura. Estos cambios que el producto adquiere se deben a un oscurecimiento no enzimático y la reacción de Maillard que implica reacciones ϵ -NH₂ de la lisina con los grupos carbonilo de azúcares reductores principalmente y otros grupos amida presentes en la proteína del músculo, además se incrementa la formación de puentes de sulfuro (S-S), alrededor de 90°C la intensidad del oscurecimiento es mayor (Cheftel 1988).

Asimismo, se debe tener en cuenta que las reacciones producidas durante el secado pueden provocar alteración de las propiedades funcionales como disminución de su capacidad gelificante, emulsificante, disminución de la capacidad de retención de agua, dentro de los beneficios que se pueden obtener con el secado, es la pérdida o disminución de olores y sabores poco agradables, posibilitando que la harina se pueda utilizar en diversas formulaciones alimenticias (Vega-Gálvez 2011 citado por Calvo 2016 y Shaviklo 2015). Sin embargo, también debe tomarse en cuenta que la cocción también produce dentro del tejido muscular, compuestos favorables y otros compuestos azufrados volátiles, formados a partir de la cisteína, productos resultantes de la transformación de monosacáridos y nucleótidos (Cheftel 1989).

Nuestro país es uno de los principales proveedores de Pota (*Dosidicus gigas*) a nivel mundial, el valor promedio de la harina de pota destinado a exportaciones en el 2013 fue de US\$ 1.85 por kg, mientras que, en estado fresco, en el mercado nacional tuvo un promedio de 1.79 soles para ese mismo año (Paredes 2014).

El procesamiento del calamar fresco para transformarlo en harina de buena calidad y bajo costo, es el principal argumento para ser considerado como materia prima de alta calidad biológica, la Tabla 2 permite apreciar el contenido promedio de 82.5% de proteína en la harina de calamar Lazo (2008) lo considera una buena fuente de proteína con un 77.76% ; asimismo, Calvo (2016), reporta un contenido de proteína de 82.82% (en base seca); además, se debe tener en cuenta que el contenido de aminoácidos esenciales es comparativamente alto considerando el patrón de aminoácidos esenciales especialmente metionina y lisina Shaviklo (2015) y Calvo (2016).

Tabla 2: Composición Química porcentual de la harina de pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*) (base seca).

| Componente/ según Fuente | Roldán y Lazo(2007) | Lazo (2006) | Calvo (2016) | Ortega (1995) | Martínez (1997) |
|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Humedad | 7.48 | 6.30 | 3.46 | 7.5 | 2.96 |
| Proteína | 85.13 | 86.04 | 77.76 | 82.3 | 81.32 |
| Grasa | 3.57 | 2.70 | 6.33 | 2.9 | 3.61 |
| Cenizas | 2.50 | 4.96 | 8.54 | 4.1 | 5.74 |
| Extracto libre de Nitrógeno | 0.97 | ND | 1.21 | 3.1 | 4.28 |
| Fibra | 0.35 | ND | 2.7 | ND | 2.09 |

ND: no determinado.

En cuanto a la digestibilidad in vivo de las proteínas de la carne de pescado cruda es de 90-98%. Así mismo, el índice de eficiencia proteica (PER) de las proteínas de pescado es ligeramente superior al de la caseína, la utilización neta de proteína (NPU) de la carne de pescado es 83 en comparación con los valores de 80 y 100 para carnes rojas y huevos respectivamente según lo reportado por Sen (2005).

2.1.6 Composición aminoacídica de la pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*)

Según Ross (2014) la síntesis de aminoácidos aplica sólo a los aminoácidos prescindibles ésta comprende dos grupos: aminoácidos que se sintetizan por transferencia de nitrógeno a un precursor de esqueleto de carbono que proviene del ciclo del ácido tricarbóxico o de la glucólisis y aminoácidos que se sintetizan directamente de otros aminoácidos debido a esto son vulnerables a ser indispensables si su precursor comienza a ser limitante.

En la Tabla 3 se muestran los aminoácidos presentes en algunos alimentos fuente de proteínas de origen animal, vegetal y de la harina de pota que presenta mayor contenido de lisina y triptófano comparado con alimentos como la leche o el huevo.

La FAO (2002) considera que la proteína de un alimento es biológicamente completa cuando contiene todos los aminoácidos en una cantidad igual o superior a la establecida para cada

aminoácido en una proteína de referencia o patrón, como las del huevo, leche y carne, que tienen una proporción de aminoácidos esenciales utilizables de un 100% y estos aminoácidos esenciales obligatoriamente deben ser aportados por la dieta alimentos como huevos, productos lácteos y carnes rojas (Shimada 2015).

Tabla 3: Composición de aminoácidos indispensables de diversas fuentes de proteínas de origen animal y de origen vegetal (mg de aminoácido /g de proteína)

| Amino ácidos (mg/g de proteínas crudas) | Huevo* deshidra tado | Leche * entera | Harina de trigo* | Harina de Maíz * | Conc. de * Soya | Caseína * | Harina de Pota Roldan y Lazo (2007) | | Calvo (2016) |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------|----------------------------------------------|--|-----------------|
| Histidina | 22 | 27 | 25 | 28 | 28 | ND | 21 | | 68.9 |
| Isoleucina | 54 | 47 | 42 | 47 | 47 | 64 | 48 | | 42.6 |
| Leucina | 86 | 95 | 71 | 132 | 80 | 101 | 79 | | 65.6 |
| Lisina | 70 | 78 | 20 | 29 | 65 | 79 | 79 | | 101.6 |
| Met + Cist | 57 | 33 | 31 | 32 | 27 | 34 | 30 | | 16.44 |
| Fenilalanina + Tirosina | 93 | 102 | 79 | 107 | 91 | 112 | 38 | | 45.6 |
| Treonina | 47 | 44 | 28 | 40 | 43 | 34 | 41 | | 38.6 |
| Triptófano | 17 | 14 | 11 | 6 | 14 | 14 | 9.4 | | 20.3 |
| Valina | 66 | 64 | 42 | 32 | 50 | 72 | 43 | | 54.0 |

FUENTE: *(The Growing Challenge 1977 tomado de De Luna 2007), Roldán y Lazo citados por Rojas (2009), Calvo (2016) ND = no determinado

2.2 ENRIQUECIMIENTO DE ALIMENTOS

La importancia del nitrógeno es que debe proporcionarse en forma de proteína, la misma que durante el proceso de digestión libera aminoácidos (Shimada 2015). Al respecto, las proteínas de harina de pescado son un valioso suplemento para mejorar la calidad y cantidad de proteínas de las dietas de los niños en edad preescolar y niños menores de cinco años que presentan desnutrición crónica infantil Vakily *et al.* (2012), justamente, con el propósito de elevar la calidad nutricional de alimentos de amplio consumo, Marcelo (1986) elaboró un

tipo de pan enriquecido con concentrado proteico a base de plasma de sangre de vacuno que contenía 74.1% de proteína, logrando incrementar desde 12.73% del pan sin enriquecer hasta 16.4% en el pan enriquecido, utilizó 7.5% de este concentrado, aumentando el aporte de proteína en aproximadamente 30%.

Asimismo, Lucas (2005) evaluando la calidad nutricional de galletas fortificadas con sangre bovina, observó que para un nivel de fortificación de 5% el contenido proteico se incrementó de 8.72 sin fortificar hasta 10.99% fortificado, también De la Cruz (2009) estudió la complementación proteica de la harina de trigo utilizando harina de quinua precocida y suero de leche, elaboró un tipo de pan de molde, incrementando el cómputo químico de 51% a 67% demostrando también que el valor nutritivo de las proteínas vegetales podría incrementarse cuando se combinen con proteínas provenientes de pescado, al respecto, Shaviklo *et al.* (2013) utilizó harina de pescado en una concentración de 18% para la elaboración de Bocadillos de maíz extruidos, este fue bien aceptado por niños iraníes de 7 a 12 años, estos productos fueron estables a temperatura ambiente durante cuatro meses.

Igualmente, Chin (2012) elaboró fideo amarillo húmedo, rico en proteínas, por la incorporación de harina de pescado, también evaluó las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los fideos, reportó que no hubo diferencias significativas en el color, la dureza y la elasticidad entre el control y los fideos enriquecidos; considerándose para esta formulación un máximo de 5% , así mismo, Huda (2001) adicionó proteínas de pescado a diferentes formulaciones de galletas, encontrando una alta aceptabilidad para un nivel del 10%, similares resultados fueron reportados por Ibrahim (2009) cuando fortificó galletas con harina de pescado con un nivel de 5%. Adicionalmente otras investigaciones muestran la calidad biológica de los alimentos enriquecidos, así tenemos que la adición de 3% de concentrado de proteína de pescado a la harina de trigo cuyo contenido proteico era del 10.4% aumentó el contenido de este nutriente a 12.4%, asimismo se incrementó el valor de la utilización neta de proteína, (NPU) de 50 a 67% Venugopal (2006), similarmente, Hussain, *et al.*(2017) utilizaron 10% de concentrado de proteína de pescado en un alimento tradicional de destete Paquistaní (*khitchri*) y observaron una mejora significativa en digestibilidad verdadera (DV), el valor biológico (VB), así como en la utilización proteica neta (NPU); los autores concluyeron que podría ser una fuente ideal de proteínas para enriquecer los alimentos de destete. Asimismo, el contenido de aminoácidos esenciales del

concentrado de proteína de pescado superó los requerimientos para los adultos, y superó los requerimientos para niños pequeños respecto a lisina y treonina (Pires *et al.* 2012).

En el Perú, también se han realizado diversas investigaciones señalando el potencial industrializable de la pota, algunos utilizando casi la totalidad de los fragmentos de este recurso hidrobiológico con el objetivo de enriquecer el componente nutricional proteico en alimentos de amplio consumo como galletas, sopas, mazamorra según Ramírez (1974) citado por Rodríguez (2004); así mismo, Jiménez (2000) evaluó el enriquecimiento de galletas con 3 y 5% de inclusión de harina de pescado, encontrando una digestibilidad aparente de 75% para el producto obtenido. Similarmente, Dueñas (2002) elaboró el pan francés enriquecido con surimi de machete (*Ethmidium maculatum*) y encontró que la mejor sustitución fue del 10% de surimi, con un contenido proteico de 20,42% y un tiempo de vida útil de 15 días manteniendo sus características físico químicas y sensoriales del producto. Al respecto, Rodríguez (2004) evaluó el pan integral empleando pulpa de raya (*Myliobatis peruvianus*) con cuatro niveles de enriquecimiento: 0, 15, 20 y 25%, encontrando una mayor preferencia para el enriquecimiento de 20% con una digestibilidad aparente de 75% y Valor Biológico de 92%.

Zegarra (2015) en su investigación sustituyó la leche en polvo por hidrolizado de anchoveta en un rango de 80 a 100%, en la formulación de galleta dulce, utilizando la metodología de superficie y respuesta (MSR) encontró que la fórmula optimizada correspondía a una sustitución de 92% de hidrolizado que equivalía al 9.94% de proteína, reportó un valor biológico de 48.94% y la digestibilidad aparente (DA) de 79.66% ; igualmente Salcedo (2015) elaboró hojuelas dulces a partir del manto de pota con harina de quinua y almidón de papa obteniendo 13.09% de contenido proteico encontrando para el producto final 97,1% de digestibilidad.

Un indicador de que se puede considerar altos porcentajes de sustitución con harina de pota se apoya en las investigaciones de Rojas (2009) que evaluó el potencial tóxico en ratas Sprague Dawley del concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) que fue desarrollado en la Facultad de Pesquería de la UNALM, durante tres meses, se administró dosis del concentrado desde 500 hasta 2000 mg/Kg/día, observó ganancia de peso en los grupos que recibieron el concentrado con respecto al grupo control y concluyó que el consumo diario de este concentrado proteico, no producen alteraciones que puedan atribuirse a efectos

tóxicos en ratas, así mismo, Calvo (2016) consideró que la harina de Calamar gigante tiene muchas posibilidades de considerarse como ingrediente en productos de panificación, galletería, sazonadores, etc. pero señala un aspecto que puede ser limitante para su uso que es el olor y sabor a pescado, por ello recomienda estudios de aceptación sensorial en los productos obtenidos, en este contexto, Espinoza (2017) elaboró un producto extruido a base de maíz enriquecido con harina precocida de papa considerando la formulación óptima de 4% de harina de papa que tiene un 84.4% de proteína; así mismo, Chumacero (2016) elaboró un producto tipo snack a partir de la pulpa de calamar gigante utilizó diferentes porcentajes, encontrando una mayor aceptabilidad en la concentración de 29.5% obtuvo 13.39% de proteína y 77.08% de carbohidratos. Igualmente, Hurtado (2014) elaboró una pasta untada a partir de recortes de papa y encontró para el atributo sabor 62.4% de aceptabilidad.

2.3 CALIDAD Y EVALUACIÓN DE LAS PROTEÍNAS

El concepto de calidad se estableció con Wilcock y Hopkins (1906) quienes demostraron que el valor nutritivo de la zeína podía mejorarse añadiendo triptófano, adicionalmente, varios estudios realizados entre 1840 y 1860, demostraron diferencias en el valor de varias proteínas, a principios del siglo pasado cuando se desarrollaron las primeras técnicas en la evaluación biológica de las proteínas basadas en el balance de nitrógeno y crecimiento de ratas. Block y Mitchell (1946) citados por Shimada (2015) desarrollaron técnicas analíticas para el análisis químico de aminoácidos. Así mismo WHO (2002) establece que la calidad de la proteína es una medida de su biodisponibilidad, se refiere a la proporción que ha sido absorbida y utilizada, comprende aspectos de digestibilidad, integridad química, y libertad de interferencia en el metabolismo, así como aspectos de utilización del aminoácido que pueda estar relacionado con aspectos de procesamiento del alimento. En la práctica, la evaluación de la calidad de la proteína ha tenido como objetivo predecir la utilización relativa de diferentes fuentes de proteínas en lugar de valores absolutos y determinar la capacidad de la proteína en estudio para satisfacer la demanda metabólica de aminoácidos y nitrógeno; así mismo, para que la proteína de los alimentos se utilice con la máxima eficiencia, los aminoácidos esenciales y no esenciales, deben encontrarse en la ración en cantidad suficiente para cubrir la demanda metabólica (McDonald *et al.* 2013).

Al respecto, Ross (2014) sostiene que el enfoque más simple para la medición de la calidad nutricional de una proteína es la habilidad de esta para promover el crecimiento en niños, que es el resultado de la deposición de aminoácidos, es decir un balance positivo de nitrógeno; en igual forma en animales jóvenes, su crecimiento depende en gran parte de la síntesis de nueva proteína y este depende a su vez de la ingestión de aminoácidos esenciales, refiere que este concepto de calidad de proteína se ha definido como “el nivel más bajo de la ingestión de proteínas de la dieta que va a equilibrar las pérdidas de nitrógeno del cuerpo y por lo tanto mantener la masa corporal de proteínas, en personas con una actividad física muy ligera, además de considerar las necesidades de cada individuo sean niños, mujeres embarazadas o en periodo de lactancia, asociadas a tasas consistentes con la buena salud”. Según Ayala (2008), se puede considerar que cuando las proteínas son comparadas con los patrones de requerimientos de aminoácidos esenciales para cada edad, una proteína puede resultar inadecuada para el niño y ser adecuada para el adulto.

2.3.1 Requerimientos dietéticos de proteínas y aminoácidos

Según Guoyao -Wu (2016) los requerimientos de proteína, se establecen sobre la base de la sustitución de la utilización obligatoria y la pérdida de aminoácidos, en una individuo sano, reflejado en la cantidad de nitrógeno en la orina, las heces y la epidermis; según el principio de los estudios de equilibrio de nitrógeno, cuando no hay acumulación de nitrógeno en el cuerpo, el consumo de nitrógeno a partir de la dieta debe ser igual a la excreción de nitrógeno en varias formas, incluyendo urea, amoniaco, nitrito, nitrato, aminoácidos y otras sustancias nitrogenadas en la orina, y demás compuestos nitrogenados como óxido nítrico, y sustancias fecales nitrogenadas. Así mismo Ross (2014) considera que este equilibrio puede determinarse para todo el cuerpo o para un tejido específico y es el enfoque clásico para medir los requerimientos dietéticos para todas las edades; en estos estudios se deberá completar las recolecciones de orina y heces de 24 horas, estas pérdidas de nitrógeno en adultos sanos es notablemente constante, estimado en 36 y 10 mg por kilogramo de peso corporal por día respectivamente, las pérdidas de nitrógeno a través de otras rutas como la piel, el sudor, el cabello, las uñas y la respiración se han estimado en 8 mg considerándose un total de $54 \text{ mg} \pm 2$ desviación estándar por kilogramo de peso corporal por día en adultos sanos, mientras que en los niños el crecimiento resulta de la deposición de proteínas, es decir un balance positivo de nitrógeno, lo mismo en la formación de musculo esquelético en atletas, sostiene que los datos de los estudios de equilibrio de nitrógeno han formado la

base principal para las recomendaciones para adultos durante años. Además, debe considerarse, que en la población que está en crecimiento, el aporte calórico total de la dieta debe ser suficiente, para evitar la oxidación de proteínas para proveer energía (Olivares 1991 y Guoyao-Wu 2015).

2.3.2 Balance de nitrógeno

WHO (2002) considera que cuando la ingesta dietética de nitrógeno es cero, pero el resto de nutrientes y de energía consumida es adecuada, hay una pérdida obligatoria de nitrógeno, se baraja requisito de ingesta mínima de proteínas y aminoácidos a la ingesta adecuada que permite el equilibrio de nitrógeno, es el nivel más bajo de ingesta que se debe consumir para permitir este equilibrio a corto plazo. El equilibrio de nitrógeno que se pueda lograr a partir de la cantidad de nitrógeno dietético absorbido se define en términos de valor biológico, y este parámetro es discutido en términos de patrones de aminoácidos indispensables en relación con la demanda, lo que permite evaluar mezclas de proteínas dietéticas y extrapolarlas a una mezcla de proteínas adecuadas, sin embargo se debe destacar que el valor biológico está influenciado por las cantidades relativas de aminoácidos prescindibles e indispensables y de otros compuestos que contienen nitrógeno, por lo tanto, a un nivel dado de ingesta de nitrógeno con proteínas animales como el huevo, la leche, o la carne de res el balance de nitrógeno mejora cuando la proteína se reemplaza parcialmente por aminoácidos prescindibles.

Según McDonald *et al.* (2013) el requisito para aminoácidos indispensables no es un valor absoluto pero puede ser expresado sólo en relación con la ingesta total de nitrógeno, las implicancias de esto es que existe una necesidad metabólica absoluta de ambos tipos de aminoácidos y la tasa de formación de aminoácidos prescindibles en el organismo parece estar determinado por la ingesta total de nitrógeno, los estudios de equilibrio en animales de rápido crecimiento y niños pequeños muestran claras diferencias predecibles entre las fuentes de proteínas en términos de digestibilidad, valor biológico y la consiguiente utilización neta de proteínas con valores que varían desde la utilización casi perfecta NPU igual a 1 para proteínas de origen animal a valores más bajos para algunas dietas basadas en proteínas vegetales. Según López y Suárez (2013) el valor biológico depende, básicamente del contenido en aminoácidos esenciales, se puede estimar el valor nutritivo de la proteína a partir de la composición en aminoácidos esenciales y compararla con las necesidades en aminoácidos establecidos para cada individuo.

2.3.3 Determinación de requerimientos de aminoácidos y proteínas

La determinación de los requerimientos de proteínas en adultos sanos, se fundamenta en poder aportar y restituir la pérdida de aminoácidos tanto en cantidad como en calidad, es decir la capacidad para digerir y absorber la proteína y su contenido de aminoácidos esenciales. Debido a que la alteración en el crecimiento de las ratas se puede medir en varios días, el crecimiento de estas suele utilizarse como modelo para comparar las deficiencias en la calidad y composición de las proteína y aminoácidos de las dietas y que este enfoque no puede aplicarse con ética a seres humanos, se han aplicado otros enfoques para valorar dichos requerimientos que pueden estimarse sobre la base al análisis factorial, referida a la suma de nitrógeno fecal y urinario en respuesta a una dieta libre de proteínas (mantenimiento), cuando se somete a una persona a este tipo de dieta, la tasa de oxidación de aminoácidos y la producción de urea disminuirá en un periodo de varios días a medida que el cuerpo intenta conservar sus recursos, pero no cae a cero; siempre se producirá algo de oxidación obligatoria de aminoácidos, formación de urea y pérdidas diversas de nitrógeno. Este método evalúa todas las vías de pérdida posibles para seres humanos adultos en una dieta libre de nitrógeno. Guoyao -Wu (2016). Según Ross (2014), se asume que el requerimiento diario mínimo de proteína es aquella cantidad que iguala la suma de varias pérdidas obligatorias de nitrógeno. Estos resultados se tabularon en un informe de la FAO/OMS (1985).

Tabla 4: Necesidades e Ingesta recomendada de proteína en la dieta humana por grupos de edad por peso corporal

| Edad (años) | Peso (kg) | IDR kcal/k g peso | Necesidades Dietéticas de proteínas (g/kg de peso corporal/día) | | Ingesta recomendada de proteína de referencia de alta calidad (g/kg/día) Proteínas g/día | | |
|----------------|-----------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----|
| | | | (FAO / OMS / UNU (1985)) | (2002) | EAR Necesidad media estimada | RDA Ingesta diaria recomendada | |
| 0 - 0.5 | 6 | ND* | 1.75 | 1.31 | ND* | 1.52 | 9.1 |
| 0.5 - 1.0 | 9 | 80 | 1.57 | 1.14 | 1.10 | 1.50 | 11 |
| 1 - 3 | 13 | 82 | 1.18 | 1.02 | 0.88 | 1.10 | 13 |
| 4 - 8 | 20 | 62 | 1.05 | 0.92 | 0.76 | 0.95 | 19 |
| 9 - 13 | 36 | 49 | 0.99 | 0.90 | 0.76 | 0.95 | 34 |
| 14 -18 (niños) | 61 | 41 | 0.97 | 0.87 | 0.72 | 0.85 | 52 |
| 14 -18 (niñas) | 54 | 38 | 0.94 | 0.85 | 0.72 | 0.85 | 46 |
| >18 varones | 70 | 36 | 0.75 | 0.83 | 0.66 | 0.80 | 56 |
| >18 mujeres | 57 | 34 | 0.75 | 0.83 | 0.66 | 0.80 | 46 |

FUENTE: Ross (2014), Guoyau-Wu (2016)

EAR: Necesidad media estimada: la ingestión que satisface la necesidad estimadas de nutrimentos de la mitad de individuos de un grupo.

RDA: Ingesta diaria recomendada: la ingestión que satisface la necesidad de nutrimentos de casi todos (97,5%) los individuos de un grupo.

ND*: no determinado.

En base a diversas investigaciones, sobre el equilibrio de nitrógeno a corto plazo se estimó la ingesta dietética recomendada (RDA) de proteína para un adulto sano con actividad física mínima actualmente es de 0.8 g de proteína por kg de peso corporal por día, asumiendo una proteína de alta calidad (una mezcla de proteínas de origen animal o hidrobiológico y proteína vegetal) con un valor biológico del 75%, es decir la eficacia con que se utiliza la proteína verdaderamente digerible para el mantenimiento y deposición de proteínas en el organismo (Ross 2014).

2.4 NECESIDADES DE PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS

Las necesidades de proteínas fueron definidas por el Comité de Expertos de la FAO/OMS/ONU en 1985, como el nivel más bajo de ingesta de este nutriente para compensar las pérdidas de nitrógeno corporal en sujetos que se mantienen en balance energético igual a

cero, con una actividad física moderada.; en infantes y niños pequeños son mayores que las del adulto, en razón del crecimiento (Tabla 4). Así mismo, se observó que las estimaciones de las necesidades, han ido variando a través del tiempo, en 1989 el subcomité de US Food and nutrition Board Institue of Medicine, National Research Council actualizaron las ingestas diarias recomendadas (RDA) para proteínas y aminoácidos que estaban basadas en su mayoría en el informe de 1985 del Comité de la FAO /OMS/Universidad de las Naciones Unidas UNU (Ross 2014).

2.4.1 Proteínas de referencia

El primer patrón utilizado fue la proteína del huevo según Block y Mitchell (1946) citados por Shimada (2015) pero tenía observaciones debido que su composición no era constante, además sobreestimaba algunos aminoácidos, y como consecuencia la mayor parte de proteínas alimenticias aparecían como deficitarias cuando se las comparaba con este patrón en una proporción mayor que la detectada por métodos biológicos. Al respecto el Comité de Expertos de la FAO propuso distintos patrones a la luz de nuevas investigaciones en los años 1956, 1965, 1970, 1973 y las aún vigentes según requerimientos de proteínas publicados por FAO/OMS/UNU (1985), que se basaron en la cantidad de nitrógeno necesario para producir balance cero.

Conocido el valor biológico de una proteína es posible predecir dentro de ciertas limitaciones, su comportamiento en el organismo, para ello sólo es necesario contar con un adecuado patrón de comparación, además la recomendación considera calidad y digestibilidad de la proteína que se consume. En general se asume que se consumirá proteína de menor calidad y digestibilidad que la de la clara de huevo y se añade un factor de corrección, para seleccionar un patrón se debe considerar que el valor biológico no es constante, sino que depende de muchas variables como puede ser la especie, edad, y el estado fisiológico (Guoyao-Wu 2016).

2.4.2 Patrón de la leche materna

La composición en aminoácidos de la leche humana ha sido utilizada como referencia para definir patrones de puntuación de los alimentos infantiles, además se debe tener en cuenta que la demanda metabólica de aminoácidos en el recién nacido no se conoce con certeza,

por otra parte, el patrón de aminoácidos de la leche humana no es necesariamente el mismo que el patrón de los requerimientos, los valores reales no se conocen (FAO/WHO/UNU 2007).

Aunque se han señalado valores en estudios utilizando cerdos alimentados con biberón como modelo, en los que se han mostrado para la digestibilidad de los aminoácidos de la leche humana entre 81-100 % , sin embargo teniendo en cuenta que la ingesta de leche procedente de madres sanas y bien nutridas se considera adecuada para satisfacer los requerimientos proteicos de los primeros 6 meses de vida, se puede considerar que el contenido en aminoácidos de la leche materna corregidas por su digestibilidad ileal verdadera es recomendable como mejor estimación de los requerimientos en aminoácidos para este grupo de edad (FAO 2017).

2.4.3 Requerimiento de aminoácidos y patrón de puntuación

Según FAO (2017) la Consulta de 1989 reconoció que el patrón de puntuación de aminoácidos propuesto en 1985 (FAO/WHO/ONU1985) para los niños de edad preescolar era la más aconsejable para su utilización en la evaluación de la calidad de las proteínas de la dieta para todos los grupos de edad, excepto lactantes, así mismo este Informe señaló también que el perfil de aminoácidos de la leche humana madura debería ser la base del patrón de puntuación para valorar la calidad de las proteínas en los alimentos para lactantes menores de un año de edad, considerando que el crecimiento y el estado metabólico de los lactantes alimentados exclusivamente con leche materna fue fijado como estándar normativo tanto para el crecimiento como para las necesidades nutricionales entre 0-6 meses de edad.

Tabla 5: Patrones de Puntuación de aminoácidos recomendados para lactantes, niño, niños mayores, adolescente y adultos.

| Aminoácidos | Patrón de puntuación de aminoácidos recomendado (mg/g. requerimiento de proteína) | | | Estimaciones de Ingesta Recomendadas de aminoácidos de la dieta (mg/kg/día) niños de 4 a 13 años |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Lactantes (Recién nacidos hasta 6 meses) | Niños (6 meses hasta 3 años) | Niños mayores, adolescentes adultos | |
| Histidina | 21 | 20 | 16 | 16 |
| Isoleucina | 55 | 32 | 30 | 22 |
| Leucina | 96 | 66 | 61 | 48 |
| Lisina | 69 | 57 | 48 | 45 |
| Met + Cist. | 33 | 27 | 23 | 22 |
| Fenilalanina + Trosina | 94 | 52 | 41 | 41 |
| Treonina | 44 | 31 | 25 | 24 |
| Triptófano | 17 | 8.5 | 6.6 | 6,0 |
| Valina | 55 | 43 | 40 | 28 |

FUENTE: FAO (2017) valores tomados de FAO/WHO/UNU (2007)

En la Tabla 5 se muestran los patrones de puntuación de aminoácidos por grupo de edad observándose que para los más pequeños el valor de las recomendaciones es mayor.

En el caso de los niños en edad preescolar como escolar, este informe hacía consideraciones sobre las deficiencias y limitaciones de la información disponible, donde valores descritos para los niños en edad preescolar se adoptaron basándose en un patrón de puntuación en el contexto de una metodología que incluye la corrección de la puntuación de los aminoácidos por la digestibilidad de la proteína para todas las edades, aceptando como medida provisional hasta que se puedan definir valores más satisfactorios (FAO 2017).

2.4.4 Predicción de la calidad de la proteína

La eficiencia general de la utilización de la proteína y las ingestas recomendadas se pueden ajustar según la medida de su calidad para que pueda cumplir las demandas, se discute en términos de digestibilidad, una medida de la ingesta dietética que se pone a disposición del organismo después de la digestión y absorción y el valor biológico que es la medida de como el perfil de aminoácidos absorbidos coincide con lo requerido; mientras que la utilización neta de proteínas (NPU), refleja ambos indicadores, es útil en estudios de crecimiento cuando se utilizan concentraciones fijas de proteínas (Guoyao-Wu 2016).

El informe FAO/OMS/UNU (1985) aconseja el uso combinado de patrones de puntuación relacionados con la edad y medición de la digestibilidad para estimar el nivel seguro de ingesta de proteínas de una dieta en estudio, tal como se consume, o la ingesta efectiva en comparación con una proteína de referencia.

Posteriormente otra reunión de expertos sugiere que los patrones de puntuación sean calculados como requerimiento de aminoácidos relacionados con la edad, tomando como base la evaluación de la calidad de la proteína, además concluyen que los ensayos de crecimiento en rata para el estudio de eficiencia de proteínas no era satisfactorio, recomendando ensayos basados en composición de aminoácidos y digestibilidad proponen puntuación de aminoácidos corregidos por digestibilidad (protein digestibility corrected aminoacid score) conocido por las siglas PDCAAS o Score Químico corregido por la digestibilidad en mezclas e individualmente este método reemplazó al PER para calcular el porcentaje del valor diario de proteína requerida en adultos y niños mayores de un año de edad (WHO 2002).

2.4.5 Consideraciones sobre digestibilidad

La Consulta de Expertos Conjunta de la FAO/WHO (FAO 2017); revisó la evaluación de la calidad de las proteínas, y encontró similitudes en la capacidad de humanos y ratas para digerir los alimentos, pero concluyó que la digestibilidad verdadera de la proteína cruda es una aproximación razonable para la digestibilidad verdadera de la mayoría de los aminoácidos (determinada por el balance nitrogenado en la rata) en dietas basadas en fuentes animales de proteínas, cereales, semillas oleaginosas o mezcla de fuentes de proteína, por tanto, recomendó que las puntuaciones de aminoácidos sean corregidas por la digestibilidad

verdadera de la proteína. Además, reconoció que los valores de digestibilidad de aminoácidos obtenidos por métodos fecales son inexactos comparados con los obtenidos por análisis ileal, para la mayoría de los aminoácidos de muchos productos alimentarios, tendiendo a sobrestimar sus valores con respecto a este último.

Además, basados en los patrones de puntuación del informe de la FAO FAO/WHO/UNU (2007) propuso nuevos patrones de puntuación para cuatro grupos de edad incluyendo lactantes, niños en edad preescolar (1 -2 años), niños mayores y adolescentes (4 - 18 años) y adultos (>18 años), así mismo, al considerar el metabolismo, concluyó que los conceptos de digestibilidad ileal y digestibilidad fecal pueden estar sujetos a limitaciones sin embargo, en términos de factibilidad, sugirió que la calidad de las proteínas podía ser valorada a partir de los PDCAAS calculados a partir de la mejor estimación de la digestibilidad de la proteína y de la puntuación de aminoácidos, por comparación entre la composición en aminoácidos de la proteína digestible con el patrón de puntuación adecuado al grupo de edad (FAO 2017).

Shane *et al.* (2014) recomendaron que los resultados de aminoácidos deberían ser calculados como miligramos de aminoácido por gramo de nitrógeno o miligramos de aminoácido/gramo de proteína utilizando el factor de conversión nitrógeno-proteína de 6.25 (no se recomendó el uso de otros factores específicos de proteína de los alimentos).

a. Digestibilidad de proteínas

Se define como la proporción de proteína alimenticia que se absorbe, a partir de mediciones del contenido de nitrógeno del alimento y el nitrógeno fecal y digestibilidad verdadera toma en cuenta el nitrógeno endógeno (McDonald *et al.* 2013).

b. Utilización proteica neta (NPU)

Es la medida de la calidad de la proteína basada en el porcentaje de nitrógeno ingerido que es retenido en el organismo, es la medida precisa de la proteína aportada por un alimento que es realmente utilizada por el animal en función de su digestibilidad, contenido de aminoácidos esenciales y proporciones entre ellos (McDonald *et al.* 2013).

c. Valor biológico (VB)

Es dependiente de la composición de aminoácidos y de las proporciones, el producto del VB por la digestibilidad se denomina utilización proteica neta (NPU) (McDonald *et al.* 2013). Además, se halla condicionado por las diferentes velocidades de recambio de aminoácidos en los distintos tejidos que no es constante, varía en función a la especie, la edad y estado fisiológico del individuo (Guoyao-Wu 2016).

2.4.6 Puntuación de aminoácidos

El objetivo de Puntuación de aminoácidos es predecir la calidad de las proteínas en términos de su capacidad potencial para proporcionar el patrón adecuado de los aminoácidos indispensables de la dieta. La adopción de este método como método oficial a nivel internacional, está basado en la comparación de la concentración de primer aminoácido limitante de la proteína en estudio con la concentración del aminoácido esencial en la proteína de referencia (Gibson 2005).

La puntuación de aminoácidos corregido por la digestibilidad de la proteína, PDCAAS (protein digestibility corrected amino acid score), se obtiene del producto de la digestibilidad por el aminoácido esencial que está en menor proporción denominado score químico (SQ); se le considera una buena aproximación al valor biológico real cuando se utiliza el patrón de referencia adecuado; toma un valor de 100 cuando no hay déficit de ningún aminoácido, en el caso de que una proteína sea deficitaria en algún aminoácido esencial el valor de SQ es cero. en la práctica puede calcularse como el porcentaje de presencia del primer aminoácido limitante (mayor déficit). La capacidad real de la proteína para satisfacer las necesidades de aminoácidos requiere la corrección por su digestibilidad, la exactitud en el cálculo de la puntuación de aminoácidos puede aumentarse usando los datos apropiados de estos para cada aminoácido individual indispensable (FAO 2017).

Actualmente este método requiere establecer un patrón de referencia y la determinación de la composición en aminoácidos indispensables que puede realizarse por métodos químicos o microbiológicos con un analizador de aminoácidos, una vez conocido el contenido de cada aminoácido indispensable de la proteína en estudio, se establece su proporción con respecto

al contenido del mismo en dicha proteína, expresados ambos a igual contenido de nitrógeno (López y Suárez 2013).

Los aminoácidos frecuentemente limitantes en las proteínas alimenticias son: lisina, azufrados (metionina + cisteína), treonina, triptófano. En los cereales la lisina como primer aminoácido limitante (FAO 2017).

En la Tabla 6 se detalla los patrones de puntuación de aminoácidos recomendados (proteína de referencia) en el cálculo de la calidad de la proteína para la evaluación de la dieta considera: Lactantes (desde el nacimiento hasta los 6 meses) considera el patrón de la leche materna como se indica, para Niños pequeños (de 6 meses hasta los 3 años) y para niños mayores, adolescentes, el patrón para niños entre 3 y 10 años. Los estudios se realizaron sobre la base de proteínas de óptima digestibilidad y de alto valor biológico (computo aminoacídico 100%) por tanto, al aplicar las cifras recomendadas a las dietas cuya fuente proteica sea de calidad inferior el aporte deberá aumentarse en una proporción que pueda fluctuar entre 20 y 50%, se recomienda que alrededor del 40% del total de proteínas de la dieta deben ser aportados por aminoácidos esenciales.

Tabla 6: Patrones de Puntuación de aminoácidos para niños de corta edad, niños adolescentes y adultos (valores corregidos)

| Aminoácido/g de proteína cruda) | Leche Materna (mg/g proteína total) | Patrón de puntuación (mg/g requerimiento de proteína) | | | Requerimientos de aminoácidos (mg/kg/día) | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|------------|-------------------------------------------|------------|------------|
| | | Edad (años) | | | | | |
| | | 0.5 -3 a | 3- 10 años | >18 años | 0.5 -3a | 3- 10 años | >18 años |
| Histidina | 21 | 20 | 16 | 15 | 22 | 12 | 10 |
| Isoleucina | 55 | 32 | 30 | 30 | 36 | 22 | 20 |
| Leucina | 96 | 66 | 61 | 59 | 73 | 44 | 39 |
| Lisina | 69 | 57 | 48 | 45 | 63 | 35 | 30 |
| Met. + Cist. | 33 | 27 | 23 | 22 | 31 | 17 | 15 |
| Fenilalanina | 94 | 52 | 41 | 38 | 59 | 30 | 25 |
| +Tirosina | | | | | | | |
| Treonina | 44 | 31 | 25 | 23 | 35 | 18 | 15 |
| Triptófano | 17 | 8.5 | 6.6 | 6.0 | 9.5 | 4.8 | 4.0 |
| Valina | 55 | 43 | 40 | 39 | 48 | 29 | 26 |

FUENTE: FAO (2017)

2.5 ÍNDICE DE LA CALIDAD PROTEÍNAS

Según Guoyao Wu *et al.* (2014), un aspecto importante a considerar en la dieta, es la calidad de la proteína, inclusive algunas veces reviste más importancia que la cantidad, los alimentos de origen animal como la carne, productos lácteos, huevos, aves, pescado y otras especies hidrobiológicas contienen cantidades más altas y proporciones más equilibradas de aminoácidos en relación con los tejidos humanos que los alimentos de origen vegetal, como se observa en la Tabla 3, los alimentos de origen animal en promedio contienen 63-68% de proteína en base a materia seca, pero la mayoría de los alimentos básicos de origen vegetal (excepto las leguminosas) tienen un contenido de proteína <12% (materia seca) y son deficientes en la mayoría de los aminoácidos, incluyendo lisina, metionina, cisteína, triptófano, treonina y glicina, además, se debe tener en cuenta la diferencia en los valores de digestibilidad de ambas fuentes de proteínas. Frecuentemente las dietas están limitadas solo por lisina (la mayoría de proteína de cereales),

los aminoácidos azufrados: metionina +cisteína (proteína de leguminosas) el triptófano (algunos cereales como el maíz) o treonina (algunos cereales), al calcular los puntajes generalmente, sólo es necesario considerar un patrón basado sólo en estos aminoácidos, como lo recomienda (FAO/OMS 2013).

2.6 HISTORIA DE LA APARICIÓN DEL PAN Y DEFINICIÓN

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años (Bourgeois y Larpente 1995 citados por Mesas 2002). En sus inicios era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes, es muy posible que fuera con el pan ácimo simple, siendo el primer producto de panadería desarrollado en el antiguo oriente medio; en estos inicios no solo se usaba el trigo sino la cebada (Cauvain 2008). Parece que fue en Egipto 3000 años a de J.C, donde apareció el primer pan fermentado, cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mejor gusto (Bourgeois y Larpente 1995 citados por Mesas 2002).

Durante todas las etapas de elaboración de pan, ocurren cambios químicos, bioquímicos y transformaciones físicas, los cuales son afectados por los diferentes componentes de la harina, tal como las proteínas que tecnológicamente son importantes y que determinan la calidad del producto terminado Cauvain (2008); así mismo, De la Vega (2009) considera importante conocer este tipo de proteínas, así como sus propiedades funcionales, para determinar el uso que se les puede dar ya sea para la elaboración de pan o para la elaboración de otros productos a base de trigo como pastas, galletas, etc.

Al pan se le define como el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable fermentada por especies propias de la fermentación panaria como *Saccharomyces cerevisiae* el proceso de elaboración de pan se divide en tres etapas principalmente: mezclado, fermentado y horneado, es de consumo habitual en el día, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizadas propias para la elaboración de un pan especial.

2.6.1 Composición aminoacídica de harinas utilizadas en panificación

Los granos de cereales son fuente importante de macronutrientes como carbohidratos, proteínas, y lípidos además de micronutrientes como vitaminas del complejo B vitamina A y C y minerales (Roderuck y Fox 1987 mencionados por Briones 2011), sometidos a molienda característica para cada tipo, en general los alimentos proteicos derivados de los cereales no aportan la mejor calidad de proteína cuando se comparan con subproductos de oleaginosas o con proteínas de origen animal basados en el contenido de los tres aminoácidos más relevantes en la nutrición :lisina, metionina +cisteína, y triptófano (Othón 2013).

Una harina diferente a la harina de trigo se conoce como sucedáneo, y mezclada en proporciones adecuadas de cereales puede ser utilizada en procesos de panificación mejorando las características del producto, dado que un balance adecuado de elementos elásticos y viscosos es esencial en la masa porque al ser de naturaleza proteica, mejora sus propiedades funcionales y reológicas para elaborar un pan de buena calidad (Charley 2011), sin embargo, el aprovechamiento de la proteína de cereales están afectados principalmente por el factor digestibilidad además presentan a la lisina como el primer aminoácido limitante, seguido por la treonina y el triptófano en el maíz (Briones 2011).

a. Harina de trigo como principal componente del pan

Harina es el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio, si se trata de otros granos de cereales o leguminosas se tiene que indicarlo ejemplo harina de maíz, o harina de arveja etc., si en el proceso de molienda se incluye además del endospermo todos los componentes del grano se llama harina integral (Briones 2011). Existen dos tipos principales de harinas de trigo: la blanca y la integral en esta última se somete a molienda la totalidad del grano, mientras que para la obtención de harinas blancas dependerá del grado de extracción, la influencia de la harina de trigo en las características de un producto de panadería se expresa comúnmente en base a su composición. En la Tabla 7 se muestra que el contenido de proteína y fibra es relativamente más alto en harina integral., también debe tomarse en cuenta la calidad de la proteína considerando dentro de estas al grupo de las prolaminas (gliadinas) y las gluteínas (gluteninas) formadoras de gluten que son importantes en panificación (Cauvain 2008).

Tabla 7: Composición general de la harina de trigo (base fresca)

| Componente % | Harina de trigo (Integral) | Harina de trigo (Blanca) |
|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Humedad (g) | 13.5 | 13.5 |
| Proteínas (g) | 12.5 | 10.5 |
| Fibra cruda | 2.0 | 0.2 |
| Grasa | 2.0 | 1.3 |
| Almidón y Otros Carbohidratos | 70.0 | 74.5 |

FUENTE: Cauvain (2006)

Tabla 8: Composición de Aminoácidos de harina de trigo en (mg/g de proteína)

| Aminoácidos (mg/ g de proteína) | Comparación con la proteína de referencia IOM/FNB 2002 mg aa. /g de proteína (1) | Madrid (2) |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Histidina | 18 | 24 |
| Isoleucina | 25 | 41 |
| Leucina | 55 | 73 |
| Lisina | 51 | 31 |
| Met. + Cist. | 25 | 34 |
| Fenilalanina + Tirosina | 47 | 81 |
| Treonina | 27 | 33 |
| Triptófano | 7 | 12 |
| Valina | 32 | 50 |

FUENTE: (1) Base de Datos de Nutrientes USDA (2015) (2) Madrid (1994)

En la Tabla 8 se muestra, una característica nutricional común en los cereales, un bajo contenido de lisina, comparado con la proteína de referencia.

b. Harina de maíz amarillo

El maíz es uno de los principales cereales del mundo conjuntamente el arroz y el trigo, la proteína es el segundo componente más abundante fluctúa entre 6-12% (Briones 2011). En la Tabla 9 se puede apreciar el bajo aporte de aminoácidos azufrados, pero el valioso aporte de aminoácidos como treonina y triptófano.

Tabla 9: Composición de Aminoácidos mg/g de proteína en harina de maíz Amarillo

| Aminoácidos(mg/ g de proteína) | Comparación con proteína de referencia (1) | Maíz amarillo (2) | Maíz amarillo (3) | Maíz amarillo (4) |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Histidina | 18 | 30.5 | 26 | 30 |
| Isoleucina | 25 | 35.8 | 40 | 36 |
| Leucina | 55 | 122.6 | 125 | 59 |
| Lisina | 51 | 28.1 | 29 | 45 |
| Met +Cist. | 25 | 39.0 | 40 | 39 |
| Fenilalanina Tirosina | 47 | 89.8 | 86 | 90 |
| Treonina | 27 | 37.6 | 38 | 38 |
| Triptófano | 7 | 7.1 | 7 | 6 |
| Valina | 32 | 50.6 | 50 | 39 |

FUENTE:(1) IOM/FNB (Institute of Medicine, Food and Nutrition Board (2002), (2) USDA,(2015), (3) Arendt y Zannini (2013) y (4) Galindo (2018).

Tabla 10: Análisis Proximal harina de maíz amarillo (base fresca)

| | Maíz granos USDA (2015) | Harina de Maíz Aylas (2017) | Harina de Maíz FAO (2010) |
|---------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Humedad (g) | 10.4 | 6.9 | 11.9 |
| Proteínas (g) | 9.4 | 7.9 | 8.7 |
| Fibra cruda | 7.3 | 2,5 | 3.9 |
| Grasa | 4.7 | 2.1 | 2.6 |
| Ceniza | 1.2 | 1.3 | 1.7 |
| Carbohidrato | 67.5 | 79.3 | 71.2 |

FUENTE: Aylas (2017)

Según Tabla 10 se observa que contiene 9.4 gramos de proteína por cien gramos de alimento, presenta el aminoácido limitante: lisina calculado con datos del USDA y con referencia al patrón de aminoácidos de la FAO/OMS (2007) para niños mayores de once años.

c. Harina de arveja

La harina de arveja (*Pisum sativum* L.) contiene proteínas de buena calidad natural y el almidón resistente. Son apreciadas por su alto contenido de lisina además de alanina, cisteína y tirosina; la fibra dietética y escasamente utilizada en la elaboración de productos de consumo masivo (Lentil Council 2013 citado por Ramírez 2015).

En la Tabla 11 se observa el importante contenido de lisina y metionina + cisteína. Así mismo se puede observar que la harina de esta leguminosa puede aportar proteína comparativamente importante.

Así mismo, se observa en la Tabla 12 que la harina de arveja contiene 23.8 gramos de proteína por cien gramos de alimento, calculado con datos del USDA y con referencia al patrón de aminoácidos de la FAO/OMS (2007) para niños mayores de once años. La digestibilidad de la proteína de arveja es ligeramente inferior a la de harina de soja, pero similar a la del trigo (Bourdon y Pérez 1982; Creveieu-Gabriel 1999 citados por Ramírez 2015), además es valorada por su contenido nutricional y por sus propiedades funcionales que están siendo utilizadas en la industria de alimentos (Oelke *et al.* 1991 citados por Alisino 2009).

Tabla 11: Composición de Aminoácidos mg/g de proteína en harina de arveja.

| Aminoácidos(mg/ g de proteína) | Comparación con la proteína de referencia (1) | Arveja (2) | Arveja (3) | Arveja (4) | Arveja (5) |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|------------|------------|-------------|
| Histidina | 18 | 25.1 | 24 | 17 | 21.3 |
| Isoleucina | 25 | 42.6 | 4.5 | 47 | 36.5 |
| Leucina | 55 | 73.9 | 74 | 88 | 65.7 |
| Lisina | 51 | 74.4 | 81 | 74 | 61.7 |
| Met. + Cist. | 25 | 26.2 | 11 | 20 | 16.1 |
| Fenilalanina +Tirosina | 47 | 77.4 | 45 | 93 | 75.0 |
| Treonina | 27 | 36.3 | 38 | 35 | 24.8 |
| Triptófano | 7 | 11.5 | 8 | 8 | 8.06 |
| Valina | 32 | 48.7 | 50 | 52 | 38.4 |

FUENTE: (1) IOM/F45B (2002), (2) USDA (2015), (3) Alisino (2009), (4) Pownall *et al* (2010), (5) Cabezas (2016)

Tabla 12: Análisis Proximal de harina de Arveja (base fresca)

| Componente (%) | Arveja (1) | Harina de arveja (2) | Harina de Arveja (3) |
|----------------|------------|----------------------|----------------------|
| Humedad | 8.6 | 10.5 | 10.0 |
| Proteína | 23.8 | 19.0 | 23.0 |
| Grasa | 1.2 | 2.5 | 3.3 |
| Carbohidratos | 61.2 | ND | ND |
| Fibra total | 2.5 | 3.5 | 5.5 |
| Ceniza | 2.7 | 3.4 | ND |

FUENTE: (1) Base de Datos de Nutrientes USDA (US Departamento of Agriculture 2015)

(2) Igbasan (1997) y (3) Ramírez (2015) ND = no determinado.

d. Concentrado proteico de soya

Obtenida a partir de los granos de soya, oleaginosa originaria del norte y centro de China, su nombre botánico *Glycine may (L)*. pertenece a la familia de las Papilionáceas el concentrado proteico de Soya, el concentrado de soya se obtiene a partir de harina u hojuelas desgrasadas, a las que previamente han retirado los azucres y otros constituyentes menores (Campbell 1985, citado por De Luna Jiménez 2007), es una importante fuente de proteínas, contiene en promedio 36.5% con alto contenido de aminoácidos sulfurados metionina y cisteína principalmente.

Tabla 13: Composición de Aminoácidos mg/g de proteína en Concentrado de Soya

| Aminoácidos | Comparación con la proteína de referencia | CPP de Soya (1) | CPP de Soya (2) | CPP de Soya (3) |
|-------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
| | | (mg/ g de proteína) | | |
| Histidina | 18 | ND | 25.0 | 27 |
| Isoleucina | 25 | 47.0 | 46.0 | 48 |
| Leucina | 55 | 80.0 | 62.0 | 80 |
| Lisina | 51 | 65.0 | 77.0 | 64 |
| Met. + Cist. | 25 | 32 | 27.0 | 26 |
| Fenilalanina + Tirosina | 47 | 82.0 | 88.0 | 92 |
| Treonina | 27 | 43.0 | 39.0 | 38 |
| Triptófano | 7 | 14.0 | 13.0 | 14 |
| Valina | 32 | 52.0 | 48.0 | 48 |

FUENTE: IOM/FNB (2002) (1) Adaptado de The Growing Challenge (1977), (2) Ridner (2006), (3) PRO/FAM (1974) citado por Cabezas-Tapia (2016) ND = no determinado.

e. Fortificación de harina de trigo

En el Perú mediante Ley N° 28314 del cuatro de agosto del 2004, se dispuso la fortificación con micronutrientes de todas las harinas de trigo de producción nacional, importadas y/o donadas. cuyas especificaciones se muestran en el (Anexo1) “Toda harina de trigo destinada al consumo humano en el territorio nacional debe ser fortificada con los micronutrientes: hierro, niacina, ácido fólico, vitamina B1, vitamina B2 los cuales deben provenir de compuestos permitidos para uso alimentario” Diario Oficial El Peruano 2004 DS N° 008-2004-SA y su Reglamento aprobado por DS 012-2006-SA que en el artículo 6 establece que el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN) y del Instituto Nacional de Salud (INS) tienen la responsabilidad de asegurar el cumplimiento realizando inspecciones, muestreo y análisis periódico de la harina de trigo de procedencia nacional e importada o donada (MINSA 2014).

2.7 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL PAN FORTIFICADO

EL pan fortificado según requerimientos nutricionales de la FAO/WHO (1985), debe aportar 255 Kcal /70 g de los cuales el 10% de las calorías proviene de las proteínas y de ellas el 10% debe ser de origen animal, las cuales según la elaboración son aportadas por la leche y el huevo, justamente la proteína de origen animal que muchas veces está limitada por factores como el origen y costo de la materia prima así como estabilidad de las mismas (Anexo 2).

Es un producto obtenido por tratamiento térmico (horneado) de una masa debidamente desarrollada por un proceso de fermentación, tiene buena textura, suave a la masticación, de sabor y aroma aceptable por los niños. No se endurece en el período recomendado para su consumo. Es un buen portador de ingredientes funcionales, muchos estudios como el de Monteiro *et al.* (2018) han demostrado mejoras nutricionales después de la sustitución de harina de trigo por diferentes subproductos de la industria como harina de pescado. Sin embargo, pueden causar cambios sensoriales y rechazo por parte del consumidor. La normativa establece ausencia de salmonella y para mohos un límite máximo de cien unidades formadoras de colonia por gramo (Anexo 3), las etapas de elaboración del Pan Fortificado, se realiza de acuerdo a la normativa de DIGESA se describe en el (Anexo 4).

2.8. METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

La metodología de superficie de respuesta MSR es una estrategia experimental y de análisis que permite resolver el problema de encontrar las condiciones de operación óptimas de un proceso dando como resultado valores óptimos. Implica tres aspectos: diseño, modelo y técnica de optimización. El diseño y el modelo se piensan al mismo tiempo, y dependen del tipo de comportamiento que se espera en la respuesta. De manera específica, el modelo puede ser de primero o segundo orden (plano o con curvatura); por ello, el tipo de diseño utilizado y el método de optimización se clasifican, según sea el caso (Gutiérrez y De la Vara 2008).

Según Montgomery (2008) en la mayoría de los problemas de MSR, la forma como se relacionan las respuestas y las variables es desconocida, por eso el primer paso de la MSR es encontrar una aproximación adecuada a la relación funcional entre la respuesta y el conjunto de variables independientes, las respuestas se visualizan mejor mediante graficas de superficies y contornos. los diseños de experimentos con mezclas distribuyen adecuadamente las mezclas en la región experimental las cuales se representan con figuras geométricas, los componentes de la mezcla pueden variar entre 0 y 1 así para dos componentes, es un segmento de recta, para tres un triángulo, para cuatro un tetraedro, y para más de cuatro, un hipertetraedro.

Los dos tipos básicos de diseño son el simplex reticular y el simple con centroide, los primeros diseños tienen la ventaja de utilizar menor número de ensayo, pero la mayoría de puntos está en la frontera, y el tipo de superficie que se puede estimar en la respuesta es lineal, justamente este modelo se aplica cuando se tiene pocos componentes, los diseños simplex centroide incluyen mayor número de puntos en del interior y permite estimar superficies cuadráticas. después de recolectar las observaciones definidas en el plan experimental , es necesario ajustarlo a un modelo estadístico para investigar el efecto de los componentes sobre la respuesta , para ello se utilizan modelos canónicos de primer, segundo o tercer orden que son el resultado de la modificación del modelo de regresión lineal al incluir las restricción Los parámetros del modelo se estiman utilizando el método de mínimos cuadrados , y el modelo se elige en función de la cantidad de puntos experimentales, la prueba de falta de ajuste, y el resumen de estadísticos (Gutiérrez y De la Vara 2008).

2.8.1 Diseños de experimentos con mezcla

Álvarez *et al.* (2007) mencionan que el diseño de mezclas fue propuesto por Scheffé (1958, 1963) inicialmente en la industria química, en la industria de alimentos se aplicó desde la década de los 70s, el primer trabajo fue reportado por Henika y Palmer (1976) en mezclas de cereales, Huor *et al.* (1981) citados por Álvarez *et al.* (2007), en pruebas de valoración sensorial optimizaron la proporciones de melón, piña, naranja en un ponche de frutas, a la fecha la mayoría de revistas técnicas en alimentos reportan aplicaciones con diseños de mezclas, lo describe como un tipo de diseño de experimentos especiales, muy útiles cuando se desea encontrar la mezcla óptima de componentes, en este tipo de experimentos los factores que intervienen son las proporciones, no la cantidad de los componentes de la mezcla y las respuestas a optimizar son función de esas proporciones, con respecto al total, teniendo como propósito determinar cuáles de los ingredientes de las mezclas o interacciones entre ellas tienen mayor influencia sobre una o varias respuestas de interés, y luego modelar estas respuestas en función de las proporciones de los componentes de la mezcla, usando dichos modelos para determinar en que porcentajes deben participar cada uno de los componentes para lograr que la formulación tenga las características deseadas (Gutiérrez y De la Vara 2008).

Así también Kuehl (2001), indica que lo que caracteriza a este diseño, es que al mantener constante la cantidad total de la mezcla el valor de la variable respuesta cambia cuando se realizan cambios en las proporciones de los componentes, si la mezcla tiene muchos componentes y se conocen sus efectos, se pueden mantener constantes los menos importantes, una característica especial de los diseños de mezclas es que la cantidad total de la mezcla normalmente se fija en el diseño de experimentos y la cantidad de cada componente es proporcional a la cantidad total, además la proporción en el experimento no puede variar independientemente como en los diseños factoriales porque ellas están restringidas a que la suma sea constante, 1 o 100% . Las proporciones en la que participan los componentes de la mezcla se deben satisfacer dos restricciones donde cada componente no pueden ser manipulados independientemente unos de otros y deben tomar valores mayores de cero pero menores que 1, esta restricción nos indican que la suma de todos los componentes que integran la mezcla debe ser 100%.

2.8.2 Mezcla D-optimal

Como se ha mencionado, la metodología de superficie de respuesta tiene como función explorar la combinación de niveles de los factores que proporcionan una condición operativa óptima del proceso o producto. Sin embargo, cuando en el experimento de mezcla la respuesta depende del uso restringido de las proporciones de los ingredientes de la fórmula, los diseños factoriales y la metodología de superficie de respuesta no pueden adaptarse al problema la solución se logra mediante una variante de los métodos de superficie de respuesta llamada teoría del diseño óptimo (D-optimal); es un algoritmo de computación que utiliza como criterio para la selección de los puntos de diseño la minimización del determinante de la inversa de la matriz de información minimizando la varianza de los coeficientes de regresión estimados para el modelo seleccionado (Espinoza *et al.* 2006).

Asimismo se puede aplicar a regiones experimentales irregulares, ocasionadas por las restricciones en los niveles superior e inferior de las composiciones, además, es una alternativa económica frente a los diseños tradicionales, porque el número de ensayos requeridos es sustancialmente menor y los resultados obtenidos frecuentemente son buenas aproximaciones para alcanzar el óptimo (Espinoza *et al.* 2006); así mismo, con este diseño, se seleccionan los puntos que aportan el máximo de información de la región (Cornell 1990 citado por Ortega-Pérez 2015) quienes reportan que si se tiene en cuenta el modelo que se espera ajustar, se minimiza el error de predicción esperado para la variable dependiente, que equivale a maximizar la precisión de predicción. La optimización de un proceso permite minimizar costos y maximizar ganancias según Gutiérrez y De la Vara (2008).

Al considerar, que en una mezcla las proporciones de los componentes están restringidas por límites superiores e inferiores, se producen valores desiguales de errores estándar de los coeficientes estimados, por ello cuando se mide el efecto del componente, se usa una mezcla de referencia (Cornell 2002 citado por Espinoza *et al.* 2006).

El llamado gráfico de traza es una forma de evaluar la importancia de los distintos componentes de una mezcla. Esta gráfica inicia con una mezcla de referencia (usualmente con el centroide de la región experimental), y va mostrando la manera en que la respuesta (Y) se modifica conforme uno de los componentes aumenta o disminuye su participación de

la mezcla. Cuando uno de los componentes cambia, el resto se incrementa o disminuye en forma proporcional; de esta manera, la forma del gráfico de trazas muestra la importancia relativa de los componentes (Gutiérrez y De la Vara 2008).

Núñez de Villavicencio (2016) para determinar el nivel máximo de sustitución de harina de trigo por harina de frejol en la elaboración de panes, aplicó un diseño de mezcla de harina de trigo (entre 70 y 100%) y harina de frejol (entre 0 y 30%) mediante el Design expert 8. Estat Ease Inc (2010). Al procesar las variables de respuesta siguiendo el diseño de mezcla, encontró que el análisis de varianza de la regresión fue significativo ($p \leq 0.05$) con un nivel de significación de 0.05. Al respecto, Pacheco (2016) utilizó Diseño de Mezcla Axial para evaluar el efecto simultaneo de la mezcla de tres componentes: harina de quinua, almidón de papa y agua, con restricciones mínimas y máximas considerando como respuesta el volumen, la estructura y el contenido proteico, aplicó el software estadístico Design Expert 9.0 .

2.9 ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS

Esta disciplina se inicia en el siglo XX, paralelamente al crecimiento de la industria de alimentos, la evaluación sensorial es un método científico que se basa en un conjunto de mediciones precisas de las reacciones humanas como respuesta a la observación y sensación, que le produce el alimento tal como se perciben a través de los sentidos de la vista, audición, tacto, olfato y gusto (Stone y Sidel 1993; Instituto Tecnológico de Alimentos IFT 2007 citados por Sharif *et al.* 2017).

Según Lawless (2014) cuando se desarrolla un producto nuevo, los investigadores se plantean tres clases de preguntas: primero ¿el producto es del agrado de los consumidores? segundo el nuevo producto ¿ es diferente de algún estándar? y tercero si es así ¿cuál es su importante punto de diferencia? Estas tres preguntas generales plantean una clasificación de los métodos de prueba sensorial como prueba de aceptación, o prueba de discriminación (o diferencia) y análisis descriptivo respectivamente, se desarrollaron, estudiaron y aplicaron técnicas para cada uno de esos tres métodos, apropiados análisis estadísticos se convirtieron en parte de cada técnica, con pruebas estadísticas basadas en distribución binomial de datos escalares. La elección de la prueba adecuada también orienta a la elección del panelista

adecuado pues se relaciona con la discriminación, descripción o preferencia, utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar esas respuestas.

Al respecto, Carpenter (2002) considera que las técnicas de medición, aplicadas de una manera científica, permiten obtener resultados fiables sobre las respuestas que dan los sentidos, respecto a atributos que posee el alimento como sabor, color, textura, aroma y otras características propias de un alimento, mientras que Watts (1992) afirma que la evaluación de aceptabilidad de un producto, tiene que ver más con el juicio del consumidor, por tanto, ya no resulta apropiado reclutar y entrenar jueces especiales para esta prueba, lo que se desea es que un grupo de personas a la hora de responder sea representativo de la población objetivo. Las pruebas orientadas al consumidor, frecuentemente utilizan paneles internos de consumidores en la etapa inicial de los estudios de aceptabilidad de un producto, que puedan servir para las pruebas definitivas orientadas a los consumidores en el mercado, se registra el grado de satisfacción, el nivel de preferencia o la aceptabilidad de los productos. Según Anzaldúa-Morales (1994) en las pruebas orientadas a los productos se registra la intensidad de los atributos del producto.

2.9.1 Pruebas de Preferencia

Corresponde al grupo de las llamadas Pruebas Discriminativas, en este grupo de pruebas se encuentra la prueba de Ordenamiento, o Ranking, es un método para seleccionar una o dos de las mejores muestras de un grupo más o menos definido, se desea conocer si los panelistas prefieren una cierta muestra sobre otra, según Anzaldúa –Morales (1994) en esta prueba no se tiene ninguna indicación de las diferencias que hay entre las muestras, ya que son ordenadas en relación una con otra en función de una característica o de su aceptabilidad por el panel, el número de muestras mínimo es tres y se presenta a los panelistas en forma aleatoria (Sharif 2017); y el análisis estadístico requiere utilizar las conversiones de Yates, para tratar las respuestas cuantitativamente (Ureña 1999)

2.9.2 Pruebas de Aceptación

Se utilizan para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado, se considera un criterio personal subjetivo, si la muestra presentada es aceptable o rechazable para su consumo, se puede medir el nivel de agrado o desagrado, utiliza una escala hedónica (Pedreros 1989),son empleadas en la industria alimentaria para determinar el gusto o

disgusto del consumidor (Sharif 2017); a este grupo pertenecen las pruebas hedónicas, la palabra “hedónica” proviene del griego $\epsilon\delta\omicron\nu$ que significa placer, por lo tanto, las escalas hedónicas son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban emplea escalas de medición que pueden ser verbales o gráficas y la elección del tipo de escala depende de la edad de los jueces y del número de muestras a evaluar; en estas pruebas, el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, manifestando su gusto o disgusto (Anzaldúa-Morales 1994).

Así mismo, Pedrero (1989) afirma que los valores numéricos obtenidos pueden ser tratados como cualquiera otra dimensión física y por lo tanto pueden ser graficados, promediados, sometidos a análisis estadístico. En las escalas se pueden identificar todas las categorías o solamente algunas de ella como los extremos y/o punto medio de la escala, aunque el número puede variar, por lo general se utilizan de 5 a 9 categorías. En las escalas lineales se identifican los extremos y el punto medio, generalmente son utilizadas para cuantificar características, mientras que las escalas de intervalo permiten ordenar muestras de acuerdo a la magnitud de una sola característica del producto o de acuerdo a la aceptabilidad o preferencia, permiten indicar el grado de diferencia entre muestras, se emplean tanto en las pruebas orientadas al consumidor como en las orientadas al producto (Watts 1992).

La Escala de calificación permiten transformar las categorías asignadas a las muestras por los jueces como respuestas a la intensidad del estímulo percibido, a valores numéricos para su análisis estadístico respectivo; las categorías están definidas por números que representan a nombres o posiciones (normalizado), son las llamadas escalas nominales y de ordenamiento. Watts (1992) de igual manera denominadas por Anzaldúa –Morales (1994) como no estructuradas. Para medir la magnitud de aceptabilidad se utilizan escalas 1 de 9 puntos .Aunque a veces por las características de los panelistas, se puede utilizar escalas de menores puntos, como el trabajo realizado por Surco (2011) que evaluó el grado de aceptabilidad para seis tipos de muestras de harinas compuestas para panificación utilizó una escala de 7 puntos aplicado a 10 jueces. Al respecto, Curia *et al.* (2001) recomienda el uso de escalas numéricas o escalas no estructuradas. Las escalas ordinales utilizan números o palabras organizadas con respecto a algún atributo de un producto dado mediante términos “alto”, “bajo” “mas” “menos “etc.

El término “preferencia” se usa ampliamente como el equivalente genérico para describir tanto la aceptación como la preferencia. Aunque esto no sea tan exacto según (Lewles 2004). Aceptación se refiere al grado de gusto o de disgusto de un producto en particular; se infiere de las calificaciones o puntuaciones en una escala o alguna otra medida, refiriéndose a una elección hecha por los panelistas entre varios productos, basados en un conjunto de alternativas . Cuando solo son dos productos, es una Prueba simple de Comparación Pareada. Cuando es más de dos se puede utilizar la prueba de Ranking u Ordenamiento (Lewles 2004).

El ranking es una de las escalas ordinales más comúnmente usadas. El procedimiento más directo es tener a los encuestados ordenando un conjunto de productos de manera que cada producto exitoso tenga más (o menos) de un atributo. Las pruebas de ordenamiento o ranking corresponde a un uso especial de la pruebas preferencia (Stone y Sidel,2004, citados por Pacheco 2016). Mientras que las pruebas orientadas al producto emplean pequeños paneles entrenados que funcionan como instrumentos de medición, se utilizan para identificar diferencias entre los productos alimenticios similares o para medir la intensidad de las características, por lo general constan de 5 a 15 panelistas seleccionados por su agudeza sensorial (Watts 1992).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El proceso de panificación se llevó a cabo en el Laboratorio de Panificación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) Las pruebas biológicas se realizaron en el laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, Facultad de Zootecnia UNALM.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron el Laboratorio de la Escuela de Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de san Marcos (UNMSM). La evaluación sensorial se realizó en el Laboratorio de Dietética y Nutrición de la Escuela Nutrición. UNMSM.

3.1.1 Panelistas participantes

La prueba sensorial contó con la participación de estudiantes del tercer año de la Escuela de Nutrición, jóvenes de ambos sexos de 21 a 27 años de edad, a quienes previamente se les solicitó su participación mediante consentimiento informado.

Se consideró una limitación a la presente investigación el hecho de que las pruebas sensoriales no fueran aplicados a escolares de 4 a 13 años, de edad puesto que ellos constituyen la población objetivo, debido a la accesibilidad a ellos está supeditado a trámites de coordinación con el Centro educativo, pero sobre todo que estaba supeditado a reuniones de coordinación con los padres de familia para que puedan otorgar su asentimiento.

Sin embargo, el contar con la participación de estudiantes universitarios del tercer año de Formación en Nutrición, y que, al momento de aplicar la prueba, ellos habían recibido cierto entrenamiento profesional, permitió aplicar diferentes pruebas sensoriales discriminativas

3.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1 Insumos de panadería

Harina de pota, donada por la empresa Matrell Foods, los demás insumos como: harina de trigo, de 82% de extracción de marca Santa Rosa. harina de arveja, harina de Maíz, leche entera fluida, así como leche entera en Polvo Concentrado de soya 60%, Azúcar rubia, Aceite vegetal, Primor ® Levadura seca instantánea, Fleischmann ®, Sal yodada, Emsal ®, Mejorador exento de bromato; fueron adquiridos en el mercado de abastos de la ciudad.

3.2.2 Insumos para las pruebas biológicas

Pan elaborado con sustitución de harina de Pota (molido), mezcla de minerales, grasa vegetal (manteca), mezcla de vitaminas, azúcar impalpable, coronta molida.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1 Para las pruebas químicas, físico químicas sensoriales y biológicas

Balanza Analítica (Ohaus adventurer TM) capacidad 1 kg. Precisión ± 0.1 mg. Balanza de precisión triple barra marca Ohaus. Capacidad 2 kg ± 1 g. Estufa para determinar humedad,, marca Memmert Precisión 0°C - 250C 2, Digestor de Kjeldahl,(sistema completo de destilación) equipo soxhlet para determinar grasa, para determinar volumen del pan, Material de vidrio en general: termómetro. probetas graduadas de 1000 mL, vasos graduados, pipetas graduadas jaulas metabólicas de acero inoxidable, mufla de calcinación para determinación de cenizas, mesas para evaluación sensorial, materiales descartables para presentación de muestras. Reactivos químicos para análisis, análisis químico proximal, medios de cultivo para pruebas microbiológicas.

3.3.2 Para elaboración del pan

Horno Max 500 con cámara fermentadora balanza técnica amasadora sobadora de 2 velocidades de 25 kilos, máquina divisora de masa, cámara de fermentación, mesa de sobado, coche porta bandejas, bandejas de aluminio.

3.3.3 Para el diseño de mezclas

Software Design Expert Versión 10 DOE (Software para el diseño de experimentos) Stat. Ease. Inc. además se utilizó el paquete estadístico Stat graphics Centurión XV

3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La presente Investigación consta de tres fases representadas en la Figura 3.

3.4.1 Evaluación de la harina de pota

La harina de pota se recibió empacada en bolsas de polietileno conteniendo 2 kg. de esta harina, la evaluación se realizó a partir de la composición química proximal; además se realizó el análisis microbiológico.

3.4.2 Ensayos de panificación

Se elaboró los panes sin sustitución, para validar la metodología aplicada en su procesamiento, considerando todos los insumos establecidos según normativa del ministerio de salud, que ofrecía en el Programa de Desayunos Escolares (PDE) la cual contaba con dos formulaciones establecidas: Formulación F-45 y Formulación F-47 llamadas así en la presente investigación porque la primera tiene 45% y la segunda tiene 47% de harina de trigo respectivamente.

3.4.3 Sustituciones preliminares de harina de Pota

En base a las formulaciones originales para los panes ofrecidos en el PDE, se planteó la sustitución de proteína proveniente de harina de pota de origen nacional por proteínas provenientes de leche, huevo fresco de origen nacional o importado, en la primera formulación (Formulación F-45) y leche entera fresca y albumina en la segunda formulación (Formulación F-47). Siguiendo el procesamiento (Anexo 4) y las especificaciones (Anexo 5) se mantuvo el resto de la formulación inalterada, (Anexo 6), el rango en que se utilizó cada componente estuvo de acuerdo con los porcentajes dados según esta formulación; en ambas variantes se consideró porcentajes de harina de pota 10, 12, 15 y 20% respectivamente y luego se determinó la preferencia del consumidor.

3.4.4 Primera prueba sensorial de ordenamiento o ranking

Los panes elaborados con las diferentes sustituciones de 10 a 20% de HP fueron sometidos a la prueba sensorial de Ordenamiento, para elegir las formulaciones de mayor preferencia, según formato (Anexo 7-1), se les pidió a 20 panelistas estudiantes universitarios de ambos sexos, de la Escuela de Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos que ordenaran de menor a mayor preferencia, cada panelista recibió cuatro muestras de pan codificadas, correspondiente a cada formulación se tabuló las respuestas (Anexo 8). Los resultados después de convertirlos en datos cuantitativos mediante la transformación de Yates se realizó las pruebas estadísticas de Análisis de varianza y Prueba de Tukey para encontrar diferencias entre las muestras.

3.4.5 Análisis estadístico del Diseño

Dado que ambas variantes de Formulación del pan ofrecido en PDE utilizan además de los insumos mencionados, harina de maíz, ambas difieren en que F-45 utiliza adicionalmente harina de arveja 3% y F-47 utiliza concentrado proteico de soya 2.4% el resto de insumos es idéntica; sólo se consideró tres componentes harina de Pota, harina de Trigo y el tercer componente está conformado por concentrado de Soya/ harina de arveja que es la variante entre una y otra fórmula haciendo un total aproximado de 60%, como se muestra en la Tabla 14 se les consideró componentes principales debido al aporte de proteínas; el resto de componentes permanece igual y no se considera que aporten este macronutriente.

Después de recolectar las observaciones definidas en el diseño se ajustó a un modelo estadístico para investigar el efecto de los componentes sobre la respuesta. Para ello se utilizó el modelo canónico de primer orden, obtenido de la modificación del modelo de regresión lineal, al incluir la restricción. En el análisis de varianza se considera $p < 0.001$. Los parámetros del modelo se estiman utilizando el método de los mínimos cuadrados, para la selección del modelo se tiene el criterio de los coeficiente de determinación el valor de R^2 y R^2 ajustado; para el análisis de regresión obteniéndose el modelo se elige en función de la cantidad de puntos experimentales, la prueba de falta de ajuste y el resumen de estadísticos.

La representación matemática de los modelos de MSR puede ser de diversas maneras

Modelo lineal de primer orden Sin interacciones o productos cruzados

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \dots + \varepsilon$$

Modelo lineal de primer orden Con interacciones o productos cruzados

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{j=2}^k \sum_{i=1}^{j-1} \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon$$

Donde:

y : es la respuesta obtenida ó

Variable Dependiente: Respuesta de sabor y aceptabilidad son los criterios de optimización.

x_i : niveles (porcentaje de los componentes) ó

Variable Independiente: % de harina de Pota, % de harina de trigo, y % de harina de arveja/conc. de soya.

β_i : coeficiente se pueden de notar por letra A, B, C., X etc.

ε : representa ruido o error observado en la respuesta.

Como los componentes de la mezcla están sujetos a restricciones adicionales como un máximo y un mínimo valor para cada componente, se utilizó un diseño de mezcla particular llamado D-optimal, donde se minimiza el volumen de la región de confianza conjunta para el vector de los coeficientes de regresión.

La restricción se puede representar de la siguiente manera:

$$0 \leq a_i \leq x_i \leq b_i \leq 1$$

donde a_i es la restricción inferior para el componente x_i de la mezcla y b_i es la restricción superior.

Para determinar el nivel de sustitución de harina de pota se utilizó el diseño de mezcla D-óptimo, con harina de trigo entre harina de Pota, harina de trigo y harina de arveja/conc. de soya, utilizando el software Diseño expert (Design Expert) versión 10 con un nivel de significación α de 0.05, los resultados se procesaron según MSR y se obtuvo un modelo matemático para la variable respuesta sabor y otro para la variable aceptabilidad, luego se procedió a la optimización numérica de los resultados y se seleccionó la más conveniente.

Tabla 14: Restricciones de los tres componentes principales en la Formulación del Pan con sustitución de HP

| Diseño Restringido | | | | |
|---------------------------|--------|-----------------------|--------|--------|
| Codificación de la Mezcla | Actual | | | |
| Bajo | \leq | Componente | \leq | Alto |
| 7.000 | \leq | HARINA DE POTA (A) | \leq | 13.000 |
| 45.000 | \leq | HARINA DE TRIGO (B) | \leq | 47.000 |
| 2.000 | \leq | CONC.SOYA/ ARVEJA (C) | \leq | 6.000 |
| | | A+B+C | = | 60.000 |

Considerando sólo los ingredientes que aportan proteínas y conforman el 60% de la masa total, estos datos fueron ingresados considerándose como factores y de acuerdo al Diseño Óptimo elegido en el programa se obtuvo un total de 16 formulaciones 6 puntos experimentales, 5 puntos repetidos y 5 puntos para la evaluación de la suficiencia de ajuste del modelo matemático, estos puntos estaban dentro de la región de operacionalización experimental delimitada por las restricciones. Las formulaciones obtenidas se muestran en la Tabla 15,

Se procesaron los panes, según las formulaciones mostradas en tabla 15 y seguidamente se procedió a aplicar una prueba sensorial hedónica de 9 puntos a 20 panelistas semientrenados, quienes recibieron las muestras codificadas y mediante el formato (Anexo 7-b), utilizando una escala numérica de puntuación 1= mínimo (poco agradable) 5 = medio (agradable) 9 = máximo (extremadamente agradable) emiten su respuesta respecto al sabor

y aceptabilidad, se determinó para cada muestra el nivel de preferencia en los atributos sabor y la aceptabilidad.

Tabla 15: Porcentaje de los ingredientes principales en las 16 formulaciones obtenidas

| Formulación | Harina de pota | harina de trigo | Concentrado proteico soya/ harina arveja | Total |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|
| F- 1 | 10.46 | 45.00 | 4.54 | 60.00 |
| F- 2 | 9.17 | 47.00 | 3.83 | 60.00 |
| F- 3 | 9.25 | 45.89 | 4.87 | 60.01 |
| F- 4 | 8.52 | 45.48 | 6.00 | 60.00 |
| F- 5 | 11.92 | 45.90 | 2.18 | 60.00 |
| F- 6 | 11.00 | 47.00 | 2.00 | 60.00 |
| F- 7 | 8.06 | 47.00 | 4.94 | 60.00 |
| F- 8 | 7.00 | 47.00 | 6.00 | 60.00 |
| F- 9 | 10.21 | 46.08 | 3.70 | 59.99 |
| F- 10 | 13.00 | 45.00 | 2.00 | 60.00 |
| F- 11 | 8.52 | 45.48 | 6.00 | 60.00 |
| F- 12 | 11.53 | 45.00 | 3.47 | 60.00 |
| F- 13 | 10.21 | 46.08 | 3.70 | 59.99 |
| F- 14 | 7.00 | 47.00 | 6.00 | 60.00 |
| F- 15 | 10.21 | 46.08 | 3.70 | 59.99 |
| F- 16 | 11.92 | 45.90 | 2.18 | 60.00 |

Con los resultados obtenidos en esta prueba sensorial se ingresó nuevamente al software Diseño Experto basado en el Diseño Optimo personalizado, para encontrar la mezcla formulación óptima que es de gran utilidad cuando se tiene modelos con varias restricciones, los resultados se procesaron según metodología de superficie de respuesta, el cual permitió obtener un modelo matemático para cada variable de respuesta: sabor y aceptabilidad significativo. Una vez obtenido el modelado de respuesta, se pudo predecir en cualquier formulación posible dentro de la región experimental utilizada para ajustar el modelo encontrando así la composición de la mezcla que corresponda al perfil de una mezcla óptima, también se cuantificó la influencia que tienen los otros componentes sobre la respuesta sabor y aceptabilidad tanto en forma individual como en su acción conjunta con otros componentes ,en cuyo caso en función de su signo se determinó si existía sinergismo o antagonismo entre los componentes.

Luego se procedió a la optimización numérica de los resultados y se seleccionó la variante más adecuada según parámetros sensoriales de mayor preferencia y calidad proteica recomendada para escolares de 4 a 13 años de edad, para cada tratamiento el diseño evaluó el efecto del componente harina de papa sobre los atributos sabor y aceptabilidad; como resultados se obtuvo formulaciones óptimas sugeridas por este programa estadístico.

3.4.6 Evaluación sensorial de sustituciones sugeridas de harina de papa

Con las formulaciones sugeridas por el software Diseño Experto versión 10, se realizó una segunda prueba de preferencia o ranking, para ello se seleccionaron cuatro de estas formulaciones, cada una correspondiente a la formulación que se indica en la Tabla 23, el resto de ingredientes no se modificó, la prueba se aplicó a 40 panelistas semientrenados, utilizando el mismo formato de la primera prueba sensorial de Ordenamiento o Ranking detallado en (Anexo 7-1)

3.4.7 Evaluación de calidad proteica de sustituciones sugeridas

La calidad proteica se evaluó en las cuatro formulaciones sugeridas, a partir del cómputo químico y del PDCAAS (protein digestibility corrected amino acid score), que viene a ser el Score Químico corregido por la digestibilidad de la proteína, para ello se consideró cada una de estas formulaciones, tomando en cuenta los patrones de puntuación de aminoácidos recomendados según los requerimientos para lactantes (desde el nacimiento hasta los 6 meses), el patrón de la leche materna como se indica en la (Tabla 5) Niños pequeños (de 6 meses hasta los 3 años) el patrón para niños lactantes mayores de 6 meses. Niños mayores, adolescentes y adultos, el patrón para niños entre 3 y 10 años, además se consultó las Tablas de composición química de alimentos peruanos.

El cómputo químico o score se calculó dividiendo los mg de aminoácidos en la proteína en estudio por los mg de aminoácidos de la proteína multiplicado por 100 según requerimientos nutricionales.

$$\text{score} = \frac{\text{mg de aminoácidos por gramoproteína de estudio}}{\text{mg de aminoácidos por gramo de proteína patrón}} \times 100$$

Conocida la digestibilidad se determinó el valor de PCAAS para cada formulación:

$$\text{PDCAAS} = \frac{\text{Score x digestibilidad proteica}}{100}$$

3.4.8 Elección de la sustitución óptima

A partir de los resultados obtenidos en la segunda prueba sensorial de ordenamiento o ranking aplicada a las cuatro formulaciones de sustitución de HP sugeridas, que permitió conocer la formulación de mayor preferencia además tomando en cuenta la evaluación de la calidad de la proteína de cada formulación, permitieron elegir la formulación óptima.

3.5 CÁLCULO DE LA CALIDAD PROTEICA DE LOS PANES CON SUSTITUCIÓN ÓPTIMA DE HARINA DE POTA

Para el cálculo de la calidad proteica de los panes enriquecidos se consideró la misma metodología aplicada para las formulaciones sugeridas.

3.5.1 Cómputo químico y corrección por digestibilidad de proteína (PDCAAS)

La calidad proteica se realizó a partir del cómputo químico y del cálculo de PDCAAS para cada pan, correspondiente a la formulación óptima Pan “A” llamada formulación F-45, y Pan “B” formulación F-47, ambas con el mismo porcentaje de sustitución de harina de pota (HP) seleccionada. Con los datos de digestibilidad verdadera se determinó el valor del score de aminoácido corregido por digestibilidad PDCAAS para cada una de las formulaciones, se analizó el contenido de aminoácidos indispensables.

3.6. ENSAYOS DEFINITIVOS

Con la formulación óptima elegida se procesó el pan considerando el porcentaje de sustitución de harina de pota, y el resto de los componentes no sufrió modificaciones.

3.6.1 Elaboración del pan con sustitución óptima de harina de pota

El procesamiento se realizó según diseño de flujo mostrado en la Figura 13, con la fórmula óptima se sustituyó el porcentaje de harina de pota seleccionado y este se consideró en cada variante de formulación del pan ofrecido en el PDE: F-45 y F-47, como se observa en el Anexo 5 en ambas formulaciones ya no se consideró los insumos leche, huevos y albúmina.

3.6.2 Caracterización y evaluación de los panes

Según Cauvain (2008) la evaluación de la calidad de un producto de panadería empieza teniendo en cuenta los rasgos externos del alimento y avanza hacia los internos, las principales características según son: tamaño o volumen, forma, tipo de corteza, color, estructura alveolar de la miga, textura, sabor, aroma, de acuerdo al objetivo se elegirá el método de evaluación.

En esta etapa se evaluaron los panes enriquecidos considerando formulaciones óptimas para el Pan “A” la formulación F-45, y Pan “B” la formulación F-47, ambas con el mismo porcentaje de sustitución de harina de pota (HP) comparándolos con el pan sin sustitución, tomando en cuenta los siguientes factores:

3.6.3 Peso

Los panes. después de 2 horas de enfriamiento, fueron pesados en una balanza por pesada directa. también se registró la pérdida de agua desde masa cruda hasta masa horneada.

3.6.4 Volumen Específico

El volumen específico del pan fue determinado de acuerdo al procedimiento AACC 10.05, después de dos horas de horneado, en una probeta graduada, utilizando semilla de linaza se midió el volumen desplazado del pan. La medida del volumen en la muestra de pan, proporciona valiosa información sobre la calidad, se relaciona con la retención de gas de la masa, y la expansión del batido, su determinación se basa en el principio de Arquímedes modificado, donde en lugar de líquido se utilizan semillas, una vez conocido el volumen, se busca conocer la densidad que es la relación de la masa por unidad de volumen, aunque se

prefiere conocer el volumen específico que viene a ser la inversa de la densidad para caracterizar a los productos de panadería (Couvain 2008).

3.6.5 Análisis Proximal

La determinación de humedad, y de proteínas fueron determinadas mediante los métodos AOAC 950.46 y 928.08 respectivamente (AOAC 2002).

3.6.6 Contenido Proteico

Se determinó la proteína cruda a partir de la determinación de nitrógeno por el método de Kjeldhal según AOAC-928.08 (AOAC 2002), para expresarlo como proteína se utilizó el factor 6.25

3.6.7 Evaluación sensorial de los panes con sustitución óptima de harina de Pota

Después de elaborado el pan con la formulación óptima de sustitución de HP, elegida esta se aplicó a las dos variantes de formulación que ofrece el PDE, para medir el nivel de aceptabilidad se aplicó la prueba sensorial hedónica para medir el grado de satisfacción por parte de los consumidores y nos permite determinar si hay diferencias de la aceptabilidad entre los panes elaborados con sustitución de HP se aplicó esta prueba a 23 panelistas semientrenados, estudiantes del tercer año de la Escuela de Nutrición de la UNMSM. La prueba constó de 3 muestras codificadas según muestra A: formulación F-45, muestra B: formulación F-47, ambas sustituidas con HP y muestra C: la muestra de pan original, sin sustitución, además se les proporcionó el formato correspondiente (Anexo 7-2), se evaluaron los atributos aroma, olor, sabor y textura con una escala estructurada desde “me gusta mucho” hasta me disgusta mucho.

3.6.8 Validación del análisis sensorial

Este ensayo permitió evaluar la correlación entre las respuestas obtenidas para el atributo sabor y aceptabilidad. Para ello se eligió aleatoriamente 15 estudiantes que fueron panelistas en las diferentes pruebas sensoriales los cuales evaluaron las mismas muestras de pan, recibieron las instrucciones mediante el formato (Anexo 7-3) las muestras fueron codificadas

según formulación de pan correspondiente a un determinado porcentaje de sustitución de harina de pota, se evaluaron usando una escala estructurada de nueve puntos (1 = no me gustó extremadamente, 5 = no me gustó ni me gustó, 9 = me gustó extremadamente) en función del sabor y la aceptabilidad general.

3.6.9 Análisis estadístico de pruebas sensoriales

Modelo estadístico: $Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$

Donde:: U = Efecto de la medida poblacional

T_i = Efecto i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental.

En la evaluación sensorial de los panes con y sustitución se realizaron el análisis de varianza (ANVA) de los valores medios para los atributos sabor y la aceptabilidad sensorial de las muestras de pan calificadas con la escala estructurada de nueve puntos se compararon mediante el análisis de varianza, con un nivel de significancia del 5%, bajo un diseño completamente al azar (DCA) aplica el modelo aditivo lineal

Para establecer si había diferencias significativas entre tratamiento se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa, de Tukey, además para comparar la variación de respuestas se utilizó la prueba de Kruskal –Wallis. (diferencia significativa establecida en $p \leq 0.05$).

Para la validación de respuestas obtenidas en el análisis sensorial, se utilizó el tratamiento estadístico de Correlación entre respuestas para el atributo sabor y aceptabilidad, determinado los coeficientes de correlación y coeficientes de determinación.

3.7 PRUEBAS BIOLÓGICAS

Se elaboró el pan en sus dos variantes: la muestra A estuvo conformada por F-45 y la muestra B conformada por F-47, ambas contenían el porcentaje óptimo de sustitución de HP, las pruebas biológicas se realizaron en el bioterio del laboratorio de evaluación nutricional de alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para ello se preparó 6 kg de pan con cada formulación, la cual fue sometida a molienda. Para realizar estas pruebas se utilizaron en total 24 ratas machos Holtzman de 23 a 25 días de nacido, con un peso inicial promedio de 80 ± 2 gramos, los cuales se distribuyeron 8 para cada tratamiento y 8 para la

dieta apteica, cada una en jaulas metabólicas de acero inoxidable, cada jaula estaba provista de bebederos y comederos de 15 gramos de capacidad, con diseño adecuado a fin de evitar que se mezcle las heces con la orina y colectarlas separadamente. donde se colocaron el agua y la dieta respectivamente, las que fueron consumidas” ad libitum”, así mismo se tomó en cuenta las condiciones ambientales de temperatura de 23°C y humedad relativa de 50 -65%. Las muestras administradas a las ratas se adaptaron para hacerlas isoprotéicas (10% de proteínas) e isocalóricas ±400 kcal).

Se llevó un registro diario del peso en gramos del alimento proporcionado y del alimento no consumido, por diferencia se tenía el registro diario de los gramos de alimento consumido. Así mismo se llevó un registro diario del volumen de orina excretado las cuales se guardaban en frasco de vidrio en refrigeración hasta completar el término de las pruebas, igualmente, también se realizó el registro diario de las heces excretadas las cuales fueron pesadas, secadas y homogenizadas. Se realizaron las siguientes pruebas biológicas.

3.7.1 Utilización Proteica Neta (NPU)

Constituye la proporción de nitrógeno ingerido que es retenido por el organismo. Las dietas utilizadas han sido descritas en el párrafo anterior las mismas que se utilizaron para las otras pruebas biológicas, la prueba duró 10 días incluido el periodo de adaptación, se registró el peso y el consumo de alimento por día (conocido el contenido de proteína de la dieta, se determinó la proteína consumida) de cada animal, también se registró la excreción diaria de heces y orina, en estas se determinó el nitrógeno y proteínas presente. La diferencia entre la cantidad de proteína consumida y la excretada en las heces, correspondió a la proteína retenida, llamada Densidad aparente y aplicar la siguiente expresión:

$$NPU = \frac{B - BK + IKN}{I} \times 100$$

Donde : B= nitrógeno en carcas de animales con proteína de dieta experimental

B y Bk = nitrógeno total de la carcasa del grupo alimentado con la dieta proteica y apteica respectivamente.

I e IK =nitrógeno ingerido por el grupo alimentado con la dieta proteica y apteica respectivamente.

3.7.2 Valor Biológico

Para determinar el valor biológico de la ración correspondiente a cada muestra de pan enriquecido, la prueba duro 6 días, se utilizó los mismos registros realizados en la determinación de la prueba NPU además se incluyó el registro urinario para determinar el volumen y cuantificar el nitrógeno, aplicando la siguiente expresión:

$$VB = \frac{N \text{ ingerido (g)} - (N \text{ fecal (g)} + N_{\text{urinario}}(\text{g}))}{N \text{ ingerido}(\text{g}) - N_{\text{fecal}}(\text{g})} \times 100$$

3.7.3 Digestibilidad aparente (D ap)

Para esta prueba se consideró los datos registrados para la determinación del VB correspondiente a 6 días, la fórmula aplicando la siguiente expresión:

$$Da = \frac{N \text{ ingerido (g)} - N \text{ fecal (g)}}{N \text{ ingerido}(\text{g})} \times 100$$

3.7.4 Digestibilidad verdadera (DV)

Para calcular Dv se consideró las pérdidas metabólicas en las heces, corrigiendo el N fecal total por la pérdida fecal endógena que proviene de la flora bacteriana y las secreciones digestivas. Con los datos registrados se pudo determinar, aplicando la siguiente expresión:

$$Dv = \frac{N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} - N \text{ fecal dieta aprotéica})}{N \text{ ingerido}} \times 100$$

El Desarrollo experimental seguida en la presente investigación se puede expresar en la (Figura 2).

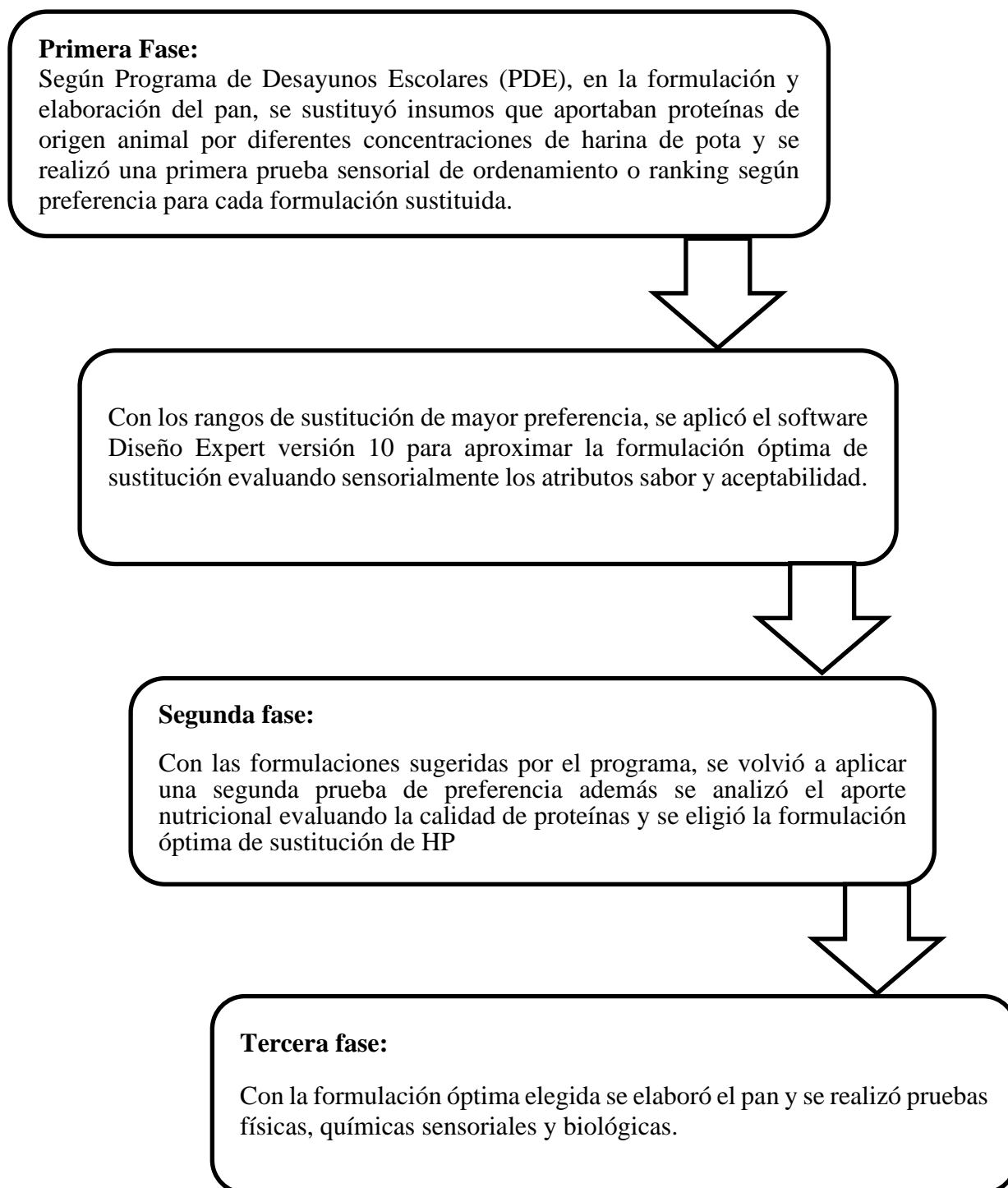


Figura 2: Flujograma del Desarrollo Experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN DE LA HARINA DE POTA

El pan fortificado brindado en el Programa de Desayunos Escolares (PDE) a niños de ambos sexos de edades comprendidas entre 4 y 13 años Según Normativa PRONAA (2005) se refiere al pan elaborado según Norma Técnica (Anexo 1). La harina de Pota utilizada para sustituir los insumos que aportan proteínas de origen animal en el pan ofrecido por dicho PDE fue caracterizada mediante análisis proximal presentado en (Tabla 16)

Tabla 16: Análisis Proximal Composición química porcentual (en base seca) de la harina pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*)

| Composición | Porcentaje |
|----------------------------------------|------------|
| Humedad | 8.0 |
| Proteína | 82.0 |
| Grasa | 3.0 |
| Cenizas | 5.0 |
| Carbohidratos y fibra (por diferencia) | 2.0 |

De acuerdo a la Tabla 16 se observa que el contenido de proteína de la harina de pota utilizada en la presente investigación, se encuentra en el rango reportado por Roldan (2007) de 85.13% y Calvo (2016) que encontró 77.76% considerándosele una excelente fuente de proteína, sin embargo, se observó mayor similitud con el valor de 82.83% reportado por Ortega (1995). Estas diferencias se pueden atribuir al proceso de producción de la harina. Al respecto, Lazo (2006) considera que el manto de pota (*Dosidicus gigas*) es materia prima

apropiada para elaborar harina de pota precocida, y reportó un contenido proteico de 86.4%; así mismo, debe considerarse en las características de la materia prima el grado de frescura y la composición lipídica de la pota como menciona Andersen *et al.* (1993) citados por Espinoza (2017).

En la Tabla 17 se muestra los resultados del análisis microbiológico realizado a la HP, su característica microbiológica lo clasifica como concentrado proteico de pescado CPP tipo B, según Espinoza (2017). De acuerdo a la normativa (RM 451-2006 MINSA) el recuento de microorganismos aerobios de la muestra de harina está dentro de los límites permitidos de 10^4 y 10^5 ufc /g, aerobios mesófilos, igualmente para mohos y levaduras que está dentro de la norma que establece límites entre 10^3 y 10^4 ufc /g; no se encontró salmonella en la muestra y se considera apta para el consumo.

Tabla 17: Análisis microbiológico de la harina de Pota

| Microorganismo | Unidad | Resultados |
|---------------------------------------|--------|------------------|
| Hongos (Mohos y Levaduras (Recuento)) | ufc/g | 10×10^1 |
| Microorganismos Aerobios (Recuento) | ufc/g | 12×10^2 |
| Salmonella | 25g | Ausencia |

PRIMERA FASE

4.2 ENSAYOS EN PANIFICACIÓN

Se procedió a elaborar los panes con la formulación base (formulaciones F-45 y F-47) ofrecidos en el PDE.

Tabla 18: Formulaciones de los Panes ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares

| Ingredientes % | F-45 Sin Sustitución de HP % | F-47 Sin Sustitución de HP % |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Harina de Pota | ----- | ----- |
| Harina de Trigo | 45 | 47.3 |
| Harina de Maíz amarillo | 5.50 | 6.00 |
| Concentrado de Soya | ----- | 2.40 |
| Harina de Arveja | 3.0 | - |
| Leche entera en polvo | 0.014 | ---- |
| Huevo fresco | 0.074 | --- |
| Leche entera fresca UHT | ---- | 0.03 |
| Albumina de huevo en polvo | ---- | 0.013 |
| ** No hay variación en el resto de formulación | ** | ** |
| Total | 100 | 100 |

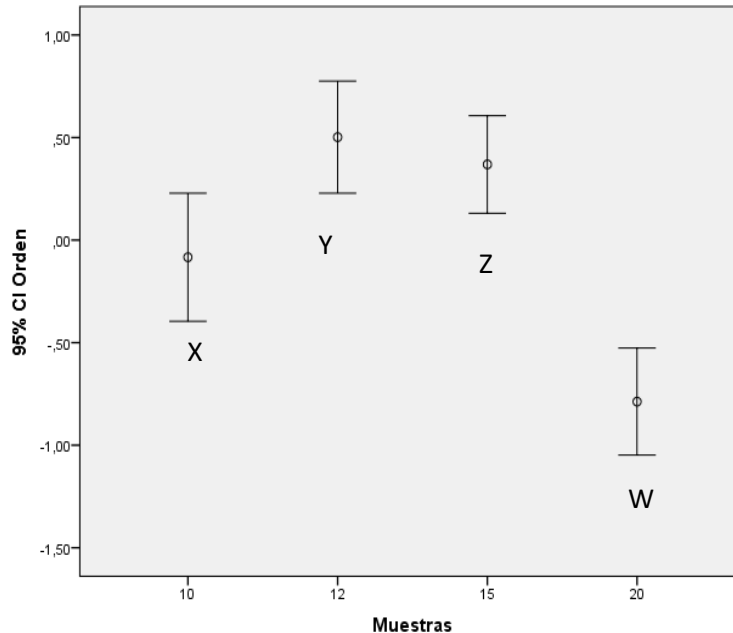
En la Tabla 18 se presentan las Formulaciones F-45 y F-47, tal como se ofrecen en el Programa de desayunos escolares, sus componentes se detallan en (Anexos 5 y 6) según el procesamiento señalado en el (Anexo 4), respectivamente, donde la proteína que aportan provienen de los insumos como la leche, huevos y albumina.

4.2.1 Sustituciones preliminares de harina de Pota

A partir de las Formulaciones originales, pero retirando los insumos: leche, huevo, y albumina de sus correspondientes formulaciones se procedió a las sustituciones de harina de pota en los porcentajes de 10, 12, 15 y 20% respectivamente, para evaluarlos sensorialmente.

4.2.2. Primera prueba de Ordenamiento o Ranking

Los resultados se expresaron como la media de los valores de ordenamiento de la preferencia para cada muestra, representados en la Figura 3.



**Muestra X:(10%HP), Muestra Y:(12%HP),
Muestra Z:(15%HP), Muestra W: (20%HP)**

Figura 3: Media del ordenamiento de preferencia

Al graficar la media de Ordenamientos, se observa que la muestra con 20% de HP (codificada como muestra W), presenta el valor más bajo de preferencia con un valor igual a - 0.79 y una desviación estándar igual 0.56, asimismo no se encontró diferencia significativa en la preferencia entre las muestras con sustitución 12% de HP (codificada como muestra Y) y la muestra con 15% de HP (codificada como muestra Z) como se detalla en el (Anexo 9) según el Análisis de varianza ($p > 0.05$), mientras que la preferencia para las muestras con 20% y 15% de sustitución de HP respectivamente fueron significativamente diferentes ($p > 0.05$) según prueba de Tukey, confirmando que la muestra con 20% de sustitución de HP era la que tenía menor preferencia.

De acuerdo con Hui *et al.* (2006), citados por Pacheco (2016), además de la simple medida de perfiles sensoriales de los productos, la base para la calidad sensorial, en el pan parte de la materia prima, y demás componentes, sumados al proceso de fermentación, debe tener un color característico, un aroma a cereal y sabor agradable característico de sus componentes, una textura jugosa al paladar y elástica, comprensible y deformable al tacto; al respecto, Carpenter (2002) recomienda efectuar una prueba de preferencia y aceptabilidad que tienen por objetivo establecer si el consumidor reconoce diferencias en el producto, y si estas mejoran el grado de satisfacción o aceptación del mismo, según Monteiro *et al.* (2018), reportaron que las formulaciones del pan sin sustitución y las formulaciones con 2.5 y 5% de sustitución de harina de tilapia recibieron la más alta puntuación en comparación con las muestras con 10 y 15% que recibieron aceptación intermedia, mientras que la formulación con 20% de sustitución, recibió la más baja puntuación, similar a lo encontrado en la presente investigación, se puede observar que la formulación con 20% de harina de pota no presenta niveles de preferencia aceptables por ello se descartó dicha formulación.

Aplicando metodología de superficie de respuesta (MSR), se trató de explorar la combinación de niveles de los factores que proporcionarían una condición operativa óptima en la formulación del pan, los experimentos investigan el efecto que tiene el variar factores cuantitativos (los porcentajes de los componentes) en los valores que toma una variable dependiente o respuesta, permite mostrarlo como una superficie, en la presente investigación, se estudió cómo los valores porcentaje de harina de pota, harina de trigo y harina de arveja/ concentrado de soya afectaban la respuesta sabor y aceptabilidad y luego, se trató de encontrar los valores que optimizaban esta respuesta; esto es, se trató de encontrar los valores óptimos para las variables independientes que maximizaban, minimizaban o cumplían ciertas restricciones en la variable respuesta.

Con los resultados obtenidos, en la primera prueba sensorial de ordenamiento, se procedió a considerar los rangos de 10 a 15% como porcentajes de sustitución con HP utilizando el Programa Design Expert versión 10 Inc. y considerando las restricciones establecidas, detalladas en el (Anexo 10), como se reportó en la Tabla 14, se consideró para la harina de pota un rango de 7 a 13%, para la harina de trigo de 45 a 47% y para concentrado de soya o harina de arveja un rango de 2 a 6%, el maíz amarillo se considera constante, y el resto de ingredientes al no aportar proteínas no se consideraron como fuente de variación en la formulación, se aplicó la prueba sensorial hedónica utilizando una escala numérica,

determinándose el nivel de preferencia en los atributos sabor y aceptabilidad de cada muestra, según Tabla 15, los resultados de esta prueba sensorial hedónica se muestran en la Tabla 19, con estos resultados ingresados al programa se tiene los siguientes evaluaciones y resultados que permiten encontrar la formulación óptima.

Tabla 19: Respuestas sobre Sabor y Aceptabilidad según formulación

| FORMU LACION | HARINA DE POTA % | HARINA DE TRIGO % | CONC.PROT EICO SOYA/ HARINA ARVEJA % | SABOR | ACEPTA BILIDAD |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|---------------------------|
| F- 1 | 10.46 | 45.00 | 4.54 | 8 | 6 |
| F- 2 | 9.17 | 47.00 | 3.83 | 7 | 6 |
| F- 3 | 9.25 | 45.89 | 4.87 | 8 | 7 |
| F- 4 | 8.52 | 45.48 | 6.00 | 8 | 5 |
| F- 5 | 11.92 | 45.90 | 2.18 | 9 | 7 |
| F- 6 | 11.00 | 47.00 | 2.00 | 8 | 5 |
| F- 7 | 8.06 | 47.00 | 4.94 | 7 | 4 |
| F- 8 | 7.00 | 47.00 | 6.00 | 7 | 4 |
| F- 9 | 10.21 | 46.08 | 3.70 | 8 | 5 |
| F- 10 | 13.00 | 45.00 | 2.00 | 9 | 7 |
| F- 11 | 8.52 | 45.48 | 6.00 | 8 | 6 |
| F- 12 | 11.53 | 45.00 | 3.47 | 9 | 7 |
| F- 13 | 10.21 | 46.08 | 3.70 | 8 | 5 |
| F- 14 | 7.00 | 47.00 | 6.00 | 7 | 5 |
| F- 15 | 10.21 | 46.08 | 3.70 | 8 | 7 |
| F- 16 | 11.92 | 45.90 | 2.18 | 8 | 5 |

Escala puntaje asignado 1= mínimo, 5 = medio, 9 = máximo

4.3 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HARINA DE POTA EN LA MEZCLA RESPECTO AL SABOR

Luego de someter los valores observados al análisis de Regresión múltiple correspondiente se obtuvo la siguiente ecuación polinomial de primer grado:

$$\hat{y} = 9.06 x_1 + 5.25 x_2 + 7.74 x_3$$

Donde \hat{y} representa el sabor del pan mientras que x_1 , x_2 y x_3 corresponden a los porcentajes de harina de Pota, harina de trigo y Concentrado protéico de soya/harina de arveja respectivamente presentes en la masa del pan según coeficientes encontrados para el modelo matemático. (Anexo 10.5). Los resultados del ANVA de dicho modelo se muestran en el (Anexo 11), se observa que el valor de F es alto (34.14) comparado con el valor tabular de $F_{(2,11,\alpha)}=3.98$, lo cual nos indica que el modelo es significativo con un nivel de confianza de 95% ; en el diseño experimental, la sumatoria de cuadrados del error puro es útil, si este valor es menor comparado con la suma de cuadrados total, se puede decir que tiene buena reproducibilidad según Cornell (2002) citado por Montgomery (2008).

Tabla 20: Estadísticas del Resumen del modelo para el atributo Sabor

| Modelo | Desv. estándar | R² | R² ajustado | R² predicción | observación Modelo sugerido |
|-------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Lineal | 0.29 | 0.84 | 0.82 | 0.75 | + |
| Cuadrático | 0.30 | 0.86 | 0.80 | 0.56 | |

Según la Tabla 20, tomando en cuenta el valor de R^2 (coeficiente de determinación), se puede decir que el 84 por ciento de la variación de la respuesta al atributo sabor, es explicada por el modelo sugerido, por lo cual se puede considerar, que el modelo planteado es significativo, es decir que permite explicar la relación existente entre la respuesta (sabor) y los componentes estudiados de la mezcla: harina de Pota, harina de trigo y Concentrado Protéico de soya/harina de arveja. Adicionalmente se puede observar que el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}) es semejante al valor de R^2 (0.82), lo cual nos indica que existe un buen grado de correlación entre los valores observados y los predictivos. Con respecto a los coeficientes de la ecuación planteada, estos fueron analizados mediante la

prueba F de Fisher , y de acuerdo al criterio mencionado por Cornell (2002) citado por Salazar (2006) que cuando el valor de p es mayor a 0.05 o 0.01 dependiendo del nivel de significancia elegido, el coeficiente asociado a dicho valor es no significativo, de tal manera que podemos afirmar que los tres coeficientes expresados en la ecuación son altamente significativos. el resumen de este análisis se muestra en la Tabla 20

4.3.1 Efecto de los componentes sobre el sabor

El sabor de los productos de panificación básicamente radican en los sucedáneos de la harina de trigo según Cauvain (2008); en esta investigación interesa principalmente el efecto de la harina de pota, luego la harina de trigo y finalmente el concentrado proteico de soya/arveja, se observó que los valores mas altos para la respuesta de sabor se obtuvieron para sustituciones de la harina de pota menores.

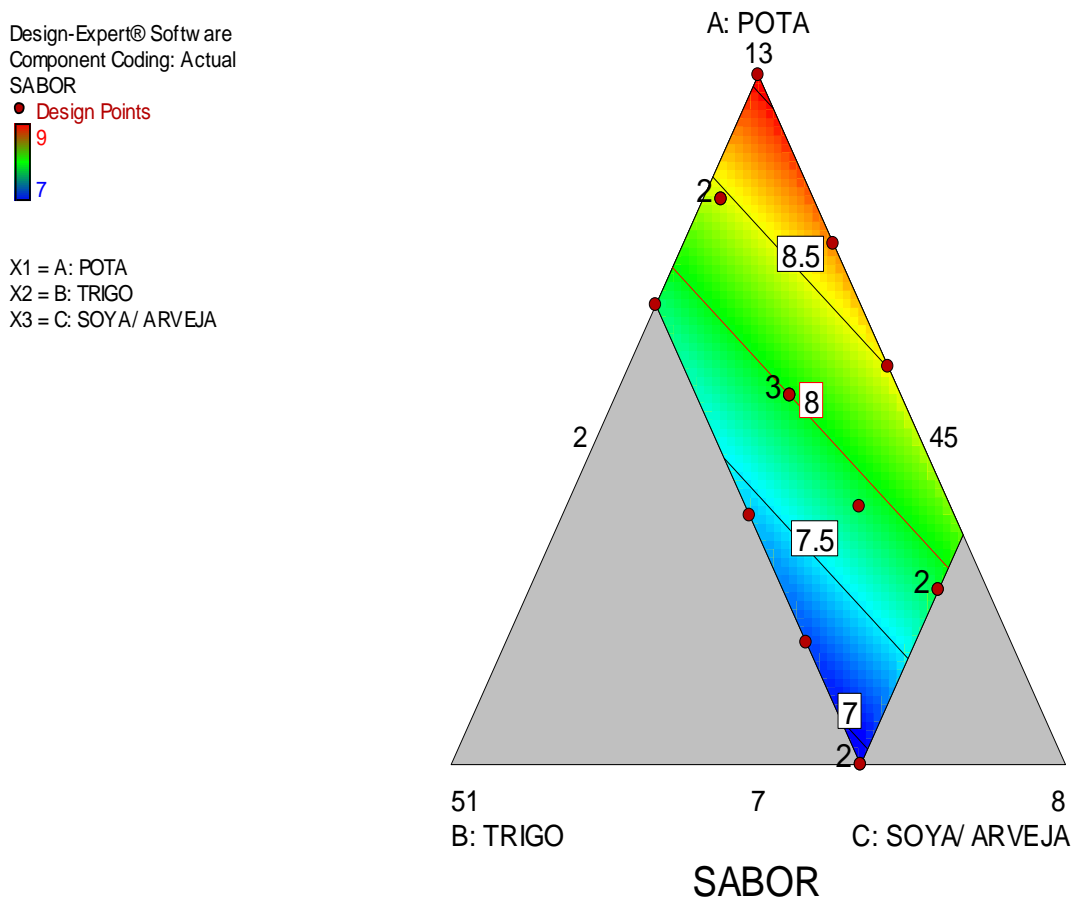
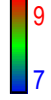


Figura 4: Ploteo de Contorno de la Superficie respuesta para el Sabor del Pan del PDE con sustitución parcial de harina de pota.

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
SABOR

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value



X1 = A: POTA
X2 = B: TRIGO
X3 = C: SOYA/ ARVEJA

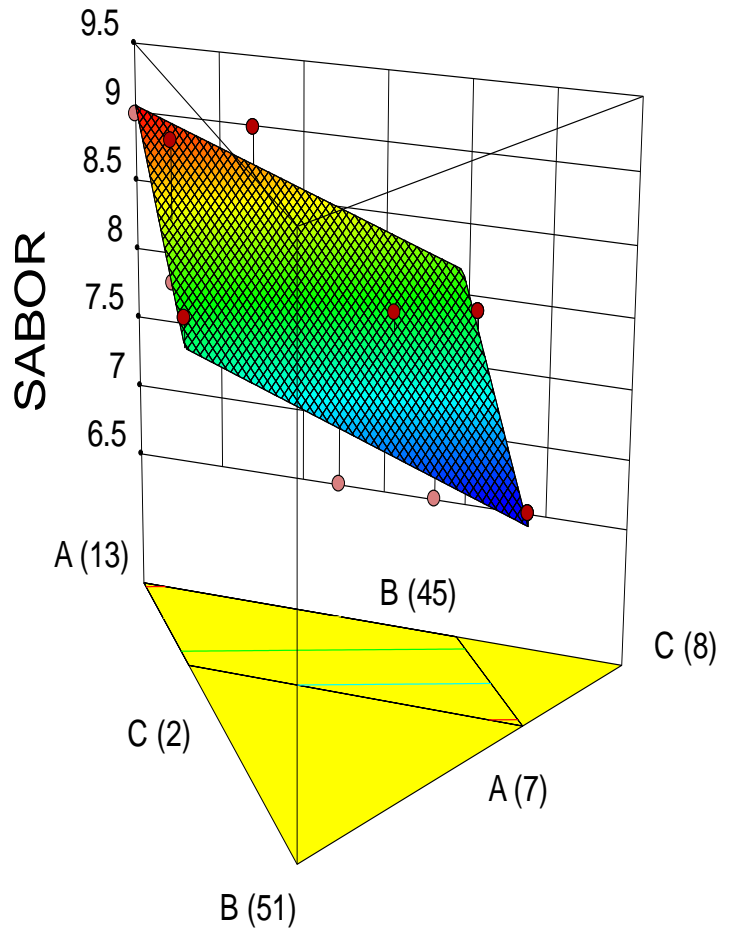


Figura 5: Superficie respuesta para el Sabor del Pan del PDE con sustitución parcial de harina de Pota.

Las Figuras 4 y 5 muestran el ploteo del contorno y la superficie de respuesta para el atributo Sabor del pan en función a la harina de pota (x_1), harina de trigo (x_2) y el concentrado proteico de soya/arveja (x_3) respectivamente, se observa que los valores más altos para la respuesta sabor mayor a 8.5 se obtienen para porcentajes de sustitución de HP mayor de 11% y menor de 13%. Para analizar la influencia de los tres componentes de la mezcla se consideró los “Trazos de Cox” para cada uno de los componentes (Figura 6)

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
SABOR

Actual Components
A: POTA = 10
B: TRIGO = 46
C: SOYA/ ARVEJA = 4

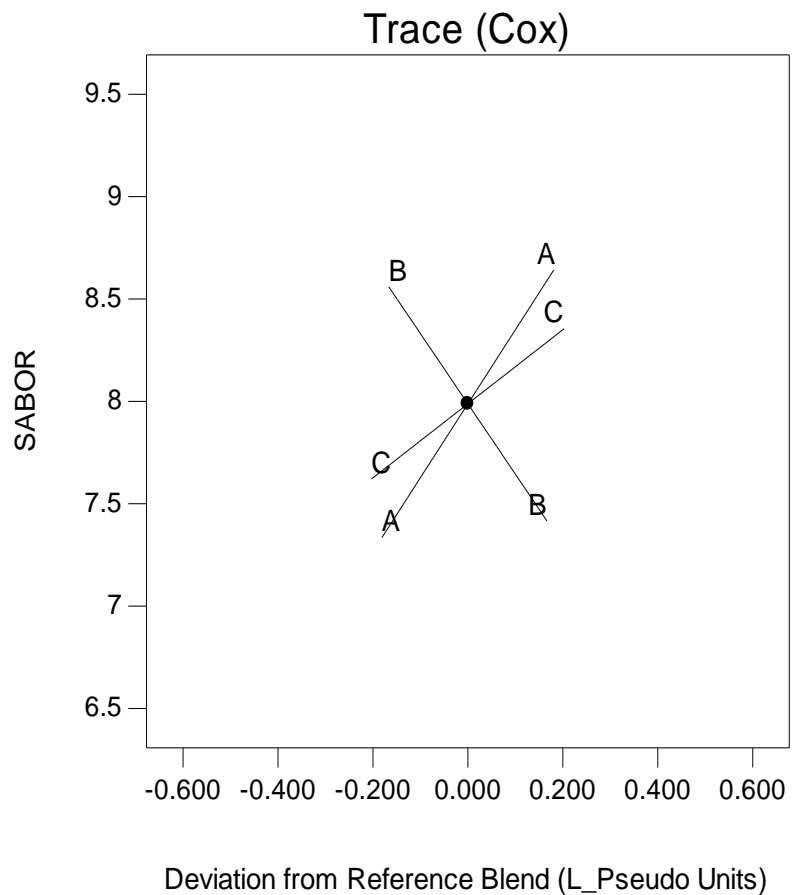


Figura 6: Trazos de Cox para la evaluación del efecto de cada componente de la mezcla sobre el sabor del pan.

Se puede observar graficamente que la harina de pota influye grandemente en el sabor porque es la que origina mayor pendiente en la figura se puede interpretar que cuando aumenta el porcentaje de harina de pota aumenta el sabor, lo mismo ocurre con el concentrado proteico de soya/harina de arveja pero en menor magnitud, en cambio el aumento del porcentaje de harina de trigo no tiene gran influencia sobre el sabor del pan. Esta observacion se puede confirmar en la Figura 6 donde, analizando en un rango de porcentaje de 9 a 11% el aumento de porcentaje de harina de pota aumenta el sabor.

Design-Expert® Software
 Component Coding: Actual
 SABOR
 --- 95% CI Bands

X1 = A: POTA
 X2 = B: TRIGO

Actual Component
 C: SOYA/ ARVEJA = 4

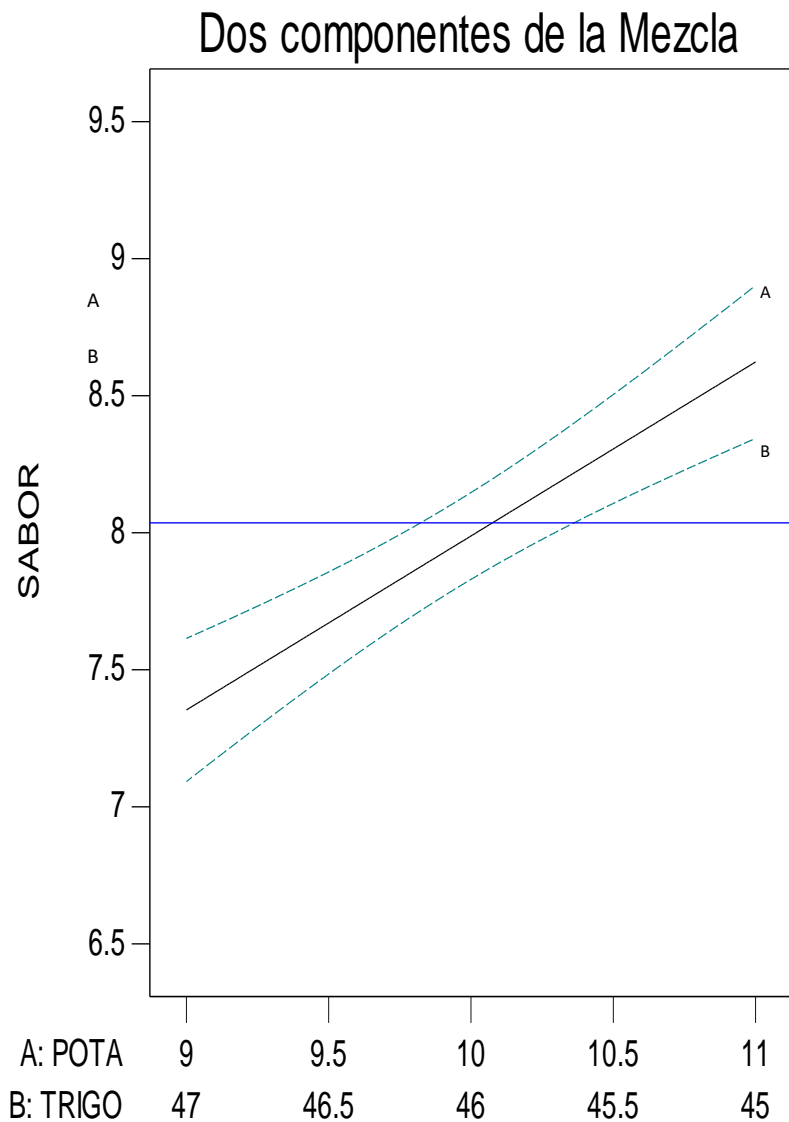


Figura 7 : Respuesta de Sabor del Pan en funcion a dos componentes de la mezcla

De acuerdo a la Figura 6 y el modelo matemático planteado, la harina de pota tiene mayor influencia que la harina de trigo ,sobre el sabor; según esta figura; a partir de un proporción de 10 de HP y una proporción de 46 de harina de trigo, se alcanzó el puntaje máximo de 8 para el atributo sabor.

4.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HARINA DE POTA EN LA MEZCLA RESPECTO A LA ACEPTABILIDAD

Luego de someter los valores observados al análisis de Regresión múltiple correspondiente se obtuvo la siguiente ecuación polinomial de primer grado.

$$\hat{y} = 6.95 x_1 + 2.15 x_2 + 5.74 x_3$$

Donde \hat{y} representa la aceptabilidad del pan mientras que x_1 , x_2 y x_3 corresponden a los porcentajes de harina de pota, harina de Trigo y Concentrado protéico de soya/harina de arveja presentes en la masa del pan. Según coeficientes encontrados para el modelo matemático. (Anexo 10.5). Los resultados del ANVA de dicho modelo se muestran en el (Anexo 12), se observa que el valor de F es (5.14) comparado con el valor tabular de $F_{(2,11,\alpha)} = 3.98$, es mayor lo cual nos indica que el modelo es significativo con un nivel de confianza del 95%. Basados en el valor de la suma de cuadrados del error, que es menor comparado con la suma de cuadrados total, se puede decir que tuvo buena reproducibilidad (Cornell 2002 citado por Montgomery 2008).

Según Tabla 21, el valor de R^2 (coeficiente de determinación) se puede decir que el 44 por ciento de la variación de la respuesta al atributo aceptabilidad, es explicada por el modelo sugerido, por lo cual se puede afirmar que el modelo planteado es significativo, es decir que permite explicar la relación existente entre la respuesta (Aceptabilidad) y los componentes estudiados de la mezcla: harina de Pota, harina de trigo y Concentrado protéico de soya/harina de arveja; aunque es comparativamente menor que lo observado para el sabor. Adicionalmente se puede observar que el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}) semejante al valor de R^2 (0.36) se podría señalar que existe una correlación entre los valores observados y los predictivos pero no en la magnitud que el encontrado para el sabor.

Con respecto a los coeficientes de la ecuación planteada estos fueron analizados mediante la prueba F de Fisher, y de acuerdo al criterio mencionado por Cornell (2000) citado por Salazar (2006) cuando el valor de p es mayor a 0.05 o 0.01 (dependiendo del nivel de significancia elegido), el coeficiente asociado a dicho valor es no significativo, el resumen de tal manera que podemos afirmar que los tres coeficientes expresados en la ecuación son altamente significativos. El resumen de este análisis se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21 Estadísticas del Resumen del modelo para el atributo Aceptabilidad

| Modelo | Desv. estandard | R² | R² ajustado | R prediccion² | observacion Modelo sugerido |
|-------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Lineal | 0.87 | 0.44 | 0.36 | 0.23 | + |
| Cuadratico | 0.91 | 0.68 | 0.20 | - 0.06 | |

En la Tabla 22 se observa que la media predictiva para el sabor es 8.90, mientras que para la aceptabilidad es 6,78 que comparados con los datos obtenidos en la Evaluacion del modelo matematico planteado, se observa que las ecuaciones planteadas anteriormente, para la respuesta sabor y aceptabilidad son significativas ($p < 0.0001$)

Tabla 22: Predicción de coeficientes para el sabor y aceptabilidad según Modelo matemático planteado

| Respuesta | Media Predictiva | Desv Stand | Error stand. Media | Modelo | P valor |
|----------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|---------------|----------------|
| Sabor | 8.90 | 0.29 | 0.13 | Lineal | < 0.0001 |
| Aceptabilidad | 6.78 | 0.87 | 0.41 | Lineal | < 0.0001 |

4.4.1 Efecto de los componentes sobre la Aceptabilidad

La aceptabilidad de un alimento en general es bastante compleja porque involucra varios atributos que van a confluir en uno solo llamado aceptabilidad en esta investigacion interesa principalmente el efecto de la harina de pota., lugo la harina de trigo y finalmente el concentrado proteico de soya/arveja.

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
ACEPTABILIDAD

● Design Points



X1 = A: POTA
X2 = B: TRIGO
X3 = C: SOYA/ ARVEJA

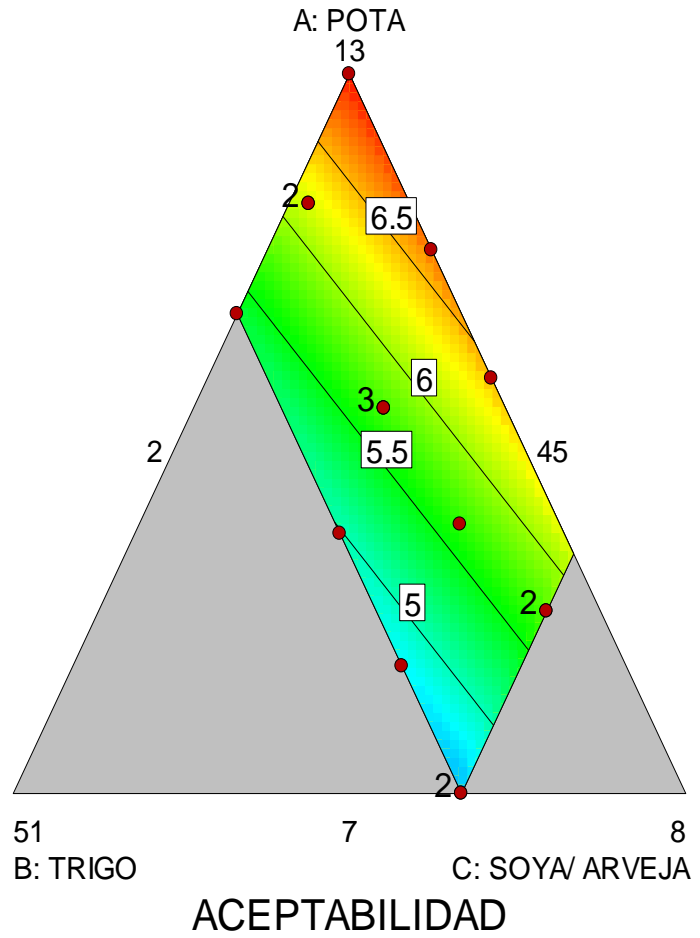


Figura 8 : Ploteo de Contorno de la superficie respuesta para la aceptabilidad del Pan del PDE con sustitucion parcial de Harina de pota .

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
ACEPTABILIDAD

- Design points above predicted value
- Design points below predicted value



X1 = A: POTA
X2 = B: TRIGO
X3 = C: SOYA/ ARVEJA

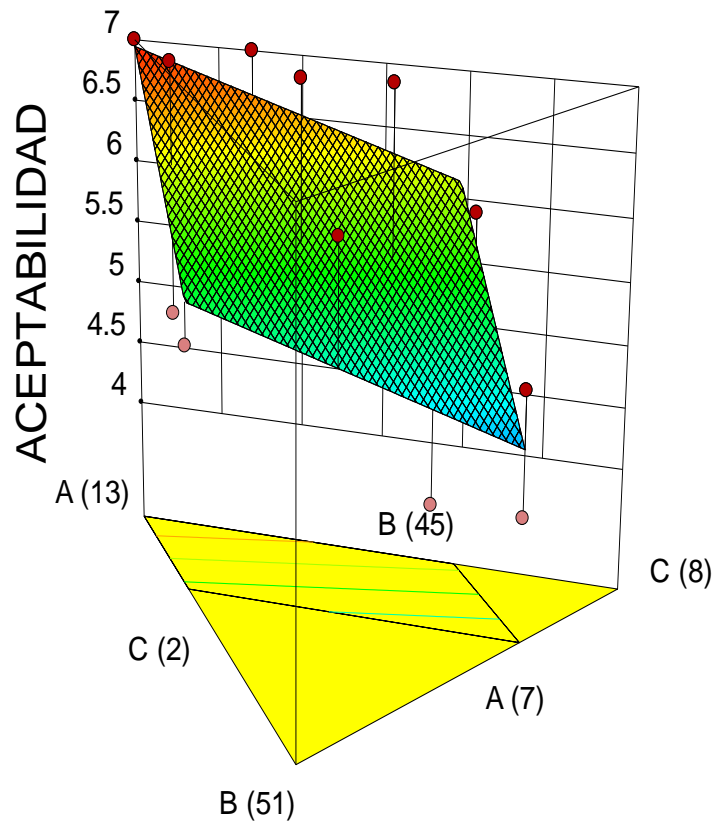


Figura 9: Superficie respuesta para la aceptabilidad del Pan del PDE con sustitucion parcial de Harina de pota.

En las Figuras 8 y 9 se muestran el ploteo del contornos y la superficie de respuesta respectivamente , para el atributo Aceptabilidad del pan en funcion a la harina de pota (x_1), harina de trigo (x_2) y el concentrado proteico de soya/arveja (x_3) respectivamente.

Para analizar la influencia de los tres componentes de la mezcla se consideró la (Figura 10)

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
ACEPTABILIDAD

Actual Components
A: POTA = 10
B: TRIGO = 46
C: SOYA/ ARVEJA = 4

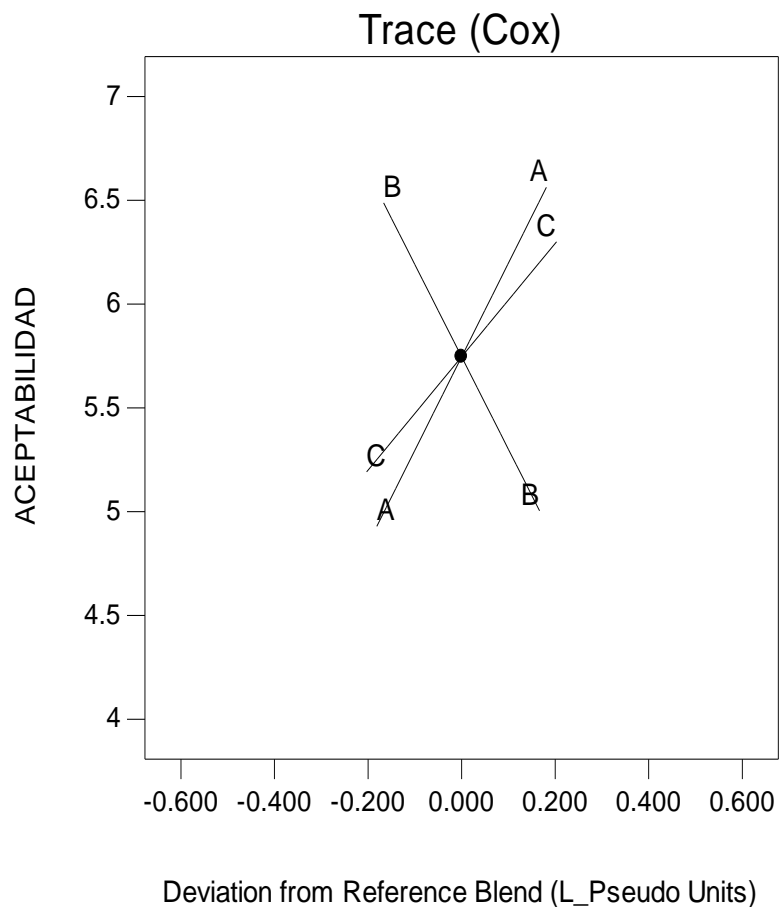


Figura 10: Trazos de Cox para la evaluación del efecto de cada componente de la mezcla sobre la aceptabilidad

Se puede observar graficamente, de acuerdo a Cornell (2002) que la harina de pota influye en la aceptabilidad es el de mayor pendiente, podemos interpretar que cuando aumenta el porcentaje de harina de pota aumenta el sabor, lo mismo ocurre con el concentrado proteico de soya/harina de arveja, en cambio el aumento del porcentaje de harina de trigo no tiene gran influencia sobre el sabor del pan. Esta observacion podemos confirmarla en la (Figura 11) donde analizando en un rango de porcentaje del 9 al 11 % el aumento de porcentaje de harina de pota aumenta el sabor, sin embargo a concentraciones mayores del 13% el sabor puede influenciar negativamente, como se pudo corroborar en las primeras pruebas sensoriales utilizando la prueba ranking como se mencionó en parrafo anterior.

Design-Expert® Software
 Component Coding: Actual
 ACEPTABILIDAD
 --- 95% CI Bands

X1 = A: POTA
 X2 = B: TRIGO

Actual Component
 C: SOYA/ ARVEJA = 4

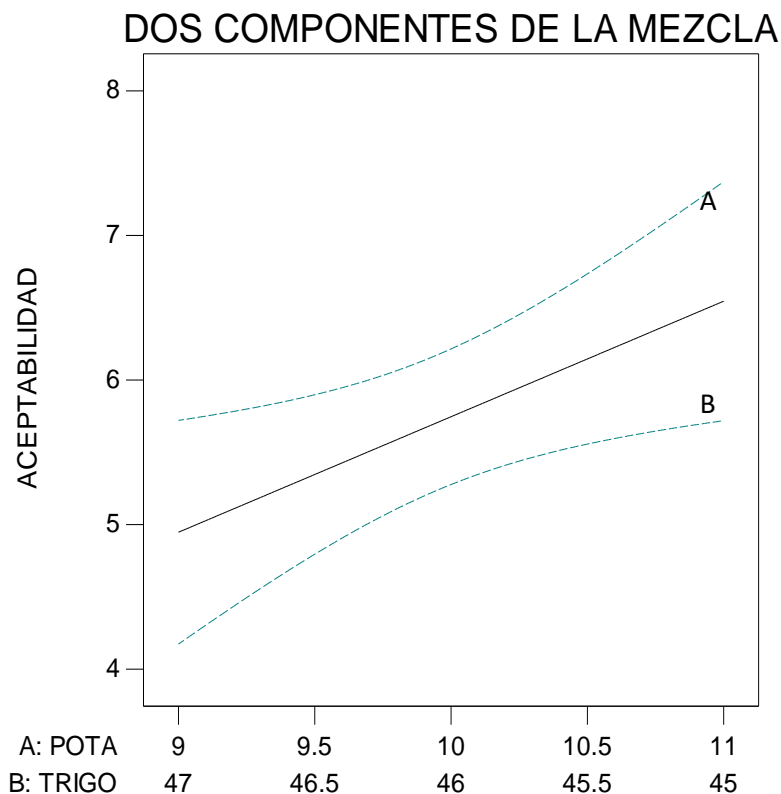


Figura 11: Respuesta de Aceptabilidad del Pan en función a dos componentes de la Mezcla

De acuerdo a la Figura 11 y según el modelo matemático planteado, la harina de pota tiene mayor influencia que la harina de pota sobre el sabor, a partir de una proporción de 10.5 de HP y una proporción de 45.5 de harina de trigo se logra obtener valores por encima del puntaje de 6 para el atributo aceptabilidad.

Núñez de Villavicencio (2016) utilizando también el Diseño de Mezclas encuentra el modelo lineal de primer orden, para el atributo volumen encuentra un R^2 de 0.89, y para la altura del pan el valor de R^2 reportado fue de 0.79 señalando además que la magnitud del coeficiente se relaciona con la influencia de este factor sobre la respuesta, en la presente investigación se observa que para el atributo sabor tiene más influencia la harina de pota que la harina de trigo, mientras que para la respuesta aceptabilidad la magnitud del coeficiente para la variable harina de pota es menor pero igualmente es el componente que tiene mayor influencia, sin embargo hay que destacar que en ambas ecuaciones los signos de los coeficientes son positivos, eso nos indica que la influencia de ambas variables se sinergizan

tanto para la respuesta sabor, como para la respuesta aceptabilidad.

SEGUNDA FASE:

Consistió en aproximar los porcentajes de sustitución óptima de harina de pota en la elaboración del pan; luego de ingresar los datos al software Diseño Expert versión 10, con la información obtenida se obtuvo un total de 89 corridas mostradas en el (Anexo 13), se seleccionaron cuatro formulaciones sugeridas por el programa, presentadas en la Tabla 23; maximizando el puntaje para sabor y aceptabilidad, se consideraron las sustituciones con 11.53 %, 12.62 % , 12.84% y 13.00%, de sustitución respectivamente.

4.5 FORMULACIONES SUGERIDAS

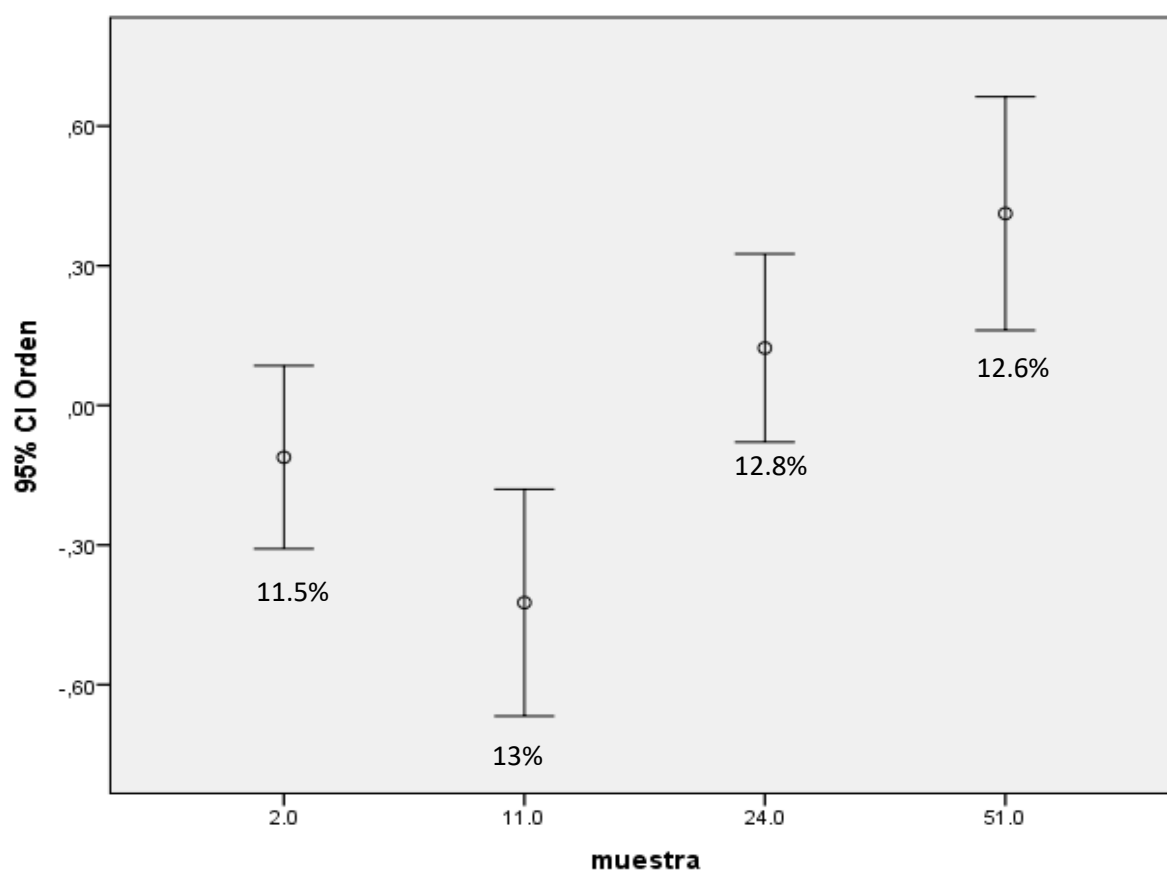
Tabla 23: Formulaciones sugeridas por el Programa Design Expert

| Formulación | Harina de Pota % | Harina de Trigo % | Harina de Soya/arveja | Sabor Coeficiente A x_1 p = 0.001 | Aceptabilidad CoeficienteA x_1 p = 0.022 |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| F-1 11.5% de HP (Solution 2) | 11.53 | 45.0 | 3,47 | 8.73 | 6.65 |
| F-2 12.6% de HP (Solution 51) | 12.62 | 45,13 | 2.26 | 8.92 | 6.80 |
| F-3 12.8% de HP (Solution 24) | 12.84 | 45,13 | 2.03 | 8.97 | 6.84 |
| F-4 13.0% de HP (Solution 11) | 13.00 | 45.00 | 2.00 | 9.06 | 6.95 |

A x_1 : coeficiente de ecuaciones planteadas para sabor y aceptabilidad respectivamente en función del porcentaje de harina de pota.

4.5.1 Segunda prueba de Ordenamiento o Ranking

Con las formulaciones sugeridas se realizó una segunda prueba de preferencia o ranking, para ello se seleccionaron estas cuatro formulaciones sugeridas por el software Diseño Expert, cada una correspondiente a la formulación que se indica en la Tabla 23, el resto de ingredientes no se modificó, la prueba se aplicó a 40 panelistas semientrenados, los resultados de esta prueba sensorial se muestran en el Anexo 14 y en la Figura 12.



Muestra: **2**= (HP 11.5%), **11** = (HP 13%), **24**= (HP 12.8%), **51**(HP 12.6%)

Figura 12: Expresión de la media de Ordenamientos. Análisis de varianza (ANVA) de los resultados de la Segunda Prueba de Ordenamiento

En la Figura 12 se observa que el valor más bajo de preferencia la obtuvo la muestra F-4 con 13% de sustitución de HP, con un valor de media igual a - 0.42 y una desviación estándar de 0.76, también se observa que la muestra F-2 con 12.6 % de sustitución de HP es la de mayor preferencia presentando el valor de la media igual a 0.41, con una desviación estándar de 0.78 y comparada con F-3 que tiene 12.8% de sustitución de HP a pesar que la diferencias

en porcentaje de sustitución no es muy grande, la preferencia de los panelistas es mayor para F-2, pero según la prueba Tukey, no se encontró diferencia significativa en la preferencia para estas dos muestras según se detalla en el (Anexo 15), la muestra F-2 que tiene 12.62% de sustitución de harina de papa, es la que presentó mayor preferencia.

4.5.2 Evaluación de la Calidad de Proteína

En la Tabla 24, se encontró que la formulación del pan F-45 sin sustitución de HP, aporta 6.9 gramos de proteína total por formulación, mientras que con esta misma fórmula F-45 sin la materia prima leche, ni huevo o albumina, pero sustituida con HP según porcentaje de 11.5, 12.6, 12.8 y 13% respectivamente de sustitución consideradas en la presente investigación presentaron un incremento de aporte de proteína de más del 100%, igualmente, se observa que en la fórmula F-47 sin sustituir, esta aporta 7.9 gramos de proteína total por formulación, mientras que con esta misma fórmula F-47 pero sustituida con HP según porcentaje de 11.5, 12.6, 12.8 y 13% respectivamente, aporta también un incremento de más de 100% de proteína, así mismo, se observa que teniendo el mismo porcentaje de sustitución de HP, en ambas formulaciones, esta sustitución aporta la misma cantidad de proteínas, según porcentaje de sustitución, la diferencia en el aporte del total de proteína según formulación, se debe al aporte de proteína de los ingredientes diferentes en cada formulación, así tenemos que en F-45, con 45% de harina de trigo, la harina de arveja y harina de maíz aportan en conjunto 5.58 gramos de proteína mientras que en la formulación F-47 con 47% de harina de trigo, concentrado de soya y harina de maíz en conjunto aportan 5.77 gramos, teniendo comparativamente 1,19 gramos adicionales de proteínas que presenta la formulación F-47 sobre la F-45 y esto se mantiene, individualmente, se consideró el aporte de proteínas por el porcentaje de sustitución de HP, debido a que es el mismo aporte de proteínas para ambas formulaciones; se puede inferir que, la diferencia del aporte de proteínas en ambas formulaciones se debe al concentrado de soya (Tabla 24).

Tabla 24: Porcentaje de proteína aportado por Harina de Pota según formulación

| Formulación | Leche polvo | Huevo fresco | Harina de pota | | Harina de trigo | | Harina de maíz | | Harina de arveja | | Prot (g)/ en formulación | % de proteína de HP en formulación |
|----------------------------|-------------|--------------|----------------|----------------------|-----------------|-----------|----------------|----------|------------------|----------|--------------------------|------------------------------------|
| | Peso (g) | Peso (g) | Peso (g) | Prot(g) / 100 g alim | Peso (g) | Prot. (g) | Peso (g) | Prot (g) | Peso (g) | Prot (g) | | |
| F-45 Sin Sustit | 1.44 | 7.50 | ---- | ---- | 45.0 | 4.37 | 5.5 | 0.5 | 3.0 | 0.71 | 6.9 (*) | 0% |
| F-1 (11.53% de sustit. HP) | ----- | ----- | 11.5 | 9.45 | 45.0 | 4.37 | 5.5 | 0.5 | 3.0 | 0.71 | 15.0 | 63.0% |
| F-2 (12.6% de sustit. HP) | ----- | ----- | 12.6 | 10.35 | 45.0 | 4.37 | 5.5 | 0.5 | 3.0 | 0.71 | 15.9 | 64.9% |
| F-3 (12.8% de sustit. HP) | ----- | ----- | 12.8 | 10.53 | 45.0 | 4.37 | 5.5 | 0.5 | 3.0 | 0.71 | 16.1 | 65.4% |
| F-4 (13.0% de sustit. HP) | ----- | ----- | 13.0 | 10.66 | 45.0 | 4.37 | 5.5 | 0.5 | 3.0 | 0.71 | 16.3 | 65.3% |

F-45: H-trigo 45, H.maíz= 5,5, H.arveja=3.0 ,(*) proteínas aportadas por leche = 0.37, huevo =0.93

| | Leche entera fresca | albúmina | H. pota | | trigo | | maíz | | conc. soya | | prot (g)/ en formulación | % de proteína de HP en formulación |
|----------------------------|---------------------|----------|----------|---------------------------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|--------------------------|------------------------------------|
| | Peso (g) | Peso (g) | Peso (g) | Prot(g) / 100 g alimen to | Peso (g) | Prot (g) | Peso (g) | Prot (g) | Peso (g) | Prot (g) | | |
| F-47 Sin Sust. | 3.0 | 7.50 | ---- | ---- | 47.3 | 4.59 | 6.0 | 0.5 | 2.4 | 1.68 | 7.9 (* *) | 0% |
| F-1 (11.53% de sustit. HP) | ----- | ----- | 11.5 | 9.45 | 47.3 | 4.59 | 6.0 | 0.5 | 2.4 | 1.68 | 16.2 | 58.3% |
| F-2 (12.6% de sustit. HP) | ----- | ----- | 12.6 | 10.35 | 47.3 | 4.59 | 6.0 | 0.5 | 2.4 | 1.68 | 17.2 | 60.2% |
| F-3 (12.8% de sustit. HP) | ----- | ----- | 12.8 | 10.53 | 47.3 | 4.59 | 6.0 | 0.5 | 2.4 | 1.68 | 17.3 | 60.6% |
| F-4 (13.0% de sustit. HP) | ----- | ----- | 13.0 | 10.66 | 47.3 | 4.59 | 6.0 | 0.5 | 2.4 | 1.68 | 17.4 | 61.2% |

F-47: H-trigo 47, H. maíz= 6.0, conc. soya=2.4 (* *) proteínas aportadas por leche = 0.11, albumina= =1

4.6 ELECCIÓN DE FORMULACIÓN ÓPTIMA

Con los resultados obtenidos de la segunda prueba sensorial de Preferencia, además con el resultado de la evaluación del cómputo aminoacídico para las cuatro formulaciones sugeridas, que se detallan en el Anexo 16; adicionalmente del resultado obtenido en el Diseño de Mezcla presentadas en el Anexo 17 se elige la sustitución del 12.6% de HP como sustitución óptima, denominado "solution 51" en el diseño, editado por el software Diseño expert, la formulación base se muestra en la Tabla 25

Tabla 25: Formulaciones óptimas de sustitución

| % | F-45 Sin Sustitución de HP | F-47 Sin Sustitución de HP | F-45 con sustitución de HP "Solution51" | F-47 con sustitución de HP "Solution51" |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Harina de Pota | ----- | ----- | 12.6 | 12.6 |
| Harina de Trigo | 45 | 47.3 | 45.0 | 47.3 |
| Harina de Maíz | 5.50 | 6.00 | 5.50 | 6.00 |
| Concentrado de Soya | ----- | 2.40 | ----- | 2.40 |
| Harina de Arveja | 3.0 | - | 3.0 | - |
| ** No hay variación en el resto de formulación del PDE | ** | ** | ** | ** |

En la Tabla 25 se presentan las formulaciones F-45 y F-47, tal como se ofrecen en el Programa de desayunos escolares, pero cuando se refiere a las formulaciones F-45 y F-47 con sustitución de HP se hace referencia a que éstas tienen todos los insumos correspondientes a las formulaciones sin sustitución, excepto los insumos leche, huevo y albúmina porque estas han sido sustituidas por HP 12,6%, denominadas como "solution 51".

La Tabla 26 muestra que las formulaciones sin sustitución, como se ofrece en los desayunos escolares, presentan aminoácidos limitantes lisina, triptófano y treonina para los tres grupos de edad considerados, así mismo, de acuerdo a sus requerimientos, según patrón leche materna presentada en Tabla 6, se evaluó en la población de niños recién nacidos hasta 6 meses la calidad de la proteína, se observa que el cómputo aminoacídico es 0.51 para la formulación F-45 y 0.53 para la formulación F-47 respectivamente, presentando como primer aminoácido limitante, a la lisina; además presentan como segundo aminoácido limitante los aminoácidos treonina, y el triptófano, debido a que los requerimientos para los niños recién nacidos es muy exigente, mientras que al sustituir con 12,6% de HP, se observa que el único aminoácido limitante que presenta es treonina, con score químico de 0.79 para la formulación F-45 y de 0.81 para la formulación F-47 respectivamente se puede observar que para esta población se mejoraría la calidad proteica, pero seguiría presentando un aminoácido limitante, debido a que esta población tiene mayores requerimientos, sin embargo se consideró a lactantes para poder establecer la magnitud de los requerimientos, también se compara con el requerimiento para niños de 6 meses hasta tres años en relación con la población objetivo en esta investigación que fueron los niños comprendidos en las edades de 3 a 14 años, tomando como base los requerimientos de proteínas según ingesta diaria de aminoácidos recomendado por FAO/OMS (2013), se podría señalar que tanto para las poblaciones de niños pequeños (6 meses a 3 años) como para los niños mayores hasta 14 años, la sustitución 12,6% de HP no presenta aminoácidos limitantes mejorando la calidad proteica con respecto a la formulación sin sustitución.

Al respecto, Dela Cruz (2009) consideró como mejor formulación para 81.9% trigo el mayor porcentaje 14.3% de quinua y 3.9 % de suero y reportó un cómputo químico de 0.671 donde la lisina seguía siendo el aminoácido limitante, de 50.98 aumenta a 66.94 %, reportando que la mezcla aporta 4.7 gramos de proteína, comparado con la presente investigación donde se obtuvo para el pan "A" (F-45 sin sustitución de HP) de 6.9 gramos con la sustitución de HP aumentó a 15.9 gramos, mientras que en el pan "B" (F-47 sin sustitución de HP) de 7.9 a 17.2 gramos de proteína, con sustitución de HP, presentado en la Tabla 24.

Tabla 26: Composición de aminoácidos en Formulaciones y necesidades de aminoácidos en diferentes grupos de edad según FAO/OMS/UNU.

| Formulación | Prot. (g) / | Requerimiento de aa /edad | Lisina | Metionina+ cisteína | Treonina | Triptofano |
|----------------------|--------------------|--------------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|-----------------|
| | Formulación | (1) Lactantes Recién nacidos hasta 6 meses | 69 | 33 | 44 | 17 |
| | | (2) Niños desde 6 meses hasta 3 años | 57 | 27 | 31 | 8.5 |
| | | (3) Niños mayores adolescentes | 48 | 23 | 25 | 6.6 |
| F-45 sin sustitución | 6.8 | Aporte total mg de aa. | 6.89 | 243.6 | 263.6 | 218.9 |
| | | Aporte l mg de aa./g prot. | 35.36 | 38.26 | 31.78 | 11.97 |
| | | Score químico | 0.51 | 1.16 | 0.72 | 0.70 (1) |
| | | | 0.62 | 1.41 | 1.03 | 1.41 (2) |
| | | | 0.74 | 1.66 | 1.27 | 1.81 (3) |
| F-47 sin sustitución | 8.0 | Aporte total mg de aa | 291.1 | 302.1 | 259.8 | 99.4 |
| | | Aporte mg de aa./g prot. | 36.36 | 37.73 | 32.46 | 12.42 |
| | | Score químico | 0.53 | 1.14 | 0.74 | 0.73 (1) |
| | | | 0.64 | 1.40 | 1.05 | 1.46 (2) |
| | | | 0.76 | 1.64 | 1.30 | 1.88 (3) |
| F-45 + Solución 51 | 15.9 | Aporte total mg de aa. | 1204.0 | 585.8 | 555.9 | 273.4 |
| | | Aporte mg de aa./g prot. | 75.53 | 36.76 | 34.9 | 17.16 |
| | | Score químico | 1.09 | 1.11 | 0.79 | 1.01 (1) |
| | | | 1.33 | 1.36 | 1.12 | 2.02 (2) |
| | | | 1.57 | 1.60 | 1.39 | 2.60 (3) |
| F47 + Solución 51 | 17.1 | Aporte total mg de aa. | 1264.4 | 628.3 | 609.42 | 291.8 |
| | | Aporte mg de aa./g prot | 73.64 | 36.59 | 35.49 | 17.00 |
| | | Score químico | 1.07 | 1.11 | 0.81 | 1.00 (1) |
| | | | 1.29 | 1.36 | 1.14 | 2.00 (2) |
| | | | 1.53 | 1.59 | 1.42 | 2.57 (3) |

Tabla 27: Score químico y PDCAAS según formulación de acuerdo a los requerimientos por edad (*)

| | Lactantes (Recién nacidos hasta 6 meses) | | Niños (6 meses hasta 3 años) | | Niños mayores, adolescente y adultos (*) | |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|--------|---------------------------------|--------|---------------------------------------------|--------|
| | Score Químico | PDCAAS | Score Químico | PDCAAS | Score Químico | PDCAAS |
| F-45 (sin Sust.) | Lisina=0.51 | 0.39 | Lisina=0.62 | 0.48 | Lisina=0.74 | 0.57 |
| F-47 (sin Sustit.) | Lisina=0.53 | 0.42 | Lisina=0.64 | 0.51 | Lisina=0.76 | 0.80 |
| F-45 (con Sustit.) 12.6 % de HP | Treo= 0.79 | 0.62 | ----- | 1.00 | ----- | 1.00 |
| F-47 (con Sustit.) 12.6 % de HP | Treo = 0.80 | 0.64 | ----- | 1.00 | ----- | 1.00 |

(*) Según referencia FAO/OMS (*) Elaborado en base Patrón de puntuación de aminoácidos

Se observó que la muestra correspondiente a formulación, F-45 con sustitución de 12,6% de HP obtuvo un valor de Digestibilidad verdadera (DV) de 78.18, así mismo para la muestra correspondiente a la Formulación F-47 con sustitución de HP del 12,6% el valor de (DV) fue de 85.23 el valor del score químico obtenido para cada formulación multiplicada por su respectivo valor de (DV) se expresó como PDCAAS, reportado en la Tabla 27 para las formulaciones sugeridas y detallado en el Anexo 18, dichos valores para una proteína considerada de alta calidad debe ser 1.00 se observó que en las formulaciones sin sustitución

de HP, un valor máximo de 0.5 para los niños pequeños y un valor de 0.8 para los de mayor edad hasta 13 años, se observa también, que para la población de niños de 6 meses a 3 años, el primer aminoácido limitante sigue siendo la lisina, con valores de score químico 0.62 y 0.64 para cada formulación sin sustituir, igualmente se observa que los valores PDCAAS son por debajo de 1.00. Sin embargo cuando se considera las formulaciones con sustitución de 12.6% de HP, se observa que ya no existen aminoácido limitantes para niños de 6 meses a 3 años de edad, por lo tanto los valores de PDCAAS corresponden al de una proteína ideal, aunque esta población tenga mayores requerimiento de proteínas que nuestra población objetivo, niños de 4 a 13 años, precisamente para esta población de escolares la formulación del Pan ofrecido por el PDE, sin sustitución de harina de papa, sólo alcanza un valor de PDCAAS de 0.8; en cambio si se considera la formulación del Pan con sustitución de 12.6% de HP en las dos formulaciones ofrecidas por el PDE, estas no presentan aminoácido limitante, y el valor de PDCAAS toma el valor de la unidad, es decir aumenta la calidad de la proteína.

Según WHO (2002), el valor de PDCAAS debería predecir la eficiencia general de la utilización de proteínas en término de sus dos componentes digestibilidad y valor biológico, esto se fundamenta en el hecho de que la utilización de cualquier proteína está primero limitada por la digestibilidad que determina el nitrógeno disponible del aminoácido del alimento, y el valor biológico describe la competencia de los aminoácidos absorbidos para satisfacer la demanda metabólica, el valor biológico no puede exceder de 1 ya que para cualquier cantidad de nitrógeno absorbido lo mejor que se puede lograr es que el patrón de aminoácidos coincida exactamente con los requisitos para que sean utilizados al 100%.

En este contexto el valor de PDCAAS se utilizaría para ajustar la ingesta de proteínas en la dieta para cumplir con los requisitos, es decir para cualquier dieta, la ingesta recomendada equivale al nivel seguro de proteína / PDCAAS valor de la dieta, por lo tanto el valor de PDCAAS mayor que 1 nunca se usaría ya que esto significaría que para las dietas de “alta calidad, la ingesta ajustada sería menor que el nivel seguro de hecho, esto se cumple sólo cuando la puntuación se determina para el contenido de aminoácidos indispensables, que justamente son estos los que limitan la calidad de la proteína, mientras que la demanda metabólica es para aminoácidos indispensables como no esenciales; cuando alguno o todos los aminoácidos indispensables están presentes en exceso de la demanda la mezcla absorbida está desequilibrada y limitada por los aminoácidos prescindibles, se supone que estos serán

suministrados por la oxidación de aminoácidos indispensables excedentes, si esta conversión ocurriera entonces habrá una mayor eficiencia y el nitrógeno se utilizará de la misma manera que el de una mezcla absorbida que coincide exactamente con la demanda (el patrón de referencia). Sobre esta base se concluyó, que no puede haber beneficio de una puntuación mayor que 1 además, con la posibilidad teórica de una desventaja si la interconversión fuera incompleta. Estos aspectos deben tomarse en cuenta en el contexto del cálculo de puntuaciones de aminoácidos para PDCAAS mayor que 1 como índice de calidad para fuente de proteínas alimentarias y dietas (López y Suárez 2013).

Así mismo, Alisino (2009) trabajando con sustituciones de 5 hasta el 20 % de harina de arveja encuentro que conforme se agrega harina de arveja va disminuyendo la aceptación a esta concentración de 5% y con un score de 64 y corregido por su digestibilidad es 50 y su PDCAAS es de 50% para el primer aminoácido limitante que es la lisina, y disminuye también conforme aumenta la sustitución el volumen específico y Considera aceptable hasta un 10%. En comparación con la proteína de soya que reportó un PDCAAS de 1 en contraposición con la proteína de arveja que tuvo un PDCAAS de 0.61. y la calidad proteica determinada por el PER (Ratio de eficiencia proteína), en donde la proteína de arveja mostró tener un valor más bajo (1.57) que el obtenido con la proteína de soya (3.23) (Soderberg 2013 citado por Alisino 2009), la soya y sus derivados tienen un PDCAAS de 1 (Ridner 2006 citado por Salcedo 2015) para la sustitución del 53 a 58% con manto de pota presentó el triptófano como el aminoácido limitante, atribuyendo este resultado que este aminoácido se reportó en niveles inferiores en este tejido.

Si se considera que los requerimientos de las proteínas corresponden a las recomendaciones; según la FAO/ONU (1985); FAO (2013) para niños de 4 a 13 años es igual a 0.95 g/.kg./día, el peso corporal promedio de esta población objetivo es 28.0 kg, detallado en la Tabla 4; para este grupo de edad la ingesta recomendada es 26.5 g/día.

Tabla 28: Aporte proteico según Formulación Óptima

| proteína (g) encontrada | F-45 (sin Sustitución) | F-47 (sin Sustitución) | F-45 (con Sustitución 12.6 % de HP) | F-47 (con Sustitución 12.6 % de HP) |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| proteína (g) % Estimada | 6.9 | 7.9 | 15.9 | 17.3 |
| proteína (g) % Encontrada | ND | ND | 15.89 | 15.03 |
| Peso promedio unidad de pan (g) | 71.8 | 72.1 | 75.7 | 72.8 |
| Aporte de Proteína (g) por unidad de pan | ND | ND | 12.03 | 10.93 |
| Porcentaje de cobertura de requerimiento de proteína por unidad de pan. | 9.6 % | 10.9 % | 45.2 % | 41.1 % |

ND = no determinado

En la Tabla 28 se muestra el aporte proteico según las dos variantes de Formulación del Pan ofrecido en el PDE a los cuales se les retiró las proteínas de origen animal (leche, huevo, albumina) y se sustituyó con 12.6% de Harina de pota. los valores estimados del aporte de proteína en la formulación sustituida F-45 con HP 12.6% según el Diseño de Mezcla, comparados con los valores encontrados en el laboratorio no presentaron diferencias, sin embargo, para la formulación sustituidas F-47 con HP 12.6% el valor de proteína estimada es ligeramente mayor en 12% al valor de proteína encontrada en el laboratorio, además se puede observar que el porcentaje de cobertura de requerimiento de proteína para la población difiere bastante entre las formulaciones sin y con sustitución respectivamente, estas últimas prácticamente cuadruplican este valor, y se podría decir que una unidad de Pan sustituido con HP cubre casi el 50% de los requerimientos de proteínas en los niños de 4 a 13 años de edad que es la población escolar.

Según el estudio de INS (2015) realizado en escolares peruanos de 6 a 14 años de edad el consumo de proteínas totales tuvo una mediana de 64,7 g/día y consideraron que cubrían casi el 100 por ciento de sus requerimientos, considerando este valor, se puede inferir que una unidad de pan fortificado con HP al 12.6% cubriría casi el 20% de dichos requerimientos. Sin embargo en dicha investigación a diferencia del presente estudio, no se determinó la calidad de la proteína.

TERCERA FASE :

Consistió en elaborar los panes con la formulación óptima elegida que corresponden a las formulaciones (Formulación F-45 + Solution 51) y la formulacion Formulación (F-47 + Solution 51) ambas con 12% de HP y realizar la respectiva caracterización físico química.

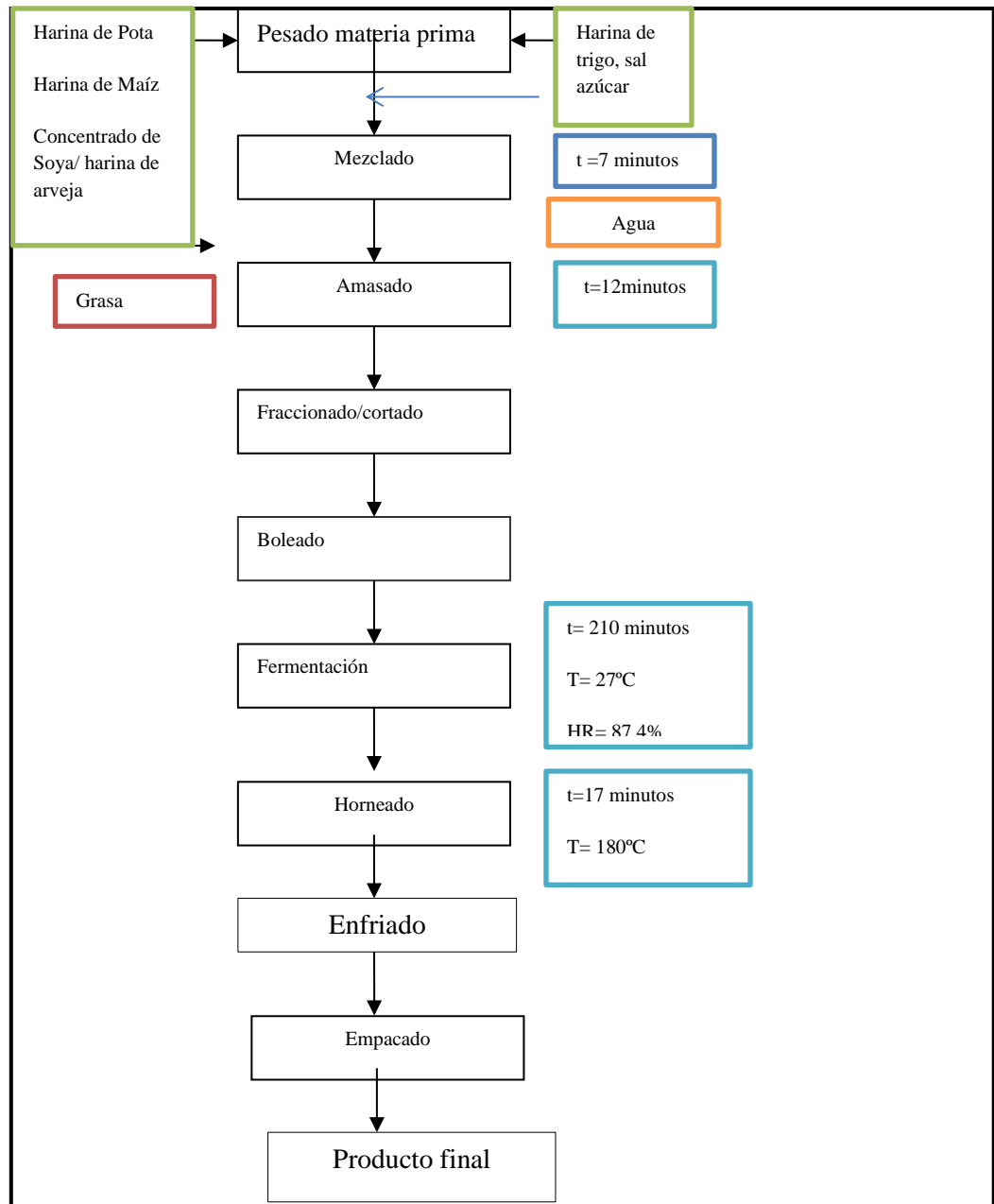


Figura 13: Flujograma de Elaboración del pan Sustituido con Harina de Pota

La elaboración de los panes utilizando la harina de pota, según Figura 13, se adicionó la HP junto con la harina de trigo, de acuerdo a la concentración óptima, tomando como base el flujo de elaboración de los panes sin sustitución, pero no se consideró leche fluida, ni en

polvo, tampoco huevo ni albumina, es decir todo insumo fuente de proteína de origen animal, el resto de insumos si fueron utilizados en cada formulación.

Tabla 29: Análisis proximal de la muestra de Panes con Sustitución Óptima de harina de Pota

| Componente | F-45 Sustitución Óptima 12.6 % de HP Formulación muestra de Pan "A" | | F-47 Sustitución Óptima 12.6 % de HP Formulación muestra de Pan "B" | |
|------------|------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------|--------|
| | % | kcal | % | kcal |
| Humedad | 3.51 | --- | 3.57 | --- |
| Proteína | 15.89 | 63.56 | 15.02 | 60.08 |
| Grasa | 14.03 | 126.27 | 13.42 | 120.78 |
| Fibra | 0.32 | --- | 0.13 | --- |
| Ceniza | 1.42 | --- | 1.42 | --- |
| ELN | 64.83 | 259.32 | 66.44 | 265.76 |
| Total | 100.00 | 449.15 | 100.00 | 446.62 |

En el análisis proximal en la Tabla 29, se observa que el contenido de proteína es similar en ambas formulaciones, dado que ambas tienen 12.62 % de harina de pota, sin embargo, la Formulación A contiene 3% de harina de arveja a diferencia de la formulación B que contiene 2.4% de concentrado de soya. Al respecto Chumacero(2016) elaboró un producto tipo snack utilizando 29.5% de pulpa de calamar gigante y harina de soya encontrando un 11.75% de proteína en el producto final.

Además, se evaluaron estos panes con sustitución de HP que corresponden a las muestras A (formulación F-45-Solution 51), muestra "B" (formulación F-47-Solution 51) ambas con sustitución 12, 6% HP y también la muestra "C" que corresponde a la formulación sin sustitución de HP, determinándose la perdida de porcentaje de humedad, también algunas características físicas como volumen específico del pan además, fueron sometidas a una prueba sensorial utilizando una escala hedónica de cinco puntos donde el panelista respondía según formato presentado en Anexo 7-3.

Tabla 30: Pérdida de humedad promedio de pan A y pan B (con sustitución del 12,62% de harina de Pota) y pan “C” (sin sustitución)

| Muestra de panes n = 5 | Pan “A” (formulación F-45-Solution51) | | | Pan “B” (formulación F-47-Solution 51) | | | Pan “C” Sin Sustitución de HP | | |
|---------------------------|------------------------------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------|
| | Peso masa cruda (g) | Peso masa horneada (g) | % pérdida humedad | Peso masa cruda (g) | Peso masa horneada (g) | % pérdida humedad | Peso masa cruda (g) | Peso masa horneada (g) | % pérdida humedad |
| 1 | 83.2 | 72.4 | 12.9 | 89.8 | 77.3 | 12.5 | 80.0 | 71.0 | 11.2 |
| 2 | 87.5 | 76.2 | 12.9 | 88.2 | 75.1 | 14.8 | 81.0 | 72.5 | 10.5 |
| 3 | 82.9 | 71.8 | 13.3 | 90.4 | 77.0 | 14.80 | 80.3 | 72.1 | 10.2 |
| 4 | 85.0 | 75.7 | 10.9 | 81.5 | 72.8 | 11.9 | 81.4 | 72.9 | 10.4 |
| 5 | 87.4 | 76.9 | 12.0 | 81.9 | 73.0 | 12.2 | 79.8 | 70.5 | 11.6 |
| media | 85.2 | 74.6 | 12.4 | 86.4 | 75.04 | 13.16 | 80.5 | 71.8 | 10.78 |
| %C.V | 2.59 | 3.13 | 7.77 | 5.01 | 2.84 | 10.77 | 0.84 | 1.41 | 5.50 |
| %D.S | 2.21 | 2.33 | 0.97 | 4.33 | 2.13 | 1.43 | 0.67 | 1.01 | 0.50 |

Según se observa en la Tabla 30, en el pan “A” el porcentaje pérdida de humedad es menor al de la muestra “B esta diferencia es estadísticamente significativa ($p = 0.33$) se puede deber a que el pan A contiene ligeramente menor contenido de proteínas, y comparando con lo obtenido para la muestra C donde al tener menor proporción de proteínas que la muestra A y B, se observa que tiene menor pérdida, al respecto Benion (1989) citado por Rodríguez (2004) refiere que la pérdida de humedad no debería ser mayor de 9% en el tipo de pan de molde, sin embargo para Quaglia (1991) la proporción de perder menos humedad se da en una masa resistente que en una masa blanda, así mismo, Dueñas (2002) elaboró pan francés con surimi de machete con 20.42% de contenido proteico, reportó que el peso promedio después de la divisora era de 70.6 gramos; pero después de hornear el peso promedio fue 56 – 57 gramos, es decir una reducción de alrededor de 20% de pérdida de agua, comparando la presente investigación para un contenido proteico en promedio de 15% se obtuvo un porcentaje de pérdida de humedad de 13% se puede observar que en función a los porcentajes de contenido proteico se obtuvo semejante resultados. Al respecto, Monteiro *et al.* (2019) reportaron que a mayor sustitución menor humedad para los panes con cero días de

almacenamiento encontró que los que eran sin sustitución presentaban 42% de humedad semejantes valores se mantenían hasta 5% de sustitución, pero para porcentajes de 10%, 15 y 20% de sustitución, presentaron humedad de 38%, 39% y 36% respectivamente.

Según Calaveras (2004) una de las características del pan integral es que tiende a disminuir su volumen específico conforme aumenta el porcentaje de harina integral. Zapata (2010), empleando harina de kiwicha, como sucedáneo reportó para porcentajes de sustitución de 0%, 5%, 10%, y 15% valores de 4.58, 4.52, 4.14, y 3.79 mL/g respectivamente, sin embargo, hay otros factores a tomar en cuenta como tiempo de fermentación, que en esta investigación fue de 210 minutos y en la investigación mencionada fue de 130 minutos, otro aspecto a mencionar es la adición de un mejorador, que en la presente investigación no se utilizó.

Respecto a la densidad, Cauvain (2008) reportó que, si disminuye la densidad, aumenta el volumen específico. Núñez de Villavicencio (2016) reportó un rango de volumen específico de 3 a 4.17 mientras que Cobo (2013) sostiene que al disminuir la harina de trigo tiende a disminuir el volumen específico, pero utiliza 100% de harina de trigo y reporta 3.93 de volumen específico, mientras que para 80% de harina de trigo reporta 3.67

4.6.1 Análisis químico proximal del pan con sustitución de harina de Pota

Los resultados del análisis químico proximal del pan sustituido con harina de pota en un porcentaje de 12.6 % se muestran en la Tabla 31. Marcelo (1986) , elaboró un tipo de pan enriquecido con concentrado proteico de plasma de vacuno , mejorando la concentración de la proteína de 12.73 g % en el pan sin enriquecer hasta a 16.4 g % en base seca, con un enriquecimiento de 7.5% de concentrado proteico; en la presente investigación para la muestra de panes expresado en base seca en promedio para ambos tipos de pan A y B con 12.6 % de sustitución de HP se obtuvo 16.4 % y 15.6 % de proteína respectivamente de proteína.

Tabla 31: Análisis químico proximal del pan con sustitución de Harina de pota

| COMPONENTE | Pan A (F.45 con 12.6% de HP) | | Pan B (F.47 con 12.6% de HP) | |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|
| | Base húmeda | Base seca | Base húmeda | Base seca |
| Humedad % | 23.42 | | 25.96 | |
| Proteína Total (Nx 6.25) % | 12.61 | 16.46 | 11.53 | 15.60 |
| Extracto etéreo % | 11.14 | 14.54 | 10.30 | 13.90 |
| Fibra cruda % | 0.25 | 0.33 | 0.10 | 0.14 |
| Cenizas % | 1.13 | 1.47 | 1.09 | 1.46 |
| ELN (extracto libre de nitrógeno) % | 51.45 | 67.20 | 51.02 | 68.9 |

Tabla 32: Caracterización de parámetros Físicos del Pan

| | Muestra A | Muestra B | Muestra C |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Peso promedio (g) | 73.2 ± 1.28 | 75.04 ± 2.12 | 72.5 ± 0.68 |
| Volumen (cm ³) | 296.0 ± 1.28 | 292.0 ± 5.19 | 265.8 ± 16.43 |
| Volumen específico (cm ³ /g) | 4.04 ± 1.28 | 3.89 ± 0.07 | 3.67 ± 0.19 |
| Densidad Aparente (g/cm ³) | 0.25 | 0.26 | 0.27 |

± Desviación estándar $p \leq 0.05$

En la presente investigación la diferencia de porcentaje de harina es de 2% para las formulaciones sustituidas con 12.6 % de HP, y para la formulación sin sustitución tienen el mismo porcentaje de harina de trigo, se ha encontrado un rango de variación de volumen específico de 3.7 a 4.04 presentado en Tabla 32, pero, ello no representa diferencia significativa.

De igual forma se analiza para el volumen, Cobo (2013) sustituyendo el 10% de harina de arracacha por harina de trigo en elaboración del pan encuentra que a mayor sustitución va disminuyendo el volumen reportando que para el pan sin sustitución obtuvo 334 cm³ con sustitución del 10% disminuyó a 310 cm³ y con 40% de sustitución disminuyó hasta 231 cm³ también reportó que el peso no tuvo gran variación, obtuvo una media de 84 gramos, similar resultado es reportado por Anticono (2017) que observó que a mayor sustitución de harina de trigo por sucedáneos, el volumen tendía a disminuir, mientras que el peso aumentaba, con respecto al pan sin sustitución, coincidentemente a mayor porcentaje de sustitución mayor contenido de proteínas, en la presente investigación, la muestra B presenta un mayor contenido de proteína que la muestra A y el peso también disminuyó, comparado con la muestra C cuyo contenido de proteínas fue mucho menor, el peso también tuvo tendencia a disminuir, según se puede observar en la Tabla 32.

4.6.2 Análisis sensorial del pan elaborado con la formulación óptima de sustitución de la harina de Pota.

De acuerdo a Hernández y Durán (2012) para evaluar la calidad del pan ésta debe basarse en tres aspectos: calidad interna, calidad externa y calidad asociada a la textura y palatabilidad que comprende básicamente sabor y aroma. En la presente investigación se estudiaron las variables respuesta: aroma, color, sabor, olor y textura. Así mismo, Cauvain (2008) menciona que los atributos olor y sabor en el pan se deben principalmente a los ingredientes y al método de panificación utilizado, y afirma que la contribución más importante al sabor proviene del horneado ya que muchos componentes del sabor se pierden y otros nuevos se forman (Calaveras 2004), incluso indica que hasta un 80% del sabor del pan deriva de la corteza del mismo.

En la Figura 14 se observa que para el atributo aroma, la muestra A y la muestra C presentan un similar valor de media de 0 y -0.04 respectivamente, mientras que la muestra B presenta un valor de media de -0.39, al realizar la prueba estadística se observó que la muestra A y la muestra C tienen similares rangos de promedio 37.6 y 36.9 respectivamente, mientras que la muestra B presenta un rango de promedio de 30.4, sin embargo según el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa puede observar en el Anexo 20 que el valor de F calculado es 0.99, siendo menor que valor de F tabular igual a 3.14, por lo cual se

puede considerar que no existe diferencia en el atributo aroma de las muestras A, B y C. así mismo, tomando en cuenta que en la presente investigación se utilizó 12.6 % de sustitución de HP comparando este porcentaje con el utilizado por Dueñas (2002) que reportó que la mayor preferencia correspondía a un 20% de sustitución con surimi de machete, en la elaboración del pan francés, lo cual se podría considerar bastante alto sin embargo no observó rechazo por los degustadores en cuanto al sabor residual del sabor y olor a pescado.

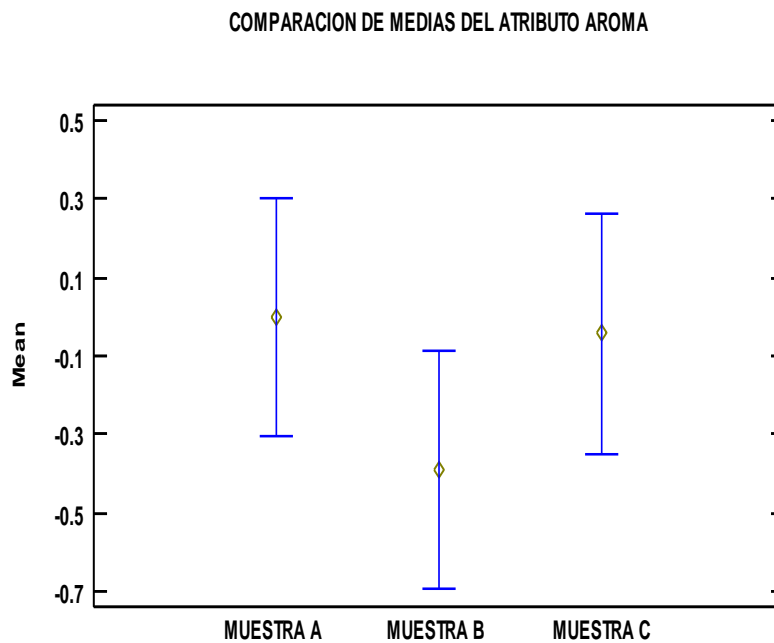


Figura 14: Expresión del promedio de preferencia para el atributo Aroma en l muestra de panes A, B, y C

En la Figura 15, se encontró que para el atributo olor, la muestra A y la muestra C presentan similar valor de media de -0.35 y -0.30, respectivamente, mientras que la muestra B presenta un valor de media de -0.60 se podría decir que es la muestra que gustó menos con respecto al olor, al realizar la prueba estadística se observó que la muestra A y la muestra C tienen similares rangos de promedio 38.1 y 36.4 respectivamente, mientras que la muestra B presenta un rango de promedio de 30.5, sin embargo según el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa, se puede observar en el Anexo 20, que el valor de F calculado es 0.99, siendo menor que valor de F tabular igual a 3.14 por lo cual se puede considerar que para el atributo olor, no se encontró diferencia significativa entre las

muestras A, B y C.

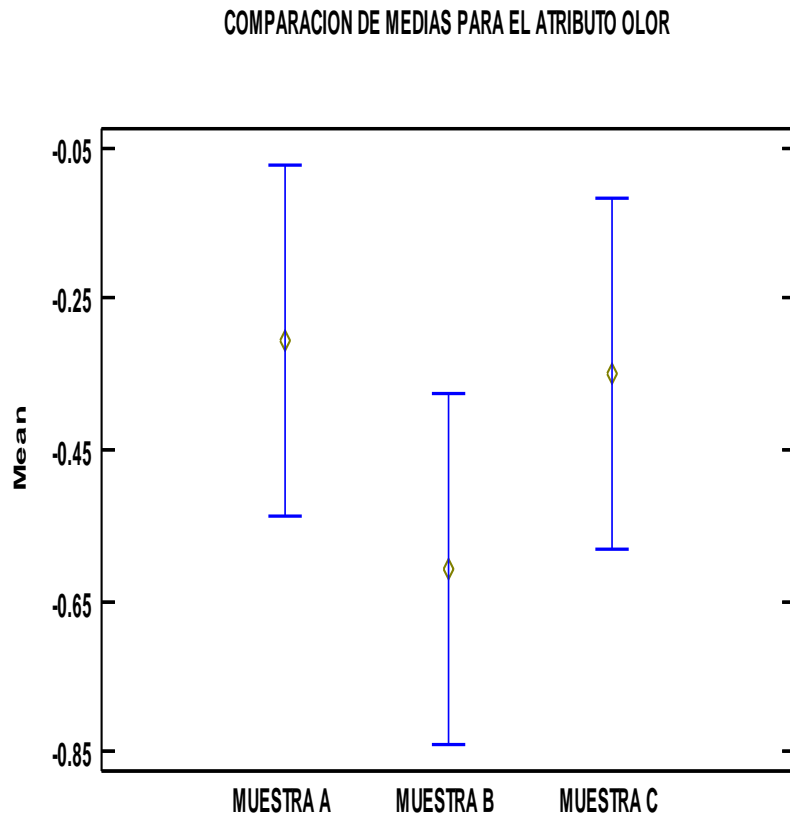


Figura 15: Expresión del promedio de preferencia para el atributo Olor en la muestra de panes A, B, y C

Así mismo, Monteiro *et al.* (2019), demostraron que la adición de altos porcentajes de fuentes de pescado puede generar problemas debido al olor y sabor a pescado que generan principalmente los ácidos grasos libres y los compuestos volátiles de azufre, a pesar de esto el enriquecimiento de productos de panificación puede ser ventajoso y va a depender principalmente del procesamiento del producto el tipo de pescado y la proporción empleada, observaron que para un porcentaje de sustitución del 12.17% no afectó la aceptación del consumo declarado.

COMPARACION DE MEDIAS PARA EL ATRIBUTO SABOR



Figura 16: Expresión del promedio de preferencia para el atributo Sabor en la muestra de panes A, B y C.

En la Figura 16, se observa para el atributo sabor, las muestras A, B y C presentan un valor de media de -0.70, -0.17 y -0.04 respectivamente, al realizar el análisis estadístico se obtuvo rangos de promedio de 28.1 ; 36.6 y 40.1 respectivamente, sin embargo según el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa, se puede observar en el Anexo 20 que el valor de F calculado fue 2.46 0 siendo menor que valor de F tabular igual a 3.14, por lo cual se puede considerar que no existe diferencia en el atributo sabor de las muestras A, B y C.

En la Figura 17, se muestra que en el atributo textura, las muestra A, B y C presentan un valor de media de 0.26, -0.17 y -0.04 respectivamente, al realizar el análisis estadístico se obtuvo rangos de promedio de 35.5 ; 39.1 y 30.3, sin embargo, observando el análisis de varianza del atributo textura en el Anexo 20 el valor de F calculado es 0.24, siendo menor que valor de F tabular igual a 3.14, por lo cual se puede considerar que no existe diferencia significativa en el atributo textura de las muestras A, B y C.

COMPARACION DE MEDIAS PARA EL ATRIBUTO TEXTURA

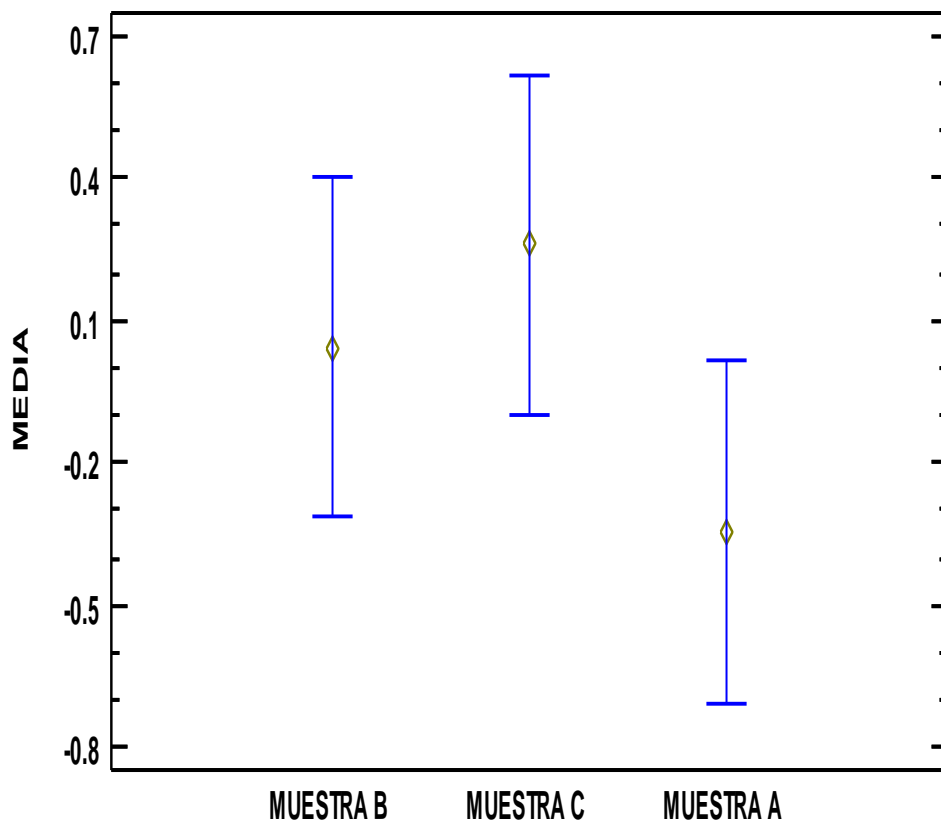


Figura 17: Expresión del promedio de preferencia para el atributo Textura en la muestra de panes A, B, y C

Según Ortolán y Steel (2017), el gluten está compuesto por interacciones entre las proteínas gliadina y glutenina, estos son factores relacionados directamente con la textura de los productos de panadería durante el proceso de horneado, así mismo, los cambios de textura pueden deberse a la harina de pescado no produce similar red de debido a las interacciones proteínas polisacáridos para facilitar el atrapamiento del almidón en la red del gluten de la harina de trigo, fortaleciendo la estructura de la masa y deteriorando la estructura del pan. Al respecto, Monteiro *et al.* (2019), concluyeron que hasta 5% de sustitución de harina de trigo por harina de desecho de tilapia mantiene los atributos fisicoquímicos originales, así mismo, Guerra- Monteiro *et al.* (2018) reportaron que el pan tiende a oscurecer cuando es mayor la concentración de harina con 5% y 10% de sustitución de harina de desecho de

tilapia prácticamente no hubo cambio en la percepción del consumidor, pero al 15% y 20% si encontraron una mayor intensidad del color y una mayor percepción. Sin embargo, reportaron que, en este tipo de panes enriquecidos, el consumidor muestra mayor preferencia por los panes oscuros, además reportaron que con una concentración de 6.86% fue suficiente para contribuir al enriquecimiento nutricional del pan, en la presente investigación se obtuvo similares resultados, es decir, que más del 20% si producen cambios significativos tanto fisicoquímicos como organolépticos. Así mismo, estos investigadores no encontraron diferencia para sabor y aroma entre 0%, 2.5%, 10% y 15 %, concluyendo que el reemplazo de harina de trigo por harina desecho de tilapia hasta en un 10% no fue suficiente para afectar las características sensoriales del pan y no comprometió el gusto general, lo cual concuerda con los resultados encontrados en la presente investigación.

4.7 CORRELACIÓN ENTRE ACEPTABILIDAD Y SABOR

El coeficiente de correlación de Pearson, permitió observar el nivel de relación existente entre las variables sabor y aceptabilidad, se aplicó la prueba sensorial hedónica de escala numérica para ello, se consideró, la respuesta que consignaron 15 panelistas a los cuales se les pidió que según escala 1 a 9 puntos mostrada en el formato Anexo 7-2, asignen la puntuación respectiva para sabor y aceptabilidad en cada muestra, los resultados se muestran en el Anexo 21.

La hipótesis nula (H_0) plantea que “no hay relación entre aceptabilidad y sabor “ para lo cual se comparó el valor de R (coeficiente de correlación) con el valor tabular correspondiente en la tabla de correlación y regresión según Pedreros (2018) para los grados de libertad, en este caso, $15-2 = 13$, se consideró un nivel de significancia de 0.05 este valor encontrado fue de 0.51, y comparado con los valores obtenidos de R para cada muestra resultó ser menor, por ello se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis que establecía que los jueces detectaron de manera significativa ($p < 0.05$) la aceptabilidad en función al sabor. El análisis estadístico se detalla en el Anexo 22, el resumen se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33: Correlación entre respuesta aceptabilidad y sabor

| Modelo Lineal : Y = a + b*X | | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| MUESTRA A | MUESTRA B | MUESTRA C |
| con sustitución óptima | con sustitución óptima | (Sin sustitución) |
| Intercepto = 0.5 | Intercepto = 0.36 | Intercepto = 0.43 |
| Aceptabilidad= 0.5 +0.597 * Sabor | Aceptabilidad= 0.36 +0.48* Sabor | Aceptabilidad= 0.43+0.71 * Sabor |
| Coeficiente de Correlación R = 0.84 | Coeficiente de Correlación R = 0.69 | Coeficiente de Correlación R = 0.90 |
| Coeficiente de determinación R ² = 69.0 | Coeficiente de determinación R ² = 47.2 | Coeficiente de determinación R ² = 81.6 |

Del análisis de la Tabla 33, se observa que para la muestra “A” el 69 % de la variación del atributo aceptabilidad se debe a la variación del atributo sabor, mientras que en la muestra “B” el 47 % de la variación del atributo aceptabilidad se debe a la variación del atributo sabor y en la muestra “C” sin sustitución de harina, el 82% de la variación del atributo aceptabilidad, se debe a la variación del atributo sabor en todas ellas fue significativo ($p < 0.05$).

Monteiro *et al.* (2018) en la elaboración de pan a base de harina de trigo realizaron sustituciones al 2.5% al 5%, al 10% al 15% , y al 20 % con harina de tilapia , en cuanto a aceptación y preferencia no recibieron los más altos puntajes y encontró que no hay diferencia en estos atributos entre ellos , sin embargo añade que a pesar de esta aparente preferencia del consumidor por niveles bajos o nulos , la harina de tilapia puede agregarse en niveles de 12.17 % ($p < 0,05$) sin desencadenar el rechazo del consumidor, para esta investigación no hay diferencia en aceptación para la textura y el color no se vio influenciada por el porcentaje de sustitución, consideró que la sustitución al 5% mejoró el

valor nutricional mientras mantenía puntuaciones sensoriales aceptables para el pan, recomendándolo en la industria, como estrategia potencial para satisfacer los requerimientos nutricionales de los consumidores.

Así mismo, Adleke (2010) trabajó con sustituciones de 10, 15 y 20 % de harina de tilapia en peso de harina de trigo y observó que a mayor sustitución mayor contenido de proteína aumentando de un 9% en el pan sin sustitución a un 18% con el mayor porcentaje de sustitución, mejoró el valor nutricional y no observó diferencias, en el análisis organoléptico no encontró diferencias significativas entre los tratamientos con esas sustituciones para los atributos, aroma corteza, color de miga y aceptabilidad general y concluye que se podría producir pan fortificado aceptable a partir de trigo y harina de tilapia.

Shavlinko (2011) realizó la fortificación con proteína de pescado obtenida del surimi de carbonero *Pollachius Virens* en la formulación de un bocadillo a base de maíz extruido con 3,5,7, y 9% de sustitución, observó que estos últimos que tenían mayor porcentaje de sustitución, gustaron significativamente menos por el olor, sabor, textura y la aceptabilidad en general que con los otros porcentajes de sustitución menores donde no encontró diferencias significativas para los mismos atributos, eligiendo la del 7% de sustitución para recomendarla como alimento fortificado, la cual reportó que tenía 12% de proteína los consumidores fueron niños iraníes e islandeses de 6 a 16 años.

Zhong (2016) observó que el sabor de la harina de salmón va a estar en función de la oxidación de los componentes grasos, encontró que la harina de bacalao presentó menor intensidad que el salmón, sin embargo el arenque fue mucho más alto el olor debido al mayor contenido de hemo-proteínas, pro oxidantes que incluso pueden activarse aún más durante el proceso de cambio de pH (Raghavan y Hultin 2009 citados por Abdollahi 2018), en la presente investigación los resultados de las pruebas sensoriales respecto al sabor parecen indicar que esta oxidación es moderada.

4.8 RESULTADO DE PRUEBAS BIOLÓGICAS

a. Digestibilidad aparente (Da)

Los panes “A” y “B” enriquecidos con 12.6 % de HP se emplearon para alimentar a 6 ratas durante el tiempo del experimento, los resultados mostrados en Tabla 34 y 35 se detallan en el Anexo 23. En la presente investigación se ha utilizado 12.6% de harina de papa que equivale (considerando un contenido de 82% de proteínas) contenidas en la esta harina un 9.6% de proteínas, los resultados obtenidos que se muestran en la Tabla 35 se observa que los valores de Digestibilidad aparente son relativamente altas , se puede considerar que de 100 gramos de pan fortificado se 70.9 % y 80.6 por ciento de la proteína de la muestra A y B respectivamente, se han digerido después de pasar por el tracto gastrointestinal; así mismo, Jiménez (2000) en la elaboración de galletas al emplear 5% de harina de pescado con 63.6% de contenido proteico obtuvo una densidad aparente de 86.5% , sin embargo, se debe considerar otros aspectos como el origen de la materia prima, el procesamiento en la obtención de la harina, así tenemos que Rodríguez (2004) trabajando con surimi del musculo de la raya (*Myliobatis peruvianus*) con un contenido de proteína total 13.77% elaboró panes enriquecidos con 20% de sustitución obtuvo 75% de digestibilidad aparente, similares valores a lo encontrado en la presente investigación que en promedio para los dos tipos de pan “A” y “B “ formulados con 12.6% HP representan 75.8% de Digestibilidad aparente y 81.7% de Digestibilidad verdadera.

b. Valor Biológico (VB)

Respecto al valor biológico encontrado en la presente investigación para las muestra de pan en las formulaciones “A” y “B” fueron de 53.85 % y 70.42% respectivamente, en la presente investigación a pesar de que en ambas formulaciones el porcentaje de harina de papa sustituida es la misma 12.6% , como se muestra en la Tabla 34 y 35, y están detallados en el Anexo 24, la diferencia entre ambas formulaciones según se detalla en Anexo 6 podría deberse a que la formulación del pan ”A” contiene harina de arveja, mientras que la formulación del pan “B” contiene concentrado de soya, además esta diferencia podría deberse que el contenido de proteínas es 15.89 y 15.02 gramos respectivamente, según muestra en la Tabla 29 ,este valor se puede interpretar como que de 100 gramos de proteína absorbida 53.85 y 70.42 gramos respectivamente son retenidos para ser utilizados en la

síntesis de proteínas para el crecimiento, mantenimiento, la diferencia que no ha sido utilizadas son oxidadas y excretadas principalmente en la orina como urea.

Según Gonzales-Torres *et al.* (2007) la proporción de aminoácidos limitantes o que puedan estar bajo una forma química no utilizable, determina el valor biológico, se observa que Rodríguez (2004) al utilizar 20% de surimi de *la raya* en la formulación del pan obtiene 91.87% de valor biológico, así mismo Zegarra (2015) utilizó Hidrolizado de anchoveta con un contenido de 35% de proteína para sustituir la leche en polvo en una formulación de galletas para una sustitución con 92% de hidrolizado obtuvo una Densidad aparente de 79.6% y un Valor biológico de 48.9% comparativamente menor a lo obtenido en la presente investigación.

c. Utilización Proteica Neta (NPU)

La composición química de la harina de pescado especialmente en cuanto a aminoácido aumentaría el valor proteico (NPU), se podría deber a muchos factores, que pueden afectar el curso del experimento principalmente el factor térmico, además se debe tener en cuenta que la medición del balance de nitrógeno es difícil ya que representa una diferencia pequeña en términos de cantidad de nitrógeno consumido y excretado, mediciones en las que se basa la determinación del NPU que en el presente trabajo son muy similares 45.2 y 43.7% se presentan en Tabla 34 y 35 detallados en Anexo 24; para las formulaciones de pan “A” y “B” respectivamente esto se puede atribuir a que la harina y el porcentaje de sustitución de HP ha sido la misma para ambas. Según López y Suárez (2013) el NPU no considera digestibilidad, y por consiguiente indica valor nutritivo de la proteína estudiada, sin embargo, el valor biológico puede ser calculado partir de datos de NPU y digestibilidad.

Observando los valores obtenidos de Digestibilidad Verdadera de 78% y 85% para las formulaciones de pan “A” y “B” respectivamente comparado con los valores de Roldan (2002) que reportó un valor de 93.16 % para la harina precocida de falso volador y considerada una alta digestibilidad, se debe resaltar que en la presente investigación la sustitución con 12.6% de HP permite obtener un producto de alto valor biológico, puesto que los otros componentes de la formulación son de origen vegetal y se sabe que la digestibilidad que presentan es mucho menor.

Al comparar con lo observado por Salcedo (2015) en la elaboración de hojuelas dulces, quien utilizó 45.41 % de manto molido de pota y en promedio 12% de quinua obtuvo un valor de Digestibilidad de 97.1%. Así mismo Rodríguez (2004) en la elaboración del pan enriquecido con 20% de surimi de *raya* reportó un 91.8% de valor biológico, sin embargo, el valor de digestibilidad aparente que obtuvo fue de 75% empleando valores mayores de sustitución, comparados con el presente trabajo que con 12.6% de sustitución de HP alcanzó hasta 85% de Digestibilidad Verdadera.

Según Goyaou-Wu (2015) el factor que condiciona la utilización de proteínas alimenticias en la digestibilidad de las proteínas es la relación del nitrógeno absorbido en función del nitrógeno ingerido y depende de una serie de factores, algunos intrínsecos como sus características fisicoquímicas de solubilidad en el medio digestivo, contenido de fibra, la exposición de los enlaces peptídicos al ataque enzimático, etc., y otras extrínsecas dependientes de los demás constituyentes del alimento o de la dieta; por esta razón es necesario tener en cuenta la digestibilidad como otro factor de corrección en las necesidades de proteínas.

Tabla 34: Resumen de Prueba de Utilización Proteica Neta (NPU)

| Parámetro | Unidad de medida | | |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | Dieta Aprotéica | muestra Pan “A” | mestra Pan “B” |
| Peso inicial (g) | 81.38 | 81.44 | 81.50 |
| Peso final | 59.75 | 77.00 | 76.88 |
| Ganancia de peso | -21.63 | -4.40 | -4.63 |
| Consumo de alimento | 52.68 | 78.26 | 82.48 |
| Materia seca del alimento | 90.31 | 94.94 | 95.28 |
| Nitrógeno del alimento | 0.21 | 1.46 | 1.55 |
| Consumo de nitrógeno | 0.11 | 1.15 | 1.28 |
| Peso seco total de carcasa | 17.88 | 23.31 | 23.9 |
| Nitrógeno en carcasa | 9.44 | 8.99 | 8.96 |
| Materia seca de carcasa | 98.08 | 97.65 | 97.21 |
| Contenido de nitrógeno en carcasa | 1.69 | 2.1 | 2.14 |
| Utilización Proteica Neta | | 45.22 | 43.75 |

Tabla 35: Resumen de Prueba de Valor Biológico

| Parámetro | Muestra Pan “A” | Muestra Pan “B” |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Número de animales | 6 | 6 |
| Peso inicial (g) | 59.73 | 62.00 |
| Peso final | 58.23 | 63.00 |
| Ganancia de peso | -1.50 | -1.00 |
| Alimento consumido | 37.37 | 56.58 |
| Materia seca del alimento | 94.94 | 95.28 |
| Nitrógeno del alimento | 1.46 | 1.55 |
| Nitrógeno consumido (NI) | 0.55 | 0.88 |
| Promedio de heces excretadas | 8.45 | 11.04 |
| Materia seca de heces (%) | 60.36 | 57.38 |
| Nitrógeno en heces | 1.91 | 1.58 |
| Nitrógeno excretado en heces(g) NF | 0.16 | 0.17 |
| Densidad de orina | 1.036 | 1.047 |
| Promedio de orina excretada (mL) | 17.78 | 15.42 |
| Promedio de orina excretada (g) | 18.43 | 16.15 |
| Nitrógeno en orina (%) | 0.985 | 1.284 |
| Nitrógeno excretado en orina (g) | 0.18 | 0.21 |
| Valor biológico | 53.85 | 70.42 |
| Digestibilidad aparente % | 70.91 | 80.68 |
| Digestibilidad verdadera% | 78.18 | 85.23 |

Según los resultados detallados en el Anexo 24, se observa en la Figura 17 que no se ha podido evidenciar un aumento de peso significativo, con ambas formulaciones de sustitución de 12.6% de HP, comparado con lo reportado por Rojas (2009) quien encuentra un porcentaje promedio de incremento de peso de 24.9% cuando alimenta con harina de pota a las ratas de experimentación, pero debe tomarse en cuenta que las dosis que este investigador reporta van desde 500 mg hasta 2000 mg. por kilogramo de peso del animal en el presente estudio se les administró con el pan, además el escaso incremento de peso se puede relacionar a que en la formulación contiene harina de cereales, que aportan fibra y podrían relacionarse con esta respuesta de bajo peso. Según McDonald *et al.* (2013) el aumento de peso pueden no guardar relación con la proteína retenida, por lo que puede conseguirse una valoración más exacta de la proteína, determinando el nitrógeno consumido con los alimentos, así como el eliminado con las heces, la orina o cualquier otro producto que contenga nitrógeno.

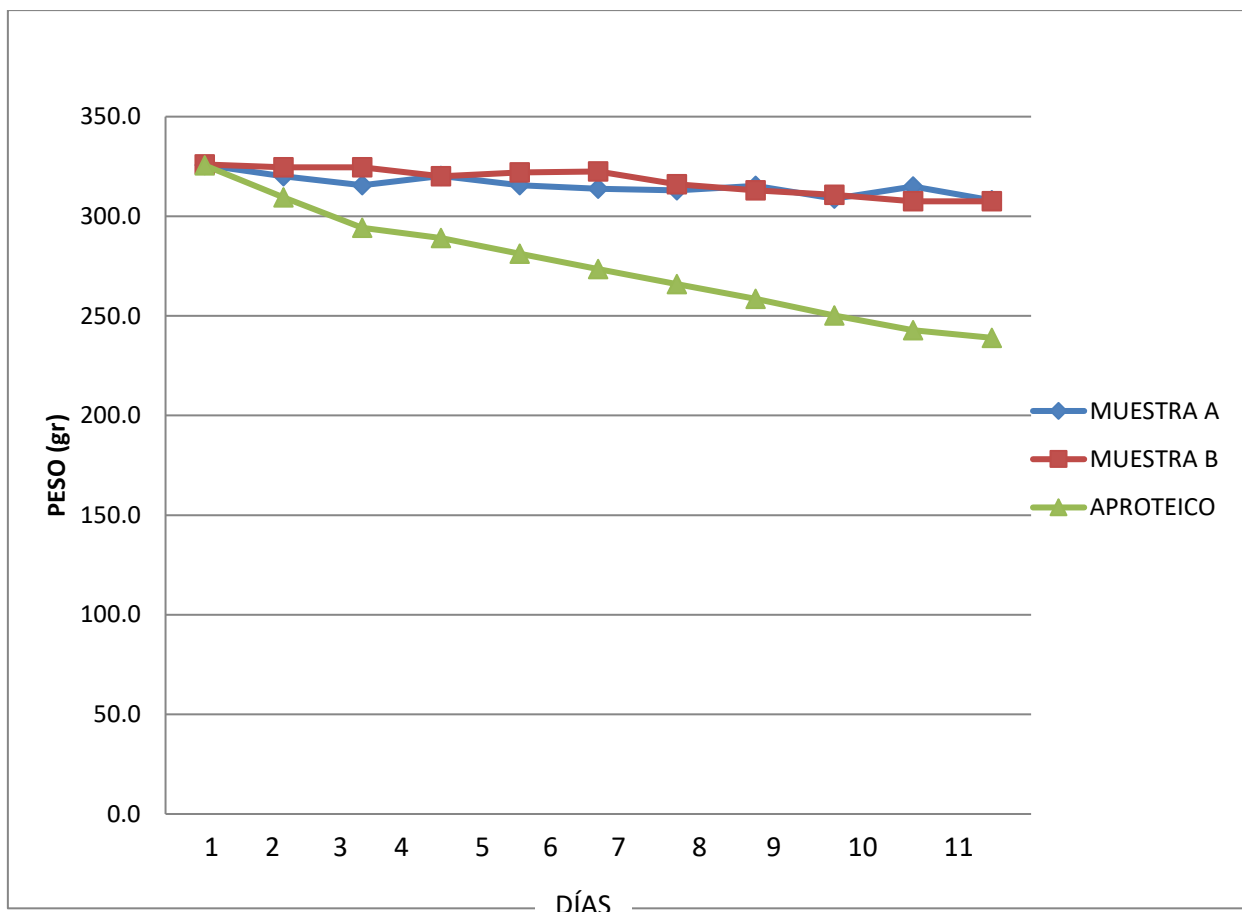


Figura 18: Variación de Peso en la fase experimental

Asimismo, Cuj *et al.* (2015) sugirieron que la combinación proteínas de leguminosas con proteína animal mejora el valor nutricional, encontrando que mezclas de 75% de leguminosa con 25% de leche aumentaron el valor nutricional de los valores de Digestibilidad de 96 a 98% basada en el cambio de peso corporal de los animales experimentales, es decir la capacidad de la proteína para mantenimiento y crecimiento por medio de la razón proteica neta (NPR), la Digestibilidad verdadera se determinó en función de cuánto de la dieta ingerida se queda en el organismo de la rata.

En un estudio realizado por Martínez-Montaña (2010 citado por Zapata, y Gutiérrez (2017) concluyen que la harina de soya hidrolizada era absorbida en una menor velocidad que sus pares hidrolizados de la harina de sardina. Ambas fuentes proteicas, tenían altos contenidos de aminoácidos esenciales, encontraron que aun cuando la concentración de aminoácidos como asparagina, leucina y tirosina sea la misma en hidrolizados tanto de sardina como de soya, este último presentaba menor absorción, ello podría explicar la diferencia de peso encontrada en la presente investigación.

V. CONCLUSIONES

1. Las formulaciones de sustitución con harina de calamar gigante *Dosidicus gigas* (Pota) en la elaboración del pan ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares permite prescindir de insumos como leche, huevo, albumina (proteínas de origen animal) .
2. Se ha logrado sustituir 12.6 % considerándose como formulación óptima de harina de Calamar gigante *Dosidicus gigas* (Pota) en las dos formulaciones del pan ofrecidos en que el Programa de Desayunos Escolares.
3. Los panes enriquecido con la harina de Calamar gigante *Desdicus gigas* (Pota) han elevado el aporte proteico en promedio hasta el 15%, respecto a los panes ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares.
4. Para niños en edad escolar, considerando sus requerimientos, una unidad de pan de 70 gramos enriquecido con esta harina cubre más del 40% de sus requerimientos, aportando aminoácidos esenciales con proteínas de alta calidad biológicas. encontrándose una digestibilidad verdadera de 78%.
5. No se encontró diferencias significativa en la aceptabilidad de los panes elaborados con y sin sustitución de harina de pota al 12,6%.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigaciones con formulaciones de pan a partir de harina de papa con cereales como la quinua y cereales andinos, dado que estos recursos son de procedencia nacional.
2. Así mismo, realizar investigaciones que estudien la utilidad de recursos hidrobiológicos con el objetivo de elevar el valor nutricional de alimentos de amplio consumo, destinados a niños y otras poblaciones vulnerables y de ser posible aplicar las pruebas sensoriales en la población objetivo.
3. Se recomienda realizar investigaciones sobre la calidad proteica tomando en cuenta la cuantificación de aminoácidos presentes en la formulación.
4. En investigaciones similares utilizando recursos hidrobiológicos se recomienda realizar pruebas de estabilidad para aumentar la vida útil de estos productos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdollahi, M; Undeland, I. 2018. Propiedades estructurales, funcionales y sensoriales del aislado proteico producido a partir de derivados de salmón, bacalao y arenque I. Food Bioprocess Technol (2018) 11: 1733. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2138>

Adeleke, R; Odedeji, J. 2010. Estudios de aceptabilidad en pan enriquecido con harina de tilapia. Pak J Nutr. 2010; 6: 531–534 p

Alegre, A. 2011. Relaciones ontogénicas y espacio-temporales en la dieta del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en Perú, utilizando un Modelo Aditivo Generalizado. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Alisino, C. 2009. Harina de Arveja en la elaboración del pan. Estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil (Tesis de Maestría). Universidad Nacional del Litoral. Argentina.

Alvarez, H; Salamanca, G. 2007. Valoración Metodológica para el estudio de Mezclas ternarias en sistemas alimentarios. Recuperado de Reserch Gate. www.pdfactory.com

Anticona, L. 2017. Comparación Físicoquímica y reológica de Harinas de trigo (*Triticum aestivum*), centeno (*Secale cereale*) y Triticale (*x Triticosecale*) en la elaboración de Pan (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Arendt, E; Zannini, E. 2013. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. Food Science, Technology and Nutrition, (248) 283-438.

Ayala, G. 2008. Aporte de los cultivos andinos a la nutrición humana. Universidad Nacional de Cajamarca, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú 110-112

Aylas, H. 2017. Desarrollo de una mezcla alimenticia en polvo de balanceado valor proteico y libre de gluten, a base de cereales y leguminosas. (Tesis de maestría). Universidad de Chile.

Bressani, R; Gómez-Brenes, O; Elías, L.1986. Calidad nutricional de la proteína del gandul, tierno y maduro y su valor suplementario a los cereales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 36(1) 108-116.

Briones, J. 2011. Obtención de harinas de cereales y leguminosas precocidas y su aplicación en alimentos para el adulto mayor. (Tesis de Maestría) Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México.

Cabezas, E. 2016. Caracterización física, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja (*Pisum sativum*). Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.

Calvo, M; Carrasco, M; Salinas, C; Carrillo, S. 2016. Composición Química de la Harina de Calamar Gigante *Disidicus Gigas*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 66 (12016), 74-81

Carpenter, R; Lyon, D; Hasdell, T. 2002 Análisis Sensorial en el Desarrollo y Control de la Calidad de Alimentos. Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A

Cauvain, S; Young, L. 2008. Productos de panadería: Ciencia, Tecnología y Práctica. Zaragoza, España: (1era Ed.) Editorial Acribia

Charley, H. 2011. Tecnología de Alimentos: Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos México: Editorial Limusa.

Cheftel, JC; Cheftel, H. 1988. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de Alimentos. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Cheftel, JC; Cuq, JL; Lorient, D .1989. Proteínas Alimentarias. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

Chin, C. Huda, N. Yang, T. 2012. Incorporación de polvo de surimi en fideos amarillos húmedos y sus efectos sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Int. Food Res. 2,701–707.

Chumacero, J. 2016. Elaboración experimental de snack a partir de pulpa de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura, Lima, Perú.

Cobo, G; Quiroz M, Santacruz, S .2013. Sustitución Parcial de trigo *Triticum aestivum* por harina de arracacha (*arracacha xanthorrhiza B*) en la elaboración de pan. Avances en Ciencia e Ingeniería, 5(2),41-44

Cuj, M; Dardon, J; Mazariegos, M; Pérez, W; Fisher, E; Román, A. 2017. Determinación de la ganancia de peso, calidad proteica y digestibilidad de ocho dietas a base de dos leguminosas, maní (*Arachis hipogaea L.*) y ajonjolí (*Sesamum indicum L.*) en ratas wistar. Revista Científica Vol 27 N°12017 Instituto de Investigaciones químicas y Biológicas. Universidad de San Carlos de Guatemala. pp 21-31

De La Cruz, W. 2009. Complementación proteica de harina de trigo (*Triticum aestivum l.*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y suero en pan de molde y tiempo de vida útil (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.

De La Vega, G. 2009. Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. Temas de Ciencia y Tecnología llevado a cabo en la Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.

De Luna Jiménez, A. 2007. Composición y procesamiento de la soya para consumo humano. Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguas Calientes (37), 35-44

Dueñas, B. 2002. Estudio Técnico del Procesamiento del pan francés Enriquecido con surimi de machete. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Espinoza, K. 2017. Desarrollo de un snack extruido a base de maíz enriquecido con harina de pota (*Dosidicus gigas*) precocida y determinación de su vida útil. (tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

FAO. 2016. El Estado mundial de la pesca y la acuicultura. Resumen Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I9540es/i9540es.pdf>

FAO. 2017. Evaluación de la Calidad de la Proteína de la Dieta en Nutrición Humana. Alimentación y Nutrición 92 Roma (Italia) 28-46

FAO. 2013. Evaluación de la proteína dietética en la nutrición humana: Informe de una Consulta de expertos de la FAO, FAO, Roma (Italia)

FAO, FDA, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. 2018. El Estado de la Seguridad Alimentaria y la nutrición en el mundo. Fomentando la resiliencia climática en aras de la Seguridad Alimentaria y la nutrición. Roma.

FAO. 2002. Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FAO. 2003. Necesidades Nutricionales de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

FAO/WHO. 1991. Protein Quality Evaluation, Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation. Food and Nutrition Paper, 65 p

FAO/WHO/UNU.(2007 Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation (WHO Technical Report Series 935).

Galindo, R. 2018. Nivel de aceptabilidad Sensorial de Extruidos de Quinoa con Maíz morado como una alternativa de Alimentación Saludable (Tesis de Maestría) Universidad Agraria La Molina, Lima- Perú

Gibson, R. 2005. Principles of Nutritional Assessment. Oxford, Inglaterra: R (2ed.) University Press.

Gonzales-Torres, L; Téllez –Valencia, A; Sampedro, J; Nájera, H. 2007. Las proteínas en la nutrición. Revista de Salud Pública y Nutrición, 8(2)

Guerra-Monteiro, M; Marsico, E; Soares, J; Delize, R; Conte-Junior, C. 2018. Harina de residuos de tilapia como sustituto nutricional natural del pan: una perspectiva del consumidor. 13(5) . doi.org/10.1371/journal.pone.0196665

Guoyao Wu. 2016. Ingesta de proteínas en la dieta y la salud humana. Revista Food Function, 7, 1251-1265

Guoyao Wu; Fanzo, J; Miller, D; Pingali, P; Post, M; Steiner, J; Thalacker, A. 2014. Producción y suministro de proteínas alimentarias de alta calidad para el consumo humano: sostenibilidad, desafíos e innovaciones. Revista annals of the New York Academy of sciences

Gutiérrez, H; De La Vara, R. 2008. Análisis y diseño de experimentos. México: Mac Graw Hill.

Hernández, M; Durán, D. 2012. Características reológicas del pan de agua, producto autóctono de Pamplona. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. 10, 61-74

Huda, N; Abdulla, H; Babji, A. 2001. Sustitución de harina de tapioca con polvo de surimi en galletas tradicionales. En: 16ª Conferencia científica sobre nutrición, sociedad de Malasia, Kuala Lumpur.

Hurtado, S. 2014. Elaboración de pasta untable a partir de recortes de pota (*Dosidicus gigas*) en envase ¼ club (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Hussain, I; Akhtar, N; Hussain, S. 2007. Evaluación de los alimentos de destete "khitchri" incorporados con diferentes niveles de concentrado de proteína de pescado. J Anim Plant Sci.; 1: 33–35.

Ibáñez, C; Sepúlveda, R; Ulloa, P; Friedemann, M. 2015. La biología y ecología del calamar gigante *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) en aguas chilenas: una revisión. Latin american journal of aquatic research, 43(3), 402-414.

Ibrahim.S.2009. Evaluación de la producción y calidad de galletas saladas suplementadas con concentrado de proteína de pescado. WJ Dairy Food Sci. 2009;1 : 28–31.

ICMSF.2000. (International Criteria for Microbiological Specifications in Food. Food and Drug Administration). Microorganismos de los alimentos Métodos de muestreo par análisis microbiológicos: principios y aplicaciones específicas. Zaragoza – España. Editorial Acribia

IMARPE.2009. Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. Instituto del Mar del Perú-Instituto Tecnológico Pesquero.

IMARPE. 2018. Biología, Estructura poblacional y Pesquería de Pota o Calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Perú Boletín Julio-Diciembre del 2018 vol 33 N°2 ISSN 0458-7766 Callao Perú ministerio de la Producción p 302-364

IMARPE. 2018. Crucero de Investigación del Calmar Gigante (*Dosidicus gigas*) (Cr 1812-1901 y perspectivas de Pesca para el 2019 Informe Técnico.

INS (Instituto Nacional de Salud). 2015. Informe técnico de vigilancia Alimentaria y Nutricional por Etapas de vida-escolares 2015. . Lima Perú.

Iqbal, A; Khalil, I; Ateeq, N; Sayar, M. 2006. Nutritional quality of important food legumes. Food Chemistry, 97(2), 331-335.

Jiménez, F. 2000. Evaluación nutricional de galletas enriquecidas con diferentes niveles de harina de pescado (Tesis de maestría) Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Jones, I; Peryam, D; Thurstone, II. 1955. Development of a scale for measuring soldier's food preferences. Food Research. 20:512-20.

Kuehl, R. 2001. Principios estadísticos para el diseño y el análisis de investigación. Editorial Thompson.

Lawless, H; Claasen, M. 1993 Application of the Central Dogma in Sensory Evaluation. Institute of Food Technologist. 47 (6) 139-146

Lawless, H; Horne, J; Chapman, K .2014. Applied Sensory Evaluation Workshop. Institute of Food Science, Cornell University. Ithaca 2006. Elaboración de Harina de pota (*Dosidicus gigas*) precocida para consumo humano (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

López, L; Suárez, M .2013. Fundamentos de Nutrición Normal. Editorial El Ateneo Buenos Aires, Argentina

Luna, M; Aragón, E; Salinas, C. 2009. Análisis del consumo de calamar gigante en el noroeste de México. Revista Región y Sociedad. México vol 21 (46) 145-157.

Madrid, A; Madrid, J; Madrid, R. 1994. Tecnología del Pescado y productos derivados. España: . (1 Ed.) Amv. Ediciones.

Marcelo, G.1986. Enriquecimiento del Pan con un Concentrado proteico a base de Plasma de sangre de vacuno. (tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Martínez, J. 1997. Procesamiento y Utilización de diferentes partes del cuerpo del Calamar Gigante *Dosidicus gigas* en forma de harina como factor de crecimiento en dietas balanceadas para *penaeus vannamei* (Tesis de Maestría) Universidad Autónoma de Nuevo León.

Martínez -Vega, J; Cruz-Suarez, L, Rique-Marie,M. 2014. Composición corporal y proceso de secado del calamar gigante (*Dosidicus gigas*). Disponible en: [www.umar.mx/revista_11/dosidicus .pdf](http://www.umar.mx/revista_11/dosidicus.pdf)

MINSA (Ministerio de Salud). 2014. Plan Nacional para la reducción de la desnutrición crónica infantil y la Prevención de la anemia en el País.2014-2016 Documento Técnico R.M.-N° 258 -2014 pp 13- 29

Mesas J; Alegre, M. 2002. El Pan y su proceso de elaboración. Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria 3(5) 307-313

Monteiro, M; Texeira, E; Soares, M; Caliari, M; Conte-Junior, C. 2019 Estabilidad Fisicoquímica del pan fortificado con harina de residuos de Tilapia. Journal of Food, 17(1) 36-43

Montgomery, D .2008.Diseño y Análisis de Experimentos. México: . (2 Ed) Editorial Limusa Wiley

Moughan, P. 2018. Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Scores and Digestible Indispensable Amino Acid Scores Differentially Describe Protein Quality in Growing Male Rats. Journal of Nutrition, 145 (2) 372–379.

Núñez De Villavicencio, M. 2016. Empleo de Frejol blanco en Panificación Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Revista Cubana.

Olivares, S; Soto, D; Zacarías, I.1991. Nutrición: Prevención de Riesgos y tratamientos dietéticos CONFELANYD (2 Ed), Santiago de Chile, Chile.

OMS 1995 Estado físico uso e interpretación de la antropometría. Informe del Comité de expertos de la OMS. Serie de Informes 854;1-452

Ortega, A. 1995. Obtención de harina de pota (*Dosidicus gigas*) para consumo humano directo. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.

Ortega, D, Bustamante, O, Gutiérrez, D, Correa, A. 2015. Diseño de mezclas en formulaciones. DYNA 82(180), 149-156

Ortega-Pérez, D; Bustamante-Rua, M; Gutiérrez-Roa, D; Correa-Espinal, A.2015. Mixture experiments in industrial formulations. Revista DYNA, 149-156

Ortolán, F; Steel, C.2017.Características de las proteínas que afectan la calidad del gluten de trigo vital que se utiliza en la cocción: una revisión. Revisiones completas en Ciencias de Alimentos e Inocuidad de Alimentos. 16 (3) 369-381

Othon, S .2013. Química, almacenamiento, e industrialización de los cereales 2. AGT editor (2 da Ed) México.

Pacheco, A. 2016. Elaboración de panes sin gluten utilizando harina de quinua *Chenopodium quinoa willd.* y almidón de papa *Solanum tuberosum* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.

Paredes, C; De La Puente, S. 2014. Situación actual de la Pesquería de la Pota (Dositicus gigas) En el Perú y Recomendaciones para su mejora. Informe final Proyecto Mediano Breve CIES Consorcio de Investigación económica y social. Universidad San Martín de Porres Instituto del Perú p 110

Pedreiros, D; Pangborn, R.1989. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Editorial Ahambra México DF

Pires, C; Costa, S; Batista; A; Nunes, M. Raymundo A. Batista; I. 2012. Propiedades de la proteína en polvo preparada a partir de los productos derivados de la merluza del Cabo. J Food Eng. 108: 268–275.

Pollit, E. 2002. Consecuencias de la desnutrición en el escolar peruano. Perú: Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú

PRONAA (Programa Nacional de asistencia alimentaria). 2009. Requerimientos y especificaciones técnicas para galletas enriquecidas o fortificadas. Perú.

Quaglia, G. 1991. Ciencia y Tecnología de la Panificación.:1 Ed Editorial Acribia Zaragoza. España 2015 Elaboración de sopa deshidratada a partir de germinado y hojas de quinua (*chenopodium quinoa, willd*) y arveja (*pisum sativum*). (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.

Ramírez, J; Díaz-Sobac, R; Morales, O; Vázquez, M. 1999. Evaluación de surimi liofilizado de tilapia y grasa remanente como emulsionante. C y TA J food;2: 210-214.

Ridner, E. 2006. Soja propiedades nutricionales y su impacto en la salud. Buenos Aires: Editorial Grupo QSA(1 Ed Sociedad Argentina de Nutrición.

Rodríguez, H. 2004. Evaluación nutricional, biológica y sanitaria del pan integral enriquecido con cuatro niveles de suplemento proteico a base de pulpa estabilizada de pescado. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

Rojas, D. 2009. Evaluación de la Toxicidad a dosis repetidas (90 días) por vía oral del concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*), en ratas Spraguedawley. (Tesis de Mestría) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

Roldán, D. (2007). Industrialización de harina de pota (*Dosidicus gigas*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 73(2), 120-121. Recuperado 27 de diciembre de 2019, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000200006&lng=es&tlng=es.

Roldán, D. 2002. Elaboración de harina precocida a partir de surimi de Falso Volador *Prionotus stephanophrys*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima- Perú.

Roldán, D; Lazo, L. 2007. Características nutricionales del concentrado de proteína de calamar gigante (*Dosidicus gigas*)

Salcedo, F. 2015. Elaboración de Hojuela Dulce a partir del Manto Molido de Pota (*Dosidicus gigas*) con Quinoa (*Chenopodium quinoa*) (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima- Perú.

Sen, D. 2005. Avances en la tecnología de procesamiento de pescado. Nueva Delhi: Editores Aliados

Shane, M; Rutherford, A; Fanning, C; Bruce, J; Miller, PJ; Moughan, P. 2015. El score químico de aminoácido corregidos por digestibilidad proteica y los puntajes de aminoácidos digeribles indispensables describen de manera diferente la calidad de la proteína en ratas macho en crecimiento. *The Journal of Nutrition*, 145(2) 372-379.

Sharif, MK; Butt, MS; Nasir, M. 2017, Evaluación Sensorial y Aceptabilidad del consumidor Capítulo 14 pp 363- 386

Shaviklo, AR. 2015. Desarrollo del Polvo de Proteína de pescado como ingrediente para aplicaciones alimentarias: Una Revisión. *Journal Food Sci Technology*. 52(2) 648-661

Shaviklo, GR; Olafsdottir, H; Sveinsdottir, K; Thorkelsson, G; Rafipour, F. 2010. Características de calidad y aceptación por parte del consumidor de un bocadillo de maíz y pescado inflado con alto contenido de proteínas. *Journal Food Sci Technology*

Shaviklo, GR; Thorkelsson, G; Sigurgisladottir, S; Rafipour, F. 2011. La calidad y la estabilidad de almacenamiento de los bocadillos extruidos de maíz y pescado durante un almacenamiento de 6 meses a temperatura ambiente. *J Sci Food Agricola*. 5: 886–893. doi: 10.1002 / jsfa.4261.

Shaviklo, GR; Olafsdottir, A; Sveinsdottir, K. 2011. Características de Calidad y Aceptación por parte del consumidor de bocadillos extruidos de maíz y pescado inflados con alto contenido de proteínas de pescado. *J Food Sci Technolgy* 48: 6 ; 668–676

Shaviklo, GR; Thorkelsson, G; Arason, S. 2010, La influencia de los aditivos y el almacenamiento congelado en las propiedades funcionales y el comportamiento del flujo de proteínas de pescado aisladas de eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*). *Turk J Fish Aqua Sci*. 3: 333–340.

Shimada, A .2015. Nutrición Animal. México: Editorial Trilla3 Ed.

Surco, J; Alvarado, J. 2011. Estudio estadístico de Pruebas sensoriales de Harinas compuestas para panificación *Revista Boliviana de Química* 28 (2) 80-88

Ureña, M; D'arrigo, M. 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Agraria 1Ed. Lima, Perú:

USDA. 2015 National Nutrient Database for Standard Reference, United States Department of Agriculture: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>

Vakily, JM; Seto, K; Pauly, D. 2012. Informes de investigación del centro de pesca. Centro de Pesca, Universidad de British Columbia, Canadá. 4 : 96–99

Vega-Galvez, A; Miranda, R; Claveria, R; Quispe, I; Vergara, J; Uribe, E; Paez, H. 2011. Efecto de la temperatura del aire sobre la cinética de secado y las características de calidad del calamar gigante osmotratado. Food Sci Tech 2011; 44: 16-23

Watts, R. Ylimarki. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de los alimentos. Ottawa, Canadá. 2 Ed.

Wormuth, J. 1976. The biogeography and numerical taxonomy of the oegopsid squidfamily Ommastrephidae in the Pacific Ocean. Bull. Scripps. Inst. Oceanogr., 23: 90.

Zapata, J. 2010. Sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) usando el método directo y esponja y masa en la elaboración del pan . (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.

Zegarra, S. 2015. Optimización de la formulación de una galleta enriquecida con hidrolizado de anchoveta (*engraulis ringens*) aplicando metodología de Superficie de Respuesta. (Tesis de maestría) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima- Perú.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Normativa de fortificación de harina de trigo

| Micronutrientes | Calidad Mínima de adición |
|-----------------|---------------------------|
| Hierro | 55 mg/kg |
| Tiamina | 5 mg/kg |
| Riboflavina | 4 mg/kg |
| Niacina | 48 mg/kg |
| Ácido Fólico | 1.2 mg/kg |

Fuente: Diario Oficial El Peruano 2004 DS N° 008-2004-SA

Anexo 2: Características fisicoquímicas y nutricionales del pan elaborado en el Programa de Desayunos Escolares

| | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Humedad | Max. 30 % |
| Peso por ración | 70 gramos |
| Energía por ración | Mínimo 255 Kcal |
| Energía prov. de Grasa | 20 – 35 % de energía total |
| Energía prov. de Proteína | mín. 10 % de energía total |
| Energía prov. De carbohidratos | la diferencia de la energía total |
| Proteína animal | mínimo 10% de la prot. Total |
| Acidez | máx. 0.7% expr en ácido láctico |
| Cenizas | máx. 2.5% |
| Hierro | mínimo 5 mg. |

Fuente: Normativa CENAN

Anexo 3: Requisitos microbiológicos establecidos para el pan elaborado en el Programa de Desayunos Escolares

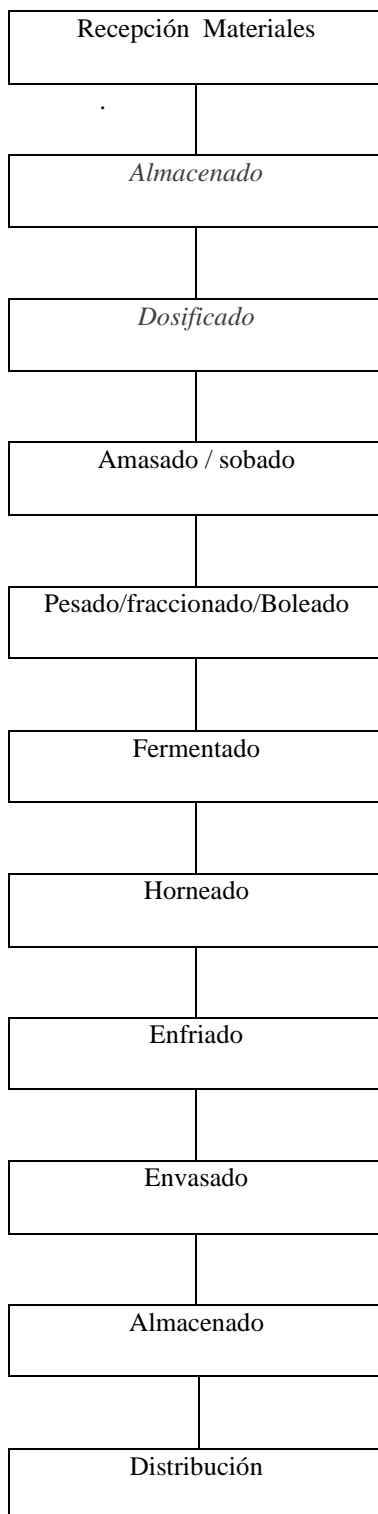
| Microorganismos | n | c | m | M |
|----------------------|---|---|-----------------|-----------------|
| Mohos y Levaduras *1 | 5 | 1 | 10 ² | 10 ⁴ |
| Salmonella /25 g *2 | 5 | 0 | -- | -- |

Fuente: Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria Normativa CENAN

*1 FAO 1992 2*ICMSF 1988 e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano RM N° 615-2003

SA

Anexo 4: Diagrama de flujo de la elaboración del pan fortificado según Programa de Desayunos Escolares



**Anexo 5: Formulación del Pan ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares:
Formulación F-45 (panes sin sustitución)**

| INSUMOS | Resultado | Masa |
|----------------------------------------------|----------------|---------------|
| | Se obtuvo | Insumo/unidad |
| | 90 panes | pan |
| | gr. | g |
| FORMULACION F-45 (Sin Sustitución) | | |
| **Harina de Trigo Especial marca “Santa Rosa | 3 708 | 41.2 |
| **Harina de Maíz amarillo | 448.0 | 4.97 |
| **Harina de Arveja | 245.0 | 2.72 |
| Manteca Vegetal marca “Tropical” | 571.0 | 6.34 |
| Azúcar Rubia | 937.0 | 10.4 |
| **Leche entera polvo | 117.0 | 1.30 |
| ** Huevo fresco | 611.0 | 6.79 |
| Levadura fresca marca “Fleischman” | 117.0 | 1.30 |
| Mejorador de masa marca “Fleischman” | 37.0 | 0.40 |
| Sal yodada | 37.0 | 0.40 |
| Esencia de vainilla | 16.3 | 0.19 |
| Sulfato ferroso anhidro | 1.7 | 0.02 |
| Agua (variable) | 1 304* | 14.48* |
| TOTAL | 8 150 g | 90.55 |

**Anexo 6: Formulación del Pan ofrecido en el Programa de Desayunos Escolares:
Formulación F-47 (panes sin sustitución)**

| INSUMOS FORMULACION F-47 Sin Sustitución | Resultado | Masa |
|-----------------------------------------------|-----------|---------------|
| | Se obtuvo | Insumo/unidad |
| | 86 panes | pan |
| | g. | g |
| **Harina de Trigo Especial marca “Santa Rosa” | 3 680 | 42.79 |
| **Harina de Maíz amarillo | 468 | 5.44 |
| **Concentrado proteico de soya al 60% | 187 | 2.17 |
| Manteca Vegetal marca “Tropical” | 858 | 9.98 |
| Azúcar Rubia | 780 | 9.07 |
| **Leche entera fresca UHT | 234 | 2.72 |
| **Albúmina de huevo en polvo | 101.4 | 1.18 |
| Levadura fresca marca “Fleischman” | 156.0 | 1.81 |
| Mejorador de masa marca “Fleischman” | 39.0 | 0.45 |
| Sal yodada | 31.2 | 0.36 |
| Esencia de vainilla | 7.8 | 0.09 |
| Sulfato ferroso anhidro | 1.8 | 0.02 |
| Agua (variable) | 1 248* | 14.51* |
| TOTAL | 7800 g | 90.64. |

** Insumos considerados para realizar el cómputo aminoacídico

Anexo 7: Formato de Prueba Sensorial

Anexo 7-1: Formato de Prueba Sensorial de Ordenamiento o Ranking

Nombre del Juez: _____

Fecha: _____

Muestra Evaluada: _____ Prueba N° _____

Antes de probar cada muestra enjuáguese bien la boca con agua. Ordene las muestras de acuerdo al orden de preferencia, para lo cual deberá escribir el código de cada muestra secuencialmente de izquierda a derecha.

Comentario.....

ENSAYO

**MUESTRAS ORDENADAS DE
MENOR.....A.....MAYOR preferencia**

Muchas gracias

Anexo 7-2: Formato de Prueba Sensorial de Preferencia Utilizando Escala numérica

Instrucciones: Pruebe las muestras de izquierda a derecha, e indique la intensidad de su preferencia de acuerdo con el numero en la escala siguiente

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
10
Poco agradable Agradable Extremadamente
agradable

Magnitud de Muestra 1 Muestra 2 Muestra 3
Preferencia
SABOR
ACEPTABILIDAD

Comentarios-----

Muchas gracias

Anexo 7-3: Formato Prueba Sensorial utilizando Escala Hedónica Estructurada

Producto ----- Fecha-----

Instrucciones: Indique que tanto le gustan o le disgustan las muestras de Pan ,según la siguiente escala:

Asigne la calificación correspondiente a cada propiedad:

- +2. Me gusta mucho
- +1. Me gusta
- 0. Ni me gusta ni me disgusta

- 1. Me disgusta
- 2. Me disgusta mucho

| Propiedad o atributo | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Aroma | ----- | ----- | ----- |
| Olor | ----- | ----- | ----- |
| Sabor | ----- | ----- | ----- |
| Textura | ----- | ----- | ----- |

Comentarios _____

Muchas gracias

Anexo 8: Datos de ordenamiento obtenidos aplicando la primera prueba de ordenamiento o ranking.

| Panelista | Muestra X (10% HP) | Muestra Y (12% HP) | Muestra Z (15% HP) | Muestra W (20% HP) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 3 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| 5 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 6 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 7 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 8 | 1 | 4 | 3 | 2 |
| 9 | 2 | 3 | 1 | 4 |
| 10 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 11 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 12 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 13 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 14 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 15 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 16 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 17 | 4 | 2 | 3 | 1 |
| 18 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 19 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 20 | 3 | 1 | 2 | 4 |

Anexo 9: Resultado de la primera prueba de ordenamiento o ranking descriptivos

| | N | Media | Desviación estándar |
|------------|----|--------|---------------------|
| 10 % HP(X) | 20 | -.0835 | .66716 |
| 12% HP (Y) | 20 | .5020 | .58350 |
| 15%HP (Z) | 20 | .3690 | .50795 |
| 20 %HP(W) | 20 | -.7875 | .55735 |

Análisis de varianza (ANVA) de los resultados de la Primera Prueba de Ordenamiento.

| Orden | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 20.306 | 3 | 6.769 | 19.993 | .000 |
| Dentro de grupos | 25.730 | 76 | .339 | | |
| Total | 46.036 | 79 | | | |

Prueba de Tukey HSD

| | N | Subconjunto para alfa igual a 0.05 | | |
|------------|----|------------------------------------|---------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 10 % HP(X) | 20 | | -0.0835 | |
| 12% HP (Y) | 20 | | | .5020 |
| 15%HP (Z) | 20 | | .3690 | |
| 20 %HP(W) | 20 | -0.7875 | | |

Anexo 10: Formulaciones

Anexo 10-1: Restricciones sobre los ingredientes de la masa total

| Componente | Mínimo % | Máximo % |
|-----------------------------------------|----------|----------|
| Harina de Pota | 5 | 15 |
| Harina de Trigo | 45 | 47 |
| Concentrado Proteico Soya/Harina Arveja | 2 | 6 |

Anexo 10-2: Coeficientes para la ecuación según modelo

| COMPONENTE | TIPO | Mínimo | Máximo | Media | Desv. standad |
|--------------------------|--------|--------|--------|-------|---------------|
| A= Harina de Pota | mezcla | 7 | 13 | 9.8 | 1.78 |
| B= Harina de Trigo | mezcla | 45 | 47 | 46.1 | 0.75 |
| C= Harina de Soya/Arveja | mezcla | 2 | 6 | 4.1 | 1.48 |

Anexo 10-3: Coeficientes para la ecuación según modelo para sabor y aceptabilidad

| RESPUESTA | Nº de Observaciones | Análisis | Mínimo | Máximo | media | Desv Stand | Modelo | |
|---------------|---------------------|------------|--------|--------|-------|------------|--------|----|
| Sabor | 16 | Polinomial | 7 | 9 | 7.9 | 0.68 | lineal | AB |
| Aceptabilidad | 16 | polinomial | 4 | 7 | 5.6 | 1.07 | Lineal | AC |
| | | | | | | | | BC |

Anexo 11: Analisis de varianza del modelo de ecuación de regresión de para la evaluación del sabor

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | Valor F | P valor Prob > F | |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------|----------|
| Modelo | 5.83 | 1 | 2.91 | 34.14 | 0.0001 | sugerido |
| Residual | 1.11 | 13 | 0.085 | | | |
| Falta de ajuste | 0.61 | 8 | 0.076 | 0.76 | 0.6519 | |
| Error Puro | 0.50 | 5 | 0.10 | | | |
| Total | 6.94 | 15 | | | | |

Anexo 12: Analisis de varianza del modelo de ecuación de regresión de para la para la evaluación de la aceptabilidad

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | Valor F | P valor Prob > F | |
|------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------------------|----------|
| Modelo | 7.70 | 2 | 3.85 | 5.14 | 0,0227 | sugerido |
| Residual | 9,74 | 13 | 0.75 | | | |
| Falta de ajuste | 4.07 | 8 | 9.51 | 0.45 | | |
| Error Puro | 5.67 | 5 | 1,13 | | | |
| Cor. Total | 17.44 | 15 | | | | |

Anexo 13: Formulaciones sugeridas por el programa

| Solutions Number | POTA* | TRIGO* | SOYA/ ARVEJA* | SABOR | ACEPTA BILIDAD | DESEABLE | |
|-----------------------------|---------------|---------------|--------------------------|--------------|---------------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 10.213 | 46.083 | 3.704 | 8.001 | 5.740 | 1.000 | |
| 2 | <u>11.532</u> | <u>45.000</u> | <u>3.468</u> | <u>8.740</u> | <u>6.653</u> | <u>1.000</u> | <u>Selected</u> |
| 3 | 11.920 | 45.900 | 2.180 | 8.452 | 6.192 | 1.000 | |
| 9 | 9.168 | 47.000 | 3.832 | 7.390 | 4.981 | 1.000 | |
| 10 | 11.000 | 47.000 | 2.000 | 7.793 | 5.350 | 1.000 | |
| 11 | 13.000 | 45.000 | 2.000 | 9.063 | 6.948 | 1.000 | <u>Selected</u> |
| 12 | 10.485 | 46.054 | 3.461 | 8.073 | 5.812 | 1.000 | |
| 24 | 12.835 | 45.127 | 2.038 | 8.974 | 6.839 | 1.000 | |
| 25 | 7.760 | 46.374 | 5.866 | 7.341 | 5.072 | 1.000 | |
| 26 | 10.375 | 45.800 | 3.824 | 8.154 | 5.941 | 1.000 | |
| 49 | 12.577 | 45.385 | 2.038 | 8.810 | 6.633 | 1.000 | |
| 50 | 11.101 | 46.577 | 2.322 | 7.991 | 5.623 | 1.000 | |
| 51 | 12.616 | 45.129 | 2.255 | 8.925 | 6.793 | 1.000 | <u>Selected</u> |
| 53 | 10.571 | 46.995 | 2.434 | 7.701 | 5.266 | 1.000 | |
| 79 | 10.919 | 46.866 | 2.215 | 7.831 | 5.414 | 1.000 | |
| 80 | 8.731 | 45.820 | 5.449 | 7.784 | 5.599 | 1.000 | |
| 81 | 7.181 | 46.992 | 5.826 | 6.957 | 4.586 | 1.000 | |
| 89 | 10.620 | 46.613 | 2.768 | 7.870 | 5.505 | 1.000 | |

Anexo 14: Segunda prueba sensorial de ordenamiento o ranking

| Juez | F-1 (solution 2) HP= 11.5% | F-2 (solution 51) HP= 12.62% | F-3 (solution 24) HP= 12.86% | F-14 (solution 11) HP= 13.0% |
|------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 2 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 3 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 4 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 6 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 7 | 4 | 3 | 1 | 2 |
| 8 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 9 | 2 | 1 | 4 | 3 |
| 10 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 11 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 12 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 13 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 14 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 15 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 16 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 17 | 1 | 4 | 3 | 2 |
| 18 | 1 | 3 | 2 | 4 |
| 19 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 20 | 4 | 2 | 3 | 1 |
| 21 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 22 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 23 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 24 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 25 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| 26 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 27 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 28 | 4 | 1 | 3 | 2 |
| 29 | 1 | 2 | 4 | 3 |
| 30 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 31 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 32 | 1 | 3 | 4 | 2 |
| 33 | 1 | 4 | 2 | 3 |
| 34 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 35 | 2 | 4 | 1 | 3 |
| 36 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 37 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 38 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 39 | 2 | 4 | 3 | 1 |
| 40 | 3 | 4 | 2 | 1 |

Anexo 15: Análisis estadístico

Anexo 15.1: Estadísticos descriptivos del resultado de la segunda prueba de ordenamiento o ranking

| Muestra | N | media | Desviación standard |
|----------------------------|----|---------|---------------------|
| F-1(Solution 2) HP= 11.5 % | 40 | -0.1115 | 0.61506 |
| F-2(Solution 2) HP= 12.6 % | 40 | 0.4120 | 0.78439 |
| F-3(Solution 2) HP= 12.8 % | 40 | 0.1233 | 0.63274 |
| F-4(Solution 2) HP= 13.0 % | 40 | -0.4238 | 0.76177 |

Anexo 15.2: análisis de varianza (ANVA) de los resultados de la segunda prueba de ordenamiento.

| Orden | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 15.077 | 3 | 5.026 | 10.183 | .000 |
| Dentro de grupos | 76.995 | 156 | .494 | | |
| Total | 92.072 | 159 | | | |

Anexo 15.3: Prueba de Tukey- Hsd

| orden | N | Subconjunto para alfa igual a 0.05 | | |
|------------------------------------|----|------------------------------------|---------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| F-1 (Solution 2) HP= 11.5 % | 40 | -0.1115 | -0.1115 | |
| F-4 (Solution 11) HP= 13.0 % | 40 | -0.4238 | | . |
| F-3 (Solution 24) HP= 12.8 % | 40 | | 0.1233 | 0.1233 |
| F-2 (Solution 51) HP12.6% | 40 | | | 0.4120 |

Anexo 16: Composición de aminoácidos en formulaciones y necesidades de aminoácidos en diferentes grupos de edad según FAO/OMS/UNU

| Formulación sugerida | Prot/Formula ción (g) | Requerimiento de aa /edad | Lisina | Metionina+ cisteina | Treonina | Triptofano | |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|-------------|------------------------|-------------|------------|-----|
| | | Lactantes Recién nacidos hasta 6 meses (1) | 69 | 33 | 44 | 17 | |
| | | Niños desde 6 meses hasta 3 años (2) | 57 | 27 | 31 | 8.5 | |
| | | Niños mayores adolescentes(3) | 48 | 23 | 25 | 6.6 | |
| F-45 sin sust | 6.8 | Aporte total mg de aa. | 6.89 | 243.64 | 263.64 | 218.98 | |
| | | Aporte l mg de aa./g prot. | 35.36 | 38.26 | 31.78 | 11.97 | |
| | | score | 0.51 | 1.16 | 0.72 | 0.70 | (1) |
| | | | 0.62 | 1.41 | 1.03 | 1.41 | (2) |
| 0.74 | 1.66 | | 1.27 | 1.81 | (3) | | |
| F-47 sin sust | 8.0 | Aporte total mg de aa | 291.07 | 302.06 | 259.88 | 99.4 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot | 36.36 | 37.73 | 32.46 | 12.42 | |
| | | score | 0.53 | 1.14 | 0.74 | 0.73 | (1) |
| | | | 0.64 | 1.40 | 1.05 | 1.46 | (2) |
| 0.76 | 1.64 | | 1.30 | 1.88 | (3) | | |
| (F-45 +Solution 2 | 15.0 | Aporte total mg de aa. | 1103.98 | 552.03 | 521.18 | 255.18 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot. | 73.60 | 36.80 | 34.74 | 17.00 | |
| | | score | 1.06 | 1.12 | 0.79 | 1.00 | (1) |
| | | | 1.29 | 1.36 | 1.12 | 2.00 | (2) |
| 1.53 | 1.63 | | 1.39 | 2.58 | (3) | | |
| (F-47 +Solution 2 | 16.2 | Aporte total mg de aa. | 1173.05 | 594.58 | 574.77 | 273.54 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot | 72.10 | 36.54 | 35.33 | 16.81 | |
| | | score | 1.04 | 1.11 | 0.80 | 0.99 | (1) |
| | | | 1.26 | 1.55 | 1.14 | 1.98 | (2) |
| 1.50 | 1.59 | | 1.41 | 2.66 | (3) | | |
| F-45 +Solution1 1 | 16.3 | Aporte total mg de aa. | 1235.4 | 597.6 | 567.9 | 279.7 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot. | 76.02 | 36.77 | 34.95 | 17.22 | |
| | | score | 1.10 | 1.11 | 0.79 | 1.01 | (1) |
| | | | 1.33 | 1.36 | 1.13 | 2.03 | (2) |
| 1.58 | 1.59 | | 1.39 | 2.61 | (3) | | |

Continuación Anexo 16: Composición de aminoácidos en formulaciones y necesidades de aminoácidos en diferentes grupos de edad según FAO/OMS/UNU

| Formulación sugerida | Prot/Formulación (g) | Requerimiento de aa /edad | Lisina | Metionina+cisteína | Treonina | Triptofano | |
|----------------------|----------------------|--------------------------------------------|-----------|--------------------|-------------|------------|-----|
| | | Lactantes Recién nacidos hasta 6 meses (1) | 69 | 33 | 44 | 17 | |
| | | Niños desde 6 meses hasta 3 años (2) | 57 | 27 | 31 | 8.5 | |
| | | Niños mayores adolescentes (3) | 48 | 23 | 25 | 6.6 | |
| F-47 +Solución 11 | 17.4 | Aporte total mg de aa. | 1296.5 | 640.0 | 621.4 | 298.1 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot. | 74.14 | 36.62 | 35.55 | 17.05 | |
| | | Score | 1.07 | 1.11 | 0.81 | 1.00 | (1) |
| | | | 1.30 | 1.36 | 1.16 | 2.00 | (2) |
| 1.54 | 1.59 | | 1.42 | 2.58 | (3) | | |
| F-45 + Solución 24 | 16.1 | Aporte total mg de aa. | 1222.1 | 592.6 | 562.84 | 276.6 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot. | 75.81 | 36.76 | 34.92 | 17.16 | |
| | | Score | 1.09 | 1.14 | 0.79 | 1.00 | (1) |
| | | | 1.33 | 1.36 | 1.13 | 2.01 | (2) |
| 1.58 | 1.59 | | 1.40 | 2.60 | (3) | | |
| F-47 +Solución 24 | 17.3 | Aporte total mg de aa. | 1282. | 635.1 | 616.34 | 295.5 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot | 73.94 | 36.61 | 35.52 | 17.03 | |
| | | Score | 1.07 | 1.11 | 0.81 | 1.00 | (1) |
| | | | 1.30 | 1.36 | 1.15 | 2.00 | (2) |
| 1.54 | 1.59 | | 1.42 | 2.58 | (3) | | |
| F-45 +Solución 51 | 15.9 | Aporte total mg de aa. | 1204.0 | 585.8 | 555.89 | 273.4 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot | 75.53 | 36.76 | 34.87 | 17.16 | |
| | | score | 1.09 | 1.11 | 0.79 | 1.01 | (1) |
| | | | 1.33 | 1.36 | 1.12 | 2.02 | (2) |
| 1.57 | 1.60 | | 1.39 | 2.60 | (3) | | |
| F47 +Solución 51 | 17.1 | Aporte total mg de aa. | 1264.4 | 628.3 | 609.42 | 291.8 | |
| | | Aporte mg de aa./g prot | 73.64 | 36.59 | 35.49 | 17.00 | |
| | | Score | 1.07 | 1.11 | 0.81 | 1.00 | (1) |
| | | | 1.29 | 1.36 | 1.14 | 2.00 | (2) |
| 1.53 | 1.59 | | 1.42 | 2.57 | (3) | | |

Anexo 17: Validación con las formulaciones óptimas de sustitución

Formulación optimizada según R^2 ajustado y R^2 predictivo

| Componente | Nivel | Nivel Bajo | Nivel Alto | Desv Standar |
|---------------------|--------------|------------|------------|--------------|
| A = Harina de pota | 12.51 | 7.00 | 13.00 | 0.00 |
| B = Harina de Trigo | 45.13 | 45.00 | 47.00 | 0.00 |
| C = Soya/ Arveja | 2.26 | 2.00 | 6.00 | 0.00 |
| Total | 6.000 | | | |

Design-Expert® Software
Component Coding: Actual
Overlay Plot

SABOR
ACEPTABILIDAD
• Design Points

X1 = A: POTA
X2 = B: TRIGO
X3 = C: SOYA/ ARVEJA

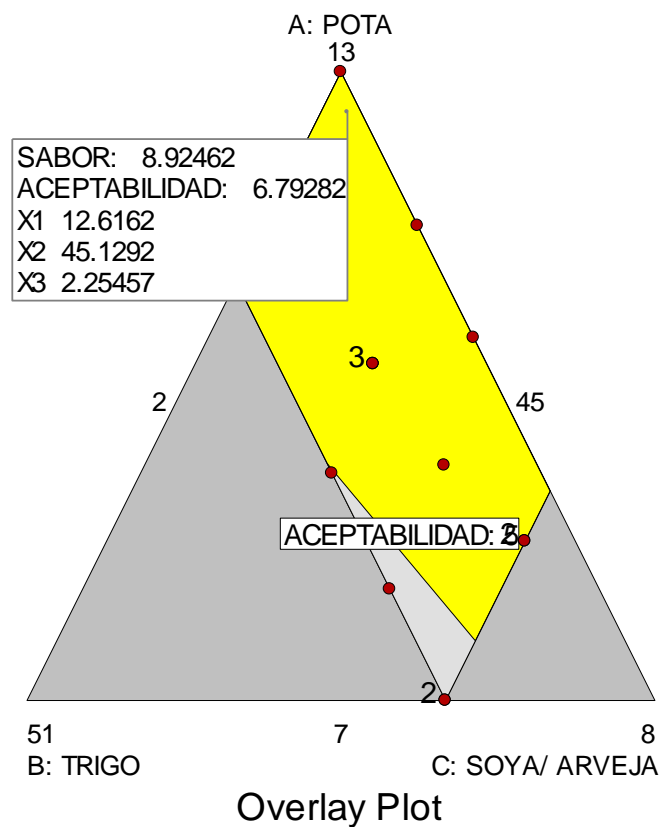


Figura de formulación óptima de sustitución

Anexo 18: Score químico y PDCAAS de las formulaciones sugeridas.

| FORMULACION Requerimiento/ Aporte según Formulación | Prot. (g) | Lisina 48 | Met+Cis 23 | Treonina 25 | Triptofano 6,6 | Sore Quimico | PDCAAS |
|-----------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|
| F-45 Sin Sustitución | 6.89 | 35.36 | 38.26 | 31.78 | 11.97 | Lisina = 74 | Lisina 57.65 |
| F-47 Sin Sustitución | 8.00 | 36.36 | 37.73 | 32.46 | 12.42 | Lisina = 76 | Lisina 60.88 |
| Solution 2 + F-45 | 15.0 | 73.60 | 36.80 | 34.74 | 17.00 | No hay | _____ |
| Solution 2 + F-47 | 16.3 | 72.10 | 36.54 | 35.33 | 16.81 | No hay | _____ |
| Solution 11 + F-45 | 16.3 | 76.02 | 36.77 | 34.95 | 17.22 | No hay | _____ |
| Solution 11 + F-47 | 17.5 | 74.14 | 36.62 | 35.55 | 17.05 | No hay | - _____ |
| Solution 24 + F-45 | 16.1 | 75.81 | 36.76 | 34.92 | 17.16 | No hay | _____ |
| Solution 24 + F-47 | 17.4 | 73.94 | 36.61 | 35.52 | 17.03 | No hay | _____ |
| Solution 51 + F-45 | 15.9 | 75.57 | 36.77 | 34.89 | 17.17 | No hay | _____ |
| Solution 51 + F-47 | 17.2 | 73.67 | 36.59 | 35.49 | 16.99 | No hay | _____ |

Anexo 19: Pruebas sensoriales Hedónicas para muestras de pan A, B, C

| Juez | MUESTRA A Solution 51+ F-45 | | | | MUESTRA B Solution 51+ F-47 | | | | MUESTRA C Formulación PDE s/sustitución | | | |
|------|--------------------------------|------|-----------|-------------|--------------------------------|------|-----------|-------------|-----------------------------------------------|------|-----------|-----------------|
| | ARO MA | OLOR | SA BOR | TEX TURA | ARO MA | OLOR | SA BOR | TEX TURA | ARO MA | OLOR | SA BOR | TEX TUR A |
| 1 | 2 | -1 | -1 | -1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | -2 |
| 2 | 1 | -2 | -2 | 1 | 0 | -1 | -2 | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 |
| 3 | 0 | -1 | 1 | -1 | -1 | -2 | -2 | -1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 4 | 0 | 0 | -2 | -1 | 0 | -1 | -2 | -1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | -2 | -1 | -2 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 |
| 6 | -1 | 0 | -2 | -2 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -2 |
| 7 | 1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 0 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 0 |
| 8 | 1 | -1 | -1 | -2 | 1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | -2 | -1 |
| 9 | -1 | 1 | 1 | 1 | -2 | -2 | -2 | -1 | -2 | -1 | -1 | 1 |
| 10 | -2 | -1 | -2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | -1 | -1 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 2 | -1 | -1 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 1 |
| 12 | 0 | -1 | 0 | 1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| 13 | -1 | -2 | -1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 14 | 1 | 1 | -1 | 1 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | -1 | 0 | 1 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 0 | -1 | 1 |
| 17 | -2 | -1 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | -2 | 0 | -1 | -2 | 0 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | 0 | -1 |
| 19 | -1 | 0 | -1 | -2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 |
| 20 | 1 | 0 | -2 | -2 | -2 | -1 | 0 | -2 | -1 | -1 | 0 | -1 |
| 21 | -1 | 0 | -1 | -2 | 1 | -1 | 1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 |
| 22 | 2 | 0 | 1 | -2 | 0 | 0 | -1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 23 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | 0 | -1 | -1 | 0 | -1 | 1 | 0 |

Anexo 20: Análisis de varianza para los atributos: aroma, olor, sabor y textura para los panes A, B, Y C

Test de Kruskas wallis

Análisis de Varianza para el atributo

AROMA

| AROMA Muestra | Tamaño de muestra | Rango promedio |
|---------------|-------------------|----------------|
| A | 23 | 37.6 |
| B | 23 | 30.45 |
| C | 23 | 36.98 |

| Muestra | N° de Panelistas | Suma | Promedio | Varianza |
|----------|------------------|-----------|--------------|-------------|
| A | 23 | 0 | 0 | 1.55 |
| B | 23 | -9 | -0.39 | 0.89 |
| C | 23 | -1 | -0.04 | 0.77 |

Prueba estadística= 1.927 P-Value = 0.38

ANVA atributo Aroma

| Fuente | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F-ratio | p-valor | Valor Crítico para F |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-------------|----------------------|
| Entre grupos | 2.11 | 2 | 1.05 | 0.99 | 0.38 | 3.14 |
| Dentro grupos | 70.43 | 66 | 1.07 | | | |
| Total | 72.6 | 68 | | | | |

Test de Kruskas wallis atributo

: Análisis de Varianza para el atributo OLOR

| OLOR muestra | Tamaño de muestra | Rango de promedio |
|--------------|-------------------|-------------------|
| A | 23 | 38.11 |
| B | 23 | 30.5 |
| C | 23 | 36.39 |

| Muestra | N° de Panelistas | Suma | Promedio | Varianza |
|---------|------------------|------|----------|----------|
| A | 23 | -8 | -0.35 | 0.51 |
| B | 23 | -7 | -0.30 | 0.77 |
| C | 23 | -14 | -0.61 | 0.61 |

Test statistic = 2.111 P-Value = 0.348

ANVA atributo OLOR

Test de Kruskal wallis. Atributo SABOR Análisis de Varianza para el atributo SABOR

| SABOR muestra | Tamaño de muestra | Rango de promedio |
|---------------|-------------------|-------------------|
| A | 23 | 28.17 |
| B | 23 | 36.63 |
| C | 23 | 40.19 |

| Muestra | N° de Panelistas | Suma | Promedio | Varianza |
|---------|------------------|------|----------|----------|
| A | 23 | -16 | -0.70 | 1.22 |
| B | 23 | -4 | -0.17 | 1.60 |
| C | 23 | 1 | -0.04 | 1.22 |

Test

statistic = 4.63 P-Value = 0.098

ANVA atributo SABOR

| Fuente | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F-ratio | p-valor | Valor Crítico para F |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|---------|----------------------|
| Entre grupos | 6.64 | 2 | 3.32 | 2.46. | 0.09 | 3.14 |
| Dentro grupos | 89.13 | 66 | 1.35 | | | |
| Total | 95.77 | 68 | | | | |

Test de Kruskal Wallis. Atributo TEXTURA**Análisis de Varianza para el atributo TEXTURA**

| TEXTURA muestra | Tamaño de muestra | Rango de promedio |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| A | 23 | 35.52 |
| B | 23 | 39.11 |
| C | 23 | 30.37 |

| Muestra | N° de Panelistas | Suma | Promedio | Varianza |
|---------|------------------|------|----------|----------|
| A | 23 | -8 | 0.26 | 2.15 |
| B | 23 | 1 | -0.17 | 1.23 |
| C | 23 | 6 | 0.04 | 1.11 |

Test statistic = 2.39 P-Value = 0.30

ANVA atributo Textura

| Fuente | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F-ratio | p-valor | Valor Crítico para F |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|---------|----------------------|
| Entre grupos | 4.38 | 2 | 2.19 | 1.46. | 0.24 | 3.14 |
| Dentro grupos | 98.61 | 66 | 1.49 | | | |
| Total | 102.99 | 68 | | | | |

Anexo 21: Resultado de la prueba Hedónica para establecer correlación entre sabor y aceptabilidad

| Juez | Muestra A | | Muestra B | | Muestra C | |
|------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------------------|
| | SABOR | ACEPTA BILIDAD | SABOR | ACEPTA BILIDAD | SABOR | ACEPTA BILIDAD |
| 1 | 7 | 5 | 8 | 5 | 4 | 3 |
| 2 | 6 | 4 | 7 | 4 | 5 | 4 |
| 3 | 7 | 5 | 9 | 4 | 3 | 3 |
| 4 | 6 | 4 | 6 | 3 | 5 | 4 |
| 5 | 7 | 4 | 8 | 5 | 6 | 5 |
| 6 | 5 | 3 | 9 | 5 | 4 | 3 |
| 7 | 5 | 4 | 7 | 3 | 5 | 4 |
| 8 | 8 | 5 | 7 | 4 | 4 | 4 |
| 9 | 6 | 4 | 8 | 5 | 5 | 4 |
| 10 | 5 | 3 | 6 | 3 | 3 | 2 |
| 11 | 6 | 4 | 9 | 4 | 4 | 3 |
| 12 | 5 | 4 | 9 | 5 | 2 | 2 |
| 13 | 7 | 5 | 9 | 5 | 4 | 3 |
| 14 | 6 | 4 | 8 | 4 | 3 | 3 |
| 15 | 7 | 5 | 9 | 4 | 4 | 3 |

Anexo 22: Coeficiente de correlación entre sabor y aceptabilidad

Muestra” A”

Variable Dependiente: ACEPTABILIDAD (MUESTRA” A”)

Variable Independiente: SABOR (MUESTRA A)

Modelo Lineal: $Y = a + b \cdot X$

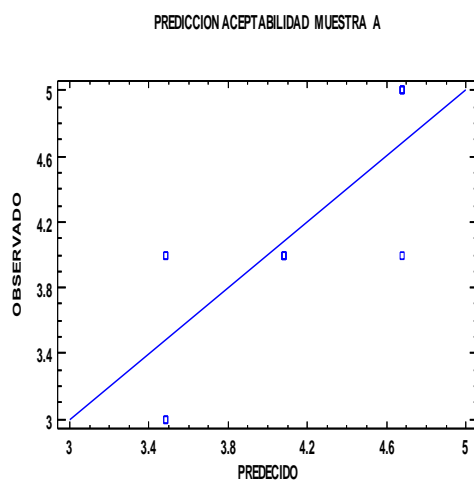
Coefficientes

| | Mínimos Cuadrados | Standard | T | |
|------------|-------------------|----------|-------------|---------|
| Parámetro | Estimado | Error | Estadístico | P-Valor |
| Intercepto | 0.5 | 0.69 | 0.71 | 0.48 |
| Pendiente | 0.59 | 0.11 | 5.37 | 0.0001 |

ANÁLISIS DE VARIANZA

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado Medio | F-Ratio | P-Valor |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|---------|
| Modelo | 4.41 | 1 | 4.41 | 28.94 | 0.0001 |
| Residual | 1.98 | 13 | 0.15 | | |
| Total (Corr.) | 6.4 | 14 | | | |

Coefficiente de Correlación $r = 0.84$



Relación entre aceptabilidad y sabor muestra “A”

Coefficiente de correlación entre sabor y aceptabilidad

Muestra” B”

Variable Dependiente : **ACEPTABILIDAD (MUESTRA” B”)**

Variable Independiente: **SABOR (MUESTRA B)**

Modelo Lineal: $Y = a + b \cdot X$

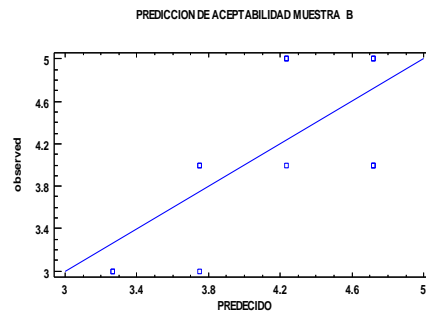
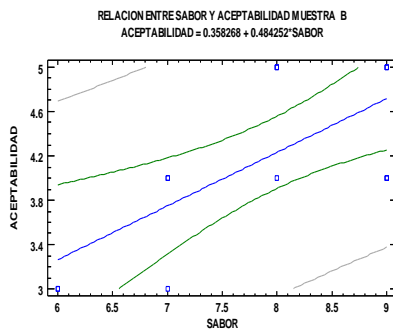
Coefficientes

| | Mínimos Cuadrados | Standard | T | |
|------------|-------------------|----------|-------------|---------|
| Parámetro | Estimado | Error | Estadístico | P-Valor |
| Intercepto | 0.36 | 1.135 | 0.32 | 0.75 |
| Pendiente | 0.48 | 0.142 | 3.414 | 0.004 |

ANALISIS DE VARIANZA

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F-Ratio | P-Valor |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|---------|
| Modelo | 3.97 | 1 | 3.97 | 11.65 | 0.0046 |
| Residual | 4.43 | 13 | 0.34 | | |
| Total (Corr.) | 8.4 | 14 | | | |

Coefficiente de Correlación = 0.69



Relación entre aceptabilidad y sabor muestra “B”

Variable Dependiente: ACEPTABILIDAD (MUESTRA “C”)

Variable Independiente: SABOR (MUESTRA C)

Modelo Lineal : $Y = a + b \cdot X$

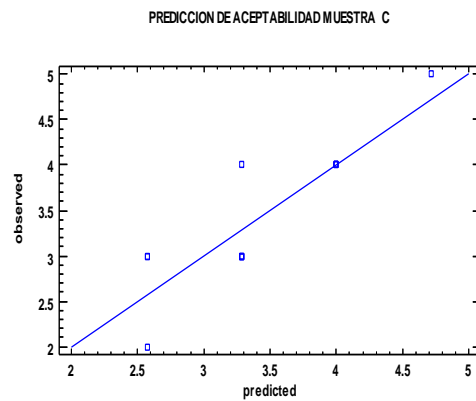
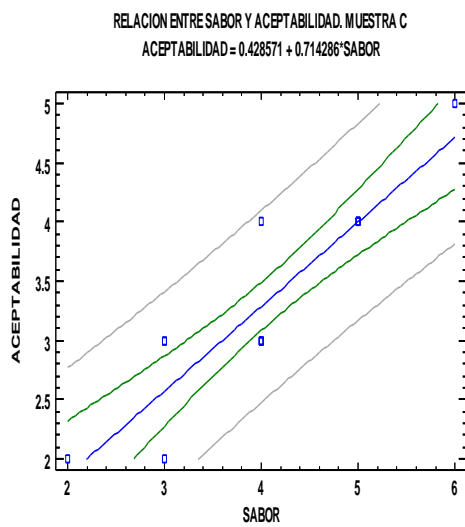
Coefficientes

| | Mínimos Cuadrados | Standard | T | |
|------------|-------------------|----------|-------------|---------|
| Parámetro | Estimado | Error | Estadístico | P-Valor |
| Intercepto | 0.43 | 0.39 | 1.08 | 0.29 |
| Pendiente | 0.71 | 0.094 | 7.601 | 0.000 |

ANALISIS DE VARIANZA

| Fuente | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado Medio | F-Ratio | P-Valor |
|---------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|---------|
| Modelo | 7.62 | 1 | 7.62 | 57.78 | 0.0000 |
| Residual | 1.71 | 13 | 0.13 | | |
| Total (Corr.) | 9.33 | 14 | | | |

Coefficiente de Correlación $r = 0.90$



Relación entre aceptabilidad y sabor muestra “C”

Anexo 23: Formulación de la ración para el experimento de pruebas biológicas

Análisis proximal de la muestra

COMPOSICION PORCENTUAL DE LA RACION PARA LA PRUEBA BIOLOGICA

| | Pan A (F.45 con 12.6% de HP) | | Pan B (F.47 con 12.6% de HP) | |
|---------------------|------------------------------|--------|------------------------------|--------|
| Nutriente | (gramos) | kcal | (gramos) | kcal |
| Harina de pan | 62.93 | 282.65 | 66.50 | 297.0 |
| Sales minerales | 4.00 | ... | 4.0 | ... |
| Mezcla de vitaminas | 5.00 | 18.87 | 5.0 | 18.87 |
| Azúcar | 7.69 | 30.76 | 6.50 | 26.00 |
| Maicena | 15.38 | 54.14 | 13.00 | 45.76 |
| Coronta molida | 5.00 | 12.80 | 5.00 | 12.80 |
| Total | 100.00 | 399.22 | 100.00 | 400.43 |

I Control diario de alimentos residuo desperdicio orina y heces para la prueba de digestibilidad y valor biológico

Muestra "A"

Rata N°1

| Día / Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Alimento | 10.05 | 14.15 | 14.05 | 13.99 | 14.04 | 14.04 | 14.13 | 31.45 | 31.45 |
| Residuo | 4.50 | 6.58 | 7.73 | 6.55 | 6.12 | 10.22 | ----- | 41.7 | |
| Desperdicio | 0.31 | 1.89 | 1.10 | 1.47 | 2.18 | 0.23 | ----- | 7.18 | |
| Orina | 0.23 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 1.20 | 1.0 | 0.03 | 5.13 | |
| Heces | 0.84 | 1.06 | 1.18 | 1.85 | 1.33 | 0.67 | 0.25 | 7.18 | |

Rata N°2

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Alimento | 10.04 | 14.11 | 14.31 | 14.36 | 14.26 | 14.04 | 14.4 | 81.12 | 35.8 |
| Residuo | 3.75 | 8.10 | 8.21 | 8.75 | 7.59 | 8.80 | ----- | 45.2 | |
| Desperdicio | --- | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | ----- | 0.12 | |
| Orina | 2.8 | 6.0 | 7.25 | 5.80 | 6.50 | 5.0 | 1.6 | 34.95 | |
| Heces | 0.91 | 1.56 | 1.75 | 0.99 | 1.44 | 1.42 | 0.37 | 8.44 | |

Rata N°3

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Alimento | 10.04 | 14.05 | 14.01 | 14.01 | 14.16 | 14.04 | 14.04 | 80.31 | 41.07 |
| Residuo | 1.66 | 6.60 | 8.22 | 6.76 | 6.84 | 7.89 | ----- | 37.97 | |
| Desperdicio | 0.06 | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 1.03 | ----- | 1.27 | |
| Orina | 2.00 | 4.30 | 2.60 | 1.90 | 1.90 | 1.45 | 0.43 | 14.58 | |
| Heces | 1.62 | 1.72 | 1.37 | 1.38 | 1.32 | 1.28 | 0.47 | 9.16 | |

Rata N°4

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-----------|--------|---------|
| Alimento | 10.05 | 14.1 2 | 14.08 | 14.17 | 14.04 | 14.0 4 | 14.0 9 | 80.5 | 35.08 |
| Residuo | 4.07 | 8.56 | 7.72 | 8.20 | 8.16 | 8.64 | ----- | 15..35 | |
| Desperdicio | 0.02 | 0.01 | --- | 0.01 | 0.02 | 0.01 | ----- | 0.07 | |
| Orina | 1.47 | 3.20 | 1.95 | 2.25 | 1.30 | 1.85 | 0.62 | 12.39 | |
| Heces | 0.98 | 1.09 | 1.60 | 1.28 | 1.40 | 0.43 | 0.37 | 7.4 | |

Rata N°5

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|---------|
| Alimento | 10.42 | 14.05 | 14.40 | 13.58 | 14.29 | 14.26 | 14.04 | 81.0 | 40.4 |
| Residuo | 2.67 | 8.04 | 7.20 | 6.99 | 7.56 | 7.98 | ----- | 40.4 4 | |
| Desperdicio | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | ----- | 0.16 | |
| Orina | 1.77 | 3.70 | 3.65 | 3.85 | 3.40 | 2.70 | 0.97 | 20.0 4 | |
| Heces | 1.62 | 1.48 | 1.82 | 1.33 | 1.22 | 1.15 | 0.44 | 9.06 | |

Rata N°6

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|
| Alimento | 10.30 | 14.14 | 14.21 | 14.10 | 14.0 7 | 14.06 | 14.14 | 80.88 | 40.41 |
| Residuo | 3.16 | 7.76 | 7.40 | 7.17 | 6.35 | 6.36 | ----- | 40.20 | |
| Desperdicio | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.09 | 0.06 | ----- | 0.27 | |
| Orina | 1.73 | 3.00 | 4.10 | 3.70 | 3.40 | 2.70 | 0.93 | 19.56 | |
| Heces | 1.11 | 1.35 | 1.94 | 1.49 | 1.53 | 1.07 | 0.96 | 9.45 | |

Control diario de alimentos residuo desperdicio orina y heces para la prueba de digestibilidad y valor biológico Muestra "B"

Rata N°7

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Alimento | 10.07 | 14.05 | 14.1 5 | 14.13 | 14.13 | 14.12 | | 80.65 | 42.32 |
| Residuo | 2.71 | 6.85 | 6.10 | 5.10 | 6.56 | 4.10 | ----- | 31.51 | |
| Desperdicio | 0.16 | 0.45 | 0.90 | 2.04 | 0.66 | 2.61 | ----- | 6.82 | |
| Orina | 0.45 | 1.50 | 1.40 | 1.35 | 1.80 | 1.45 | 0.47 | 8.42 | |
| Heces | 1.30 | 1.37 | 1.22 | 1.57 | 1.29 | 1.61 | 0.42 | 8.78 | |

Rata N°8

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Alimento | 10.00 | 14.01 | 14.21 | 14.41 | 14.36 | 14.13 | 14.4 | 81.21 | 42.0 |
| Residuo | 1.00 | 6.50 | 6.80 | 7.31 | 9.59 | 7.83 | ----- | 39.03 | |
| Desperdicio | 0.06 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | ----- | 0.18 | |
| Orina | 1.40 | 3.20 | 2.90 | 2.80 | 2.90 | 2.80 | 0.97 | 16.97 | |
| Heces | 1.87 | 1.52 | 2.34 | 2.06 | 0.33 | 2.43 | 0.42 | 10.97 | |

Rata N°9

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Alimento | 10.04 | 14.11 | 14.19 | 14.22 | 14.13 | 14.05 | 14.04 | 30..74 | 39.79 |
| Residuo | 3,.98 | 7.19 | 7.39 | 6.83 | 7.19 | 7.97 | ----- | 40.55 | |
| Desperdicio | 0.01 | 0.04 | 0.03 | 0.07 | 0.16 | 0.09 | ----- | 0.40 | |
| Orina | 0.80 | 2.50 | 2.70 | 2.40 | 2.50 | 2.10 | 0.73 | 13.53 | |
| Heces | 1.04 | 1.73 | 1.62 | 1.79 | 1.66 | 1.51 | 0.78 | 10.13 | |

Rata N°10

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Alimento | 10.06 | 14.07 | 14.13 | 14.47 | 14.13 | 14.19 | 14.09 | 81.05 | 42.94 |
| Residuo | 3.89 | 5.84 | 5.90 | 6.70 | 7.46 | 7.90 | ----- | 37..69 | |
| Desperdicio | 0.04 | 0.06 | 0.09 | 0.17 | 0.03 | 0.03 | ----- | 0.42 | |
| Orina | 0.93 | 3.70 | 5.20 | 3.80 | 3.30 | 2.25 | 0.70 | 19.88 | |
| Heces | 1.01 | 1.97 | 2.51 | 1.92 | 1.49 | 1..39 | 0.38 | 10.67 | |

Rata N°11

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Alimento | 10.00 | 14.00 | 14.16 | 13.36 | 14.02 | 14.13 | ----- | 79.67 | 45.12 |
| Residuo | 2.35 | 6.86 | 6.33 | 5.10 | 6.37 | 7.20 | ----- | 34..21 | |
| Desperdicio | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.09 | 0.05 | 0.05 | ----- | 0.34 | |
| Orina | 1.47 | 5.60 | 1.35 | 3.75 | 4.20 | 4.40 | 1.48 | 22.25 | |
| Heces | 1.31 | 1.89 | 2.67 | 1.77 | 2.32 | 2.23 | 0.88 | 13.07 | |

Rata N°12

| Día Parámetro | Inicio | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total | Consumo |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Alimento | 12.36 | 14.11 | 14.16 | 14.43 | 14.04 | 14.03 | ----- | 83.13 | 49.08 |
| Residuo | 3.01 | 6.52 | 6.34 | 6.39 | 5.20 | 6.20 | ----- | 33.66 | |
| Desperdicio | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.07 | 0.09 | ----- | 0.39 | |
| Orina | 0.90 | 1.00 | 2.50 | 2.00 | 2.65 | 2.00 | 0.43 | 11.48 | |
| Heces | 1.67 | 2.16 | 2.03 | 2.10 | 2.09 | 2.15 | 0.43 | 12.63 | |

II. Control peso inicial final alimento, heces y orina de cada rata para determinar humedad y valor biológico muestra” A”

| N° de Rata | Peso Inicial 5/8/07 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Peso Final 11/8/07 | Ganancia de Peso | Consumo de Alimento | Heces (g) | Orina (mL) |
|------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|------------------|---------------------|-----------|------------|
| 1 | 52.0 | 51.5 | 52.0 | 30.0 | 51.0 | 49.2 | 46.9 | - 5.1 | 31.45 | 7.18 | 5.13 |
| 2 | 60.0 | 59.2 | 59.0 | 58.0 | 58.6 | 59.0 | 57.5 | - 2.5 | 35.80 | 8.44 | 34.95 |
| 3 | 62.0 | 62.5 | 63.0 | 61.5 | 62.9 | 63.5 | 62.5 | 0.5 | 41.07 | 9.16 | 14.08 |
| 4 | 61.9 | 61.0 | 60.0 | 60.0 | 60.0 | 59.5 | 59.5 | - 2.4 | 35.08 | 7.40 | 12.39 |
| 5 | 60.0 | 60.0 | 59.6 | 61.5 | 61.0 | 60.5 | 61.0 | 1.0 | 40.40 | 9.06 | 20.04 |
| 6 | 62.5 | 61.9 | 62.5 | 62.0 | 62.4 | 63.0 | 62.0 | - 0.5 | 40.41 | 9.45 | 19.56 |
| TOTAL | 358.4 | 356.1 | 356.1 | 353.0 | 355.9 | 354.7 | 349.4 | - 9.0 | 224.21 | 50.69 | 106.65 |
| PRO M. | 59.73 | 59.35 | 59.35 | 58.83 | 59.32 | 59.12 | 58.23 | - 1.5 | 37.37 | 8.45 | 17.78 |

| Análisis de Ración % | | | |
|----------------------|-------|--------|-------|
| Proteína | 9.15 | ceniza | |
| Humedad | 5.06 | Fibra | |
| Mat.Seca | 94.94 | %N | 1.464 |
| N.Ingerido(g) | | 0.55 | |

| Análisis de heces % | | | |
|---------------------|--------|--------|------|
| Humedad | 39.64 | Ceniza | |
| Proteína | 11.935 | fibra | |
| Grasa | | Nifex | |
| Mat.Seca | 60.36 | % N | 1.91 |
| N excretado (g) | | 0.16 | |

| Análisis Orina | |
|----------------|---------|
| Densidad | 1.03655 |
| Orina Exc.(mL) | 17.78 |
| (g) de Orina | 18.43 |
| Proteína % | 61.55 |
| % N | 0.985 |
| N excret.(g) | 0.207 |

$$Da = \frac{N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}}{N \text{ ingerido}} \times 100 = 70.91 \%$$

$$VB = \frac{N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} + Nu)}{N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}} \times 100 = 53.85\%$$

$$DV = \frac{N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} - N \text{ fecal dieta apteica})}{N \text{ ingerido}} \times 100 = 78.18 \%$$

III. Control peso inicial final alimento, heces y orina de cada rata para determinar humedad y valor biológico muestra "B"

| N° de Rata | Peso Inicia | | | | | | Peso Final | Gana ncia de Peso | Consumo de Alimento | Heces (g) | Orina (mL) |
|------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------------------|---------------------|-----------|------------|
| | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | |
| 7 | 62.0 | 63.5 | 63.0 | 62.9 | 63.5 | 64.0 | 64.0 | 2.0 | 42.32 | 8.78 | 8.42 |
| 8 | 63.0 | 64.0 | 64.5 | 63.0 | 63.7 | 65.0 | 62.5 | - 0.5 | 42.00 | 10.97 | 16.97 |
| 9 | 63.0 | 62.5 | 63.0 | 63.0 | 63.6 | 64.0 | 64.5 | 1.5 | 39.79 | 10.13 | 13.53 |
| 10 | 60.0 | 59.0 | 61.5 | 60.5 | 62.4 | 60.5 | 60.5 | 0.5 | 42.94 | 10.67 | 19.88 |
| 11 | 61.0 | 61.0 | 61.0 | 60.5 | 62.7 | 61.5 | 59.6 | 0.5 | 45.12 | 13.07 | 22.25 |
| 12 | 63.0 | 62.5 | 63.5 | 64.0 | 64.7 | 65.0 | 65.0 | 2.0 | 49.08 | 12.63 | 11.48 |
| Total | 372.0 | 372.5 | 376.5 | 374.9 | 380.6 | 380.5 | 378.4 | 6.0 | 339.46 | 66.25 | 92.53 |
| Prom. | 62.0 | 62.08 | 62.75 | 62.48 | 63.43 | 63.42 | 63.0 | 1.0 | 56.58 | 11.04 | 15.42 |

| Análisis de Ración % | | | |
|----------------------|-------|--------|------|
| Proteína | 9.69 | ceniza | |
| Humedad | 4.72 | Fibra | |
| Mat.Seca | 95.28 | %N | 1.55 |
| N.Ingerido (g) | | 0.88 | |

| Análisis de heces % | | | |
|---------------------|-------|--------|------|
| Humedad | 42.62 | Ceniza | |
| Proteína | 9.89 | fibra | |
| Grasa | | Nifex | |
| Mat.Seca | 57.38 | % N | 1.51 |
| N excretado (g) | | 0.174 | |

| Análisis Orina | |
|----------------|---------|
| Densidad | 1.04735 |
| Orina Exc.(mL) | 15.42 |
| (g) de Orina | 16.15 |
| Proteína % | 8.025 |
| % N | 1.284 |
| N excret.(g) | 0.207 |

$$D_a = \frac{N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}}{N \text{ ingerido}} \times 100 = 80.68 \%$$

$$V_B = \frac{N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} + N_u)}{N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}} \times 100 = 70.42\%$$

$$D_v = \frac{N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} - N \text{ fecal dieta aprroteica})}{N \text{ ingerido}} \times 100 = 85.23 \%$$

Anexo 24: Cuadro resumen de pruebas biológicas

| r a t a | g r u p o s | Con Sumo dieta (g) | prot eina | N | peso ini cial | peso final | dif de peso | heces | Prot (hec es) | N (heces) | Orina | Prot. (orin a) | N (orin a) | Dap | DV | VB |
|------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------|------|---------------------|---------------|-------------------|-------|---------------------|--------------|--------|----------------------|------------------|-------|-------|-------|
| 1 | 1 | 31.45 | 2.88 | 0.46 | 52 | 46.9 | -5.1 | 7.18 | 0.86 | 0.14 | 5.13 | 0.32 | 0.05 | 70.23 | 78.92 | 84.37 |
| 2 | 1 | 35.8 | 3.28 | 0.52 | 60 | 57.5 | -2.5 | 8.44 | 1.01 | 0.16 | 34.95 | 2.15 | 0.34 | 69.26 | 76.89 | 5.16 |
| 3 | 1 | 41.07 | 3.76 | 0.60 | 62 | 62.5 | 0.5 | 9.16 | 1.09 | 0.17 | 14.58 | 0.90 | 0.14 | 70.92 | 77.57 | 66.32 |
| 4 | 1 | 35.08 | 3.21 | 0.51 | 61.9 | 59.5 | -2.4 | 7.4 | 0.88 | 0.14 | 12.39 | 0.76 | 0.12 | 72.49 | 80.28 | 67.22 |
| 5 | 1 | 40.4 | 3.70 | 0.59 | 60 | 61 | 1 | 9.06 | 1.08 | 0.17 | 20.04 | 1.23 | 0.20 | 70.76 | 77.52 | 52.83 |
| 6 | 1 | 40.41 | 3.70 | 0.59 | 62.5 | 62 | -0.5 | 9.45 | 1.13 | 0.18 | 19.56 | 1.20 | 0.19 | 69.51 | 76.27 | 3.15 |
| 7 | 2 | 42.32 | 4.10 | 0.66 | 62 | 64 | 2 | 8.78 | 0.87 | 0.14 | 8.42 | 0.68 | 0.11 | 78.82 | 84.92 | 79.09 |
| 8 | 2 | 42 | 4.07 | 0.65 | 63 | 62.5 | -0.5 | 10.97 | 1.08 | 0.17 | 16.97 | 1.36 | 0.22 | 73.34 | 79.49 | 54.36 |
| 9 | 2 | 39.79 | 3.86 | 0.62 | 63 | 64.5 | 1.5 | 10.13 | 1.00 | 0.16 | 13.53 | 1.09 | 0.17 | 74.02 | 80.50 | 61.94 |
| 10 | 2 | 42.94 | 4.16 | 0.67 | 60 | 60.5 | 0.5 | 10.67 | 1.06 | 0.17 | 19.88 | 1.60 | 0.26 | 74.64 | 80.65 | 48.62 |
| 11 | 2 | 45.12 | 4.37 | 0.70 | 61 | 61.5 | 0.5 | 13.07 | 1.29 | 0.21 | 22.25 | 1.79 | 0.29 | 70.43 | 76.15 | 42.00 |
| 12 | 2 | 49.08 | 4.76 | 0.76 | 63 | 65 | 2 | 12.63 | 1.25 | 0.20 | 11.483 | 0.92 | 0.15 | 73.74 | 78.99 | 73.71 |



Elaboración del pan: amasadora



Elaboración del pan: divisora



Horneado del Pan sustituido con Harina de Pota



“Producto final : Pan sustituido con Harina de Pota