

**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSTGRADO**

**TESIS**

**DISEÑO Y DESARROLLO DE PANES ENRIQUECIDOS CON PROTEINAS Y MINERALES,  
POR INCORPORACION DE HARINAS DE SANGRE DE POLLO  
(Gallus domésticus) Y DE MUÑA (Minthostachis mollis)**

**PRESENTADO POR**

**OLEGARIO MARÍN MACHUCA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE  
DOCTOR EN INGENIERIA**

**Lima – Perú  
2012**

**A Dios**  
Por haberme dado la vida  
y la oportunidad para  
cumplir esta meta

**AI CONCYTEC**  
Por subvencionar los  
estudios doctorales,  
***“Mi Agradecimiento”***

A la Universidad Nacional  
Federico Villarreal y a la  
Dra. Carmen Velezmoro Sánchez.  
***Mi Reconocimiento***

A mis padres  
Marcelino (+)  
y Mercedes  
***Mi Gritud***

A Brígida, mi esposa.  
A mis hijos Obert y Ulert  
*Mi amor eterno*

# Contenido

	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
<b>Antecedentes</b>	<b>4</b>
Características botánicas de la muña	<b>5</b>
Composición nutritiva de la muña	<b>7</b>
Composición de la muña seca	<b>7</b>
Harina de Sangre de pollo	<b>8</b>
Harina de trigo panadera	<b>10</b>
Proceso de Panificación	<b>12</b>
<b>Planteamiento del problema</b>	<b>14</b>
<b>Objetivos</b>	<b>15</b>
<b>Justificación e Importancia del Estudio</b>	<b>15</b>
<b>Alcances y limitaciones</b>	<b>16</b>
<b>Definición de variables</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	
<b>Teorías generales</b>	<b>18</b>
<b>Bases teóricas especializadas con el tema</b>	<b>19</b>
Marco conceptual	<b>19</b>
Harinas de sangre de pollo y de muña	<b>20</b>
Cocción	<b>20</b>
Deshidratación y/o Secado	<b>21</b>
Molienda o Reducción de Tamaño	<b>21</b>
Tamizado y Granulometría	<b>24</b>
Los minerales Calcio, Fósforo y Hierro	<b>25</b>
Análisis sensorial	<b>31</b>
<b>Hipótesis</b>	<b>32</b>
<b>CAPITULO III. MÉTODO</b>	
<b>Tipo</b>	<b>33</b>

<b>Diseño experimental</b>	<b>33</b>
<b>Estrategia de prueba de hipótesis</b>	<b>35</b>
Materiales	35
Equipos	36
Métodos de Análisis	36
Metodología Experimental	37
Determinación del hierro (Método AOAC 944.02)	40
Determinación del calcio (Método AOAC 944.03)	40
<b>Variables</b>	<b>38</b>
<b>Población</b>	<b>38</b>
<b>Muestra</b>	<b>38</b>
<b>Técnicas de investigación</b>	<b>38</b>
Instrumentos de recolección de datos	38
Procesamiento y análisis de datos	39

#### **CAPITULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

<b>Caracterización de la harina de sangra de pollo</b>	<b>42</b>
<b>Caracterización de la harina de muña</b>	<b>43</b>
<b>Composición química y de minerales del pan enriquecido</b>	<b>44</b>
<b>Evaluación sensorial del pan enriquecido</b>	<b>44</b>
<b>Datos de aceptabilidad general</b>	<b>45</b>
<b>Harina de sangre de pollo y Harina de Muña</b>	<b>48</b>
<b>Datos sobre el sabor</b>	<b>49</b>
<b>Aplicación del DBCA para la aceptabilidad del pan enriquecido</b>	<b>54</b>
<b>Aplicación del DBCA para el sabor</b>	<b>55</b>
<b>Análisis de Regresión no Lineal Múltiple y Optimización</b>	<b>57</b>
<b>Proceso de optimización para la aceptabilidad general</b>	<b>59</b>
<b>Proceso de optimización para el sabor</b>	<b>61</b>
<b>Cálculo del porcentaje de incremento en Calcio, Fósforo, Hierro y Proteínas</b>	<b>62</b>
<b>Validación del estudio</b>	<b>64</b>
<b>Análisis de densitometría ósea</b>	<b>64</b>
<b>Análisis estadístico de la validación del estudio</b>	<b>66</b>
<b>Análisis estadístico de las mediciones de densitometría ósea en el antebrazo izquierdo</b>	<b>66</b>



<b>Análisis estadístico de las mediciones de densitometría ósea en la columna vertebral</b>	<b>68</b>
<b>Análisis estadístico de las mediciones de densitometría ósea en el fémur derecho</b>	<b>71</b>
<b>Análisis estadístico de las mediciones de densitometría ósea en el fémur izquierdo</b>	<b>73</b>

## **CAPÍTULO V. DISCUSIÓN**

<b>Discusión</b>	<b>76</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>77</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>78</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>80</b>

## **ANEXOS**

<b>Definición de términos</b>	<b>84</b>
Análisis granulométrico	<b>84</b>
Superficie específica de partícula	<b>84</b>
Molienda y trituración	<b>89</b>
Consideraciones en que se basa la selección de los equipos	<b>91</b>
Dureza y abrasividad	<b>92</b>
Estructura mecánica	<b>92</b>
Humedad	<b>92</b>
Sensibilidad de temperatura	<b>93</b>
Equipo para la reducción de tamaño	<b>93</b>

## Lista de figuras

	pág.
<b>Figura 1.</b> Planta de la muña.	3
<b>Figura 2.</b> Formas de la hoja de la muña.	6
<b>Figura 3.</b> Fotografía de la sangre de pollo y de la muña.	19
<b>Figura 4.</b> Deshidratador utilizado para deshidratar, tanto la harina de sangre de pollo como la de muña.	20
<b>Figura 5.</b> Molino utilizado para moler o reducir el tamaño, Tanto de la sangre de pollo cocida así como de la muña triturada y deshidratada.	21
<b>Figura 6.</b> Tamices utilizados para uniformizar el tamaño de las partículas, tanto de la harina de sangre de pollo como de la de muña.	23
<b>Figura 7.</b> Proceso de evaluación del pan.	37
<b>Figura 8.</b> Gráfico de Caja y Bigotes para las medianas de la aceptabilidad	46
<b>Figura 9.</b> Gráfico de Caja y Bigotes para las Medianas de la evaluación del Sabor	50
<b>Figura 10.</b> Gráfico de medias, indica un ligero aumento en la media de los valores DMO en el brazo, aunque no existe diferencia significativa	68
<b>Figura 11.</b> Gráfico de medias para DMO en la columna, se han considerado los puntos analizados como repeticiones y se puede afirmar con el 95% de confianza que hubo un incremento entre las determinaciones de calcio como DMO ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) en los diferentes días del ensayo.	71
<b>Figura 12.</b> Gráfico de medias de las medidas DMO del fémur derecho, no presentan diferencias, aunque se puede apreciar un ligero aumento de las medias, desde el inicio hasta los 56 días.	73
<b>Figura 13.</b> Gráfico de medias para DMO del fémur izquierdo, no se encontraron diferencias entre las medidas de DMO para fémur izquierdo, sin embargo se aprecia una ligera tendencia al aumento de los valores DMO, desde el inicio hasta los 56 días.	75

## Lista de tablas

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Composición nutritiva de la muña	7
<b>Tabla 2.</b> Composición y análisis químico de la muña seca: componentes mayores	7
<b>Tabla 3.</b> Composición y análisis químico de la muña seca: componentes menores	8
<b>Tabla 4.</b> Especificaciones de la harina de sangre de pollo	10
<b>Tabla 5.</b> Especificaciones para la harina panadera	12
<b>Tabla 6.</b> Composición química promedio de un pan convencional	13
<b>Tabla 7.</b> Composición en calcio, fósforo y hierro, en un pan convencional	14
<b>Tabla 8.</b> Datos de aberturas de los diferentes tipos de tamices	22
<b>Tabla 9.</b> Diseño completamente al azar para la evaluación de la aceptabilidad y el sabor	34
<b>Tabla 10.</b> Composición química de la harina de sangre de pollo	42
<b>Tabla 11.</b> Valor nutricional de la harina de sangre de pollo.	42
<b>Tabla 12.</b> Composición química de la harina de muña: componentes mayores	42
<b>Tabla 13.</b> Composición química de la harina de muña: componentes menores	42
<b>Tabla 14.</b> Homogenización granulométrica de las harinas panadera (H.P.), de sangre de pollo (H. S.) y de muña (H. M.).	43
<b>Tabla 15.</b> Composición química proximal del pan enriquecido	44
<b>Tabla 16.</b> Cantidad de minerales(calcio, fósforo y hierro) en el pan enriquecido, en mg.	44
<b>Tabla 17.</b> Respuestas del panel sensorial sobre la aceptabilidad de los tratamientos.	45
<b>Tabla 18.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para aceptabilidad de los tratamientos.	46
<b>Tabla 19.</b> Prueba de la Mediana de Mood para aceptabilidad de los tratamientos	47
<b>Tabla 20.</b> Pruebas de Múltiple Rangos para los Aceptabilidad de los tratamientos	48
<b>Tabla 21.</b> Respuestas del panel sensorial sobre el sabor de los tratamientos	49
<b>Tabla 22.</b> Prueba de Kruskal-Wallis para Sabor de los Tratamientos	50
<b>Tabla 23.</b> Prueba de la Mediana de Mood para evaluación del Sabor	51
<b>Tabla 23.</b> Datos del ANOVA para el antebrazo izquierdo	67
<b>Tabla 24.</b> Datos del ANOVA para Columna Antero Posterior.	69
<b>Tabla 25.</b> Datos del ANOVA fémur derecho.	72
<b>Tabla 26.</b> Datos del ANOVA para fémur izquierdo	74

## Lista de cuadros

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Datos de aberturas de los diferentes tipos de tamices.	20
Cuadro 2. Escala adónica para el sabor.	31
Cuadro 3. Escala adónica para la aceptabilidad.	32
<b>Cuadro 4.</b> Tratamientos necesarios para ejecutar la investigación planteada.	34
<b>Cuadro 5.</b> Datos para la ceptabilidad general	53
<b>Cuadro 6.</b> Datos del sabor.	53
Cuadro 7. Datos correspondientes a la aplicación del DBCA a la Aceptabilidad general.	54
<b>Cuadro 8.</b> El ANOVA para la aceptabilidad general.	54
<b>Cuadro 9.</b> Datos correspondientes a la aplicación del DBCA al sabor.	55
<b>Cuadro 10.</b> El ANOVA para el sabor.	56
<b>Cuadro 11.</b> Se evaluó la cantidad de calcio (mg) en un desayuno, almuerzo, lonche y cena.	60
<b>Cuadro 12.</b> Se evaluó la cantidad de Fósforo (mg) en un desayuno, almuerzo, lonche y cena.	60
<b>Cuadro 13.</b> Se evaluó la cantidad de hierro (mg) en un desayuno, almuerzo, lonche y cena.	63
<b>Cuadro 14.</b> Se evaluó la cantidad de proteína (g) en un desayuno, almuerzo, lonche y cena.	63
<b>Cuadro 15.</b> Evolución densitométrica de calcio en el antebrazo izquierdo.	64
<b>Cuadro 16.</b> Evolución densitométrica de calcio en la Columna Antero Posterior.	65
<b>Cuadro 17.</b> Evolución densitométrica de calcio en el fémur derecho.	65
<b>Cuadro 18.</b> Evolución densitométrica de calcio en el fémur izquierdo.	66
<b>Cuadro 19.</b> Evolución densitométrica de calcio en el antebrazo izquierdo.	66
<b>Cuadro 20.</b> Evolución densitométrica de calcio en la Columna Antero Posterior.	68
<b>Cuadro 21.</b> Evolución densitométrica de calcio en el fémur derecho.	71
<b>Cuadro 22.</b> Evolución densitométrica de calcio en el fémur izquierdo.	73

## Resumen

Se ha obtenido pan enriquecido con minerales (Ca, P y Fe) y proteínas a base de la incorporación de harinas de sangre de pollo (*Gallus domésticus*) y de muña (*Minthostachis mollis*), las mismas que han sido caracterizadas química y nutricionalmente. El método experimental utilizado fue para predecir lo que al final se esperaba, previo planteamiento de trabajo en condiciones óptimas de laboratorio, con variables controladas y un diseño experimental de 2<sup>4</sup> repeticiones. Los materiales, equipos y métodos de análisis fueron los idóneos para cumplir con los objetivos planteados en la investigación. Las materias primas se obtuvieron adecuadamente, de lugares adecuados, bajo condiciones idóneas en todo sentido. La técnica fue la recolección de datos de observación de campo, donde se determinó el dominio y rango de las variables, tanto dependientes como independientes. Los datos se **analizaron** por el Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA), Regresión no Lineal Múltiple, Técnicas de Derivación Parcial, Análisis Estadístico de Kruskal-Wallis. Procedimiento estadístico StatAdvisor.

Mediante el DBCA el tamaño y los tratamientos tienen efecto no significativo sobre la composición química y proximal del pan enriquecido, mientras que los análisis tienen efecto significativo al 5% de confiabilidad. El DBCA indica que los tratamientos tienen efecto no significativo sobre la cantidad de minerales del pan enriquecido, mientras que los análisis sí tienen efecto significativo. Además, los tratamientos tienen efecto significativo sobre la aceptabilidad general y el sabor del pan enriquecido, mientras que los análisis sí tienen efecto no significativo. Las cantidades óptimas de harinas de sangre de pollo y de muña, para la aceptabilidad general son 73,2349 g y 159,1721g y para el sabor 75,5117 g y 105,4534 g; respectivamente. Además, existe diferencia no significativa entre los diferentes niveles de aceptabilidad, así como del sabor. Los porcentajes incrementados, en una dieta promedio, en proteínas, calcio, fósforo y hierro son 40,06 %; 55,56 %; 9,30% y 26,30 %; respectivamente. Finalmente, el estudio fue validado por densitometría ósea, midiendo la fijación del calcio en el cuerpo humano, siguiendo esta fijación un modelo logístico.

**Palabras clave:** harinas de sangre de pollo y de muña, pan enriquecido, proteínas, minerales.

## Abstract

Bread enriched with minerals (Ca, P, Fe) and proteins based on the incorporation of flour of chicken's (*Gallus domesticus*) blood and Muña (*Minthostachis mollis*) has been obtained and characterized chemically and nutritionally. The experimental method used to predict what was expected at the end, prior approach to the at optimal laboratory conditions, with controlled variables and experimental design of 16 repetitions. Materials, equipment and methods of analysis were the suitable to fulfill the objectives set out in the research. Raw materials were extracted properly, from right places, under suitable conditions in all senses. The technique was the collection of observation field data, where the domain and range were determined, for both dependent and independent variables. Data were analyzed by the Design in Block Randomly Completely (DBCA), Not Linear Multiple Regression, Techniques of Partial Derivation, Statistical Analysis of Kruskal-Wallis and the statistical procedure StatAdvisor.

Through DBCA, the size and the treatments have no significant effect on the proximal chemical composition of the enriched bread, whereas the analysis shows a significant effect at 5% of reliability. The DBCA indicates that the treatments have no significant effect on the amount of minerals of the enriched bread, whereas the analysis shows have significant effect. In addition, the treatments have significant effect on the overall acceptability and on the taste of the enriched bread, whereas the analysis shows no significant effect. The optimal amounts of flour from blood of chicken and Muña, for the general acceptability are 73, 2349 g and 159, 1721g and for flavor 75, 5117 g 105, 4534 g; respectively. In addition, there exists difference not significant between different levels of acceptably, as flavor. The increased percentages at an average diet, in protein, calcium, phosphorus and iron are 40, 06%; 55, 56%; 9.30% and 26.30%; respectively. Finally, the paper was validated by bone densitometry, measuring the binding of calcium in the human body, following this logistic model.

**Keywords:** flour of blood of chicken and Muña, enriched bread, proteins, minerals.

## Introducción

La desnutrición en el Perú es acentuada y crítica en algunos lugares de bajos recursos económicos y de mediana o poca cultura alimenticia. Adicionalmente, los deshechos de mataderos de aves, como la sangre de pollo (*Gallus domésticus*), que es fuente proteínas, aminoácidos y otros compuestos de extraordinario valor biológico, son vertidos a lugares descampados produciendo gran perjuicio ecológico al medio ambiente y a la biodiversidad. A esto se suma el mal empleo o no uso de recursos vegetales ricos en componentes minerales y proteicos como la muña (*Minthostachis mollis*). El propósito ha sido obtener un pan enriquecido en calcio, fósforo, hierro y proteínas a base de harinas de sangre de pollo y de muña bajo condiciones de trabajo ya establecidas. Se propone que las cantidades de harina de sangre y harina de muña tendrán incidencia no significativa sobre el producto a elaborar.

Se denomina “muña” a la planta perteneciente a la familia de las *Lamiáceas* en la cual también se encuentra la menta, pero la muña difiere en su género: *Minthostachys setosa*. Pero la muña como *Minthostachys* tiene una gran interrogante en cuanto al número de especies descritas y alrededor de seis son las especies descritas en el Perú: *Minthostachys griseb*, *Minthostachys glaverscens*, *Minthostachys salicifolia*, *Minthostachys setosa*, *Minthostachys spicata*, *Minthostachys mollis*. Siendo la *Minthostachys setosa* y la *Minthostachys mollis*, las que más se han utilizado en estudios e investigaciones.

En los últimos estudios realizados se ha llegado a catalogar 12 especies de *Minthostachys*, gracias a que los investigadores se han ubicado en zonas recónditas de la sierra peruana. En resumen la muña es una herbácea perenne de tallos semileñosos, de altura variable, que ostenta flores de colores violáceos, púrpuras ó blancos, y tiene hojas opuestas de dos a tres centímetros de largo. Su fragancia, que recuerda al penetrante olor de la menta, la vuelve también inconfundible.

La sangre de pollo desde el punto de vista nutricional, es una fuente muy concentrada en proteínas, conteniendo valores superiores al 80 %. Si bien la calidad de la proteína es alta, existen dos características en la harina de sangre que son determinantes en su calidad. Primero está el alto contenido de lisina (superior al 7,5 %), aminoácido que constituye el principal interés nutricional de esta materia prima, pero que tiene el inconveniente de ser destruido si se aplican altas temperaturas por largos periodos de tiempo, que durante el proceso de

fabricación va disminuyendo el valor nutritivo. La sangre de pollo contiene 18% de proteína, pero su utilización en la industria alimentaria ha sido prácticamente nula debido al ennegrecimiento y sabor fuerte que le confiere el grupo hemo de los glóbulos rojos a los productos elaborados. Por esta razón, se ha planteado la posibilidad de utilizar el plasma sanguíneo (7% de proteína) el cual no causa problemas de color y sabor al producto final.

Los objetivos del presente estudio ha sido obtener panes enriquecidos en Calcio, Fósforo, Hierro y proteínas; por incorporación de harinas de pollo (*Gallus domésticus*) y de muña (*Minthostachis mollis*), evaluar la fijación de Calcio, la aceptabilidad general y el sabor del pan enriquecido con características organolépticas diferentes a las convencionales. Así mismo, caracterizar químicamente las harinas de muña y de sangre de pollo y determinar el proceso adecuado y la formulación óptima para la obtención del pan enriquecido en Calcio, Fósforo, Hierro y Proteínas.

## **CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1. Antecedentes**

**La Muña**, es oriunda de los valles andinos del Perú y Bolivia, pertenece a la familia de las *lamiáceas* género *Minthostachis*, variedad *mollis* (Munares, 1983). Según Augusto (1975), la muña crece en forma abundante en los valles de la sierra central peruana, en lugares aledaños de las acequias, sin requerimiento intenso de agua. La muña es utilizada como medicina bajo diferentes formas y también en la alimentación humana en forma directa. Entre las propiedades de la muña se puede mencionar que alivia los dolores estomacales, relaja los pies gotosos, cura tumores y fracturas, limpia la flema del pecho; entre otras (Condori *et al.*, 1995; Ormachea, 1995 y Quispe, 1994).

Quispe (1994) y Bedoya (1969), mencionan que la muña estaría compuesta por: mentol de 35 a 50%, ésteres de 8 a 12% y compuestos terpénicos de 38 a 57%. Con terpenos y canfenos, son designados muchos hidrocarburos que se encuentran en las esencias, la mayoría de veces como componentes predominantes y cuya composición corresponde a la fórmula  $C_{10}H_{16}$  ó  $(C_5H_8)_n$  (Espasa Calpe, 1980).

Los terpenos presentan múltiples semejanzas, diferenciándose por sus propiedades químicas y físicas, aún cuando su composición centesimal sea la misma y las diferencias físicas se



manifiestan en el olor, sabor, punto de ebullición, densidad y poder rotatorio óptico. Las plantas poco desarrolladas tienen mayor cantidad de terpenos que las más desarrolladas, donde todos los terpenos tienen la propiedad de fosforecer (Espasa Calpe, 1980).

La *Minthostachis mollis*, ó chancua, ó muña, ó chancas; es un arbusto con flores blancas, propios de los pisos medios de las vertientes occidentales (sierra) del Perú. Contiene, además, un olor aromático debido a su contenido en aceites esenciales, por lo que se le utiliza como condimento, para conservar la papa de la deshidratación al ser almacenada y, en infusión como estimulante y carminativo (Mostacero y Mejía, 1993). En la siguiente Fig. 1, se muestra la planta de la *Minthostachis mollis*.



**Fig. 1.** Planta de la Muña (*Minthostachis mollis*). Tomada en el valle de Huayobamba, Provincia de San Marcos y Distrito del mismo nombre.

#### **Características botánicas de la muña.**

Es un arbusto ramoso de 0,8 a 1,5 m de alto, de ramas ampliamente divorciadas, hojas opuestas aovadas o aovado-lanceoladas de 2 a 5 cm, de borde aserrado, el ápice agudo, los indumentos variables; glabros arriba, blando – tormentosas o bajo o luego glabras totalmente. El cáliz cilíndrico, algo bilabiado, el labio superior 3 dentado, el labio inferior 2 – dentado. La corola de 4 a 6 mm de largo, blanco bilabiada, labio superior 2 – dentado (2 lóbulos posteriores), labio inferior 3 – dentado (3 lóbulos anteriores), el lóbulo medio del labio inferior plano.

Androceo con 4 estambres fértiles, ligeramente más cortos que la corola. Respecto a las características botánicas de la muña manifiesta que se trata de un arbusto que alcanza una altura entre 0,90 a 1,50 m siendo bien tupido en hojas, las mismas que son opuestas aserradas apicioladas, presentando pelos en los peciolo y en la cara inferior, en los cuales deposita la mayor cantidad de esencia.

El tallo que también tiene pelos, presenta una forma cuadrangular y propensa a la lignificación. Las flores se encuentran situadas en la parte superior de las ramas reunidas en verticilos falsos. En la fig. 2, se muestran las formas de las hojas de la muña.



**Figura 2.** Formas de la hoja de muña

En cuanto a la raíz es de aspecto leñoso y de penetración lateral, por las características del terreno, su producción es por medio de semillas y a codos.

En resumen la muña es una herbácea perenne de tallos semileñosos, de altura variable, que ostenta flores de colores violáceos, púrpuras ó blancos, y tiene hojas opuestas de dos a tres centímetros de largo. Su fragancia, que recuerda al penetrante olor de la menta, la vuelve también inconfundible.

La muña parece poseer buen grado de tolerancia hacia las sequías. Esto queda demostrado por su desarrollo en las laderas, donde el recurso hídrico es lo que al parecer mejora enormemente su desarrollo adquiriendo las hojas gran tamaño. En las tablas 1, 2 y 3; se da la composición nutritiva de la muña.

## Composición nutritiva de la muña

**Tabla 1. Composición nutritiva de la muña**

<b>Elementos</b>	<b>Contenido (%)</b>	<b>Elementos</b>	<b>Contenido (mg)</b>
Calorías	299	Calcio	2 267,00
agua	63,00	Fosforo	269,00
Proteínas	3,20	Hierro	22,40
Carbohidratos	66,30	Caroteno	2,10
Fibra	9,40	Tiamina	0,85
Riboflavina	1,84	Niacina	6,83
Cenizas	11,60	Ac. Ascórbico	0,60
Grasa	2,80		

Fuente: Ormachea, E. (2005)

## Composición de la muña seca.

**Tabla 2. Composición y análisis químico de la muña seca: componentes mayores**

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Energía	299 Kcal
Agua	16,00 %
Proteinas	3,20%
Grasa	2,80%
Carbohidratos	66,30%
Fibra	9,40%
Cenizas	11,70%

Fuente: Ormachea, E. (2005)

**Tabla 3. Composición y análisis químicos de la muña seca: minerales (mg)**

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad (mg)</b>
Calcio (Ca)	2 237,00
Fósforo (P)	269,00
Hierro (Fe)	22,40

Fuente: Ormachea, E. (2005)

Se ha extraído aceite esencial de muña con fines inhibidores de Brotamiento y Microorganismos (Ormachea, 2005). Según Collazos y colaboradores (1957), la composición nutricional (por 100 gr) de la muña es: 16,3 g de agua, 3,2 g de proteínas, 66,3 g de carbohidratos, 9,4 g de fibra y 2,8 g de grasa.

#### **Harina de Sangre de pollo.**

La harina de sangre de pollo se obtiene por deshidratación de la sangre proveniente de los mataderos avícolas y hasta el momento se ha utilizado como ingrediente en la fabricación de raciones para animales. Desde el punto de vista nutricional, es una fuente muy concentrada en proteínas, conteniendo valores superiores al 80 %. Si bien la calidad de la proteína es alta, existen dos características en la harina de sangre que son determinantes en su calidad. Primero está el alto contenido de lisina (superior al 7,5 %), aminoácido que constituye el principal interés nutricional de esta materia prima, pero que tiene el inconveniente de ser destruido si se aplican altas temperaturas por largos periodos de tiempo, durante el proceso de fabricación, disminuyendo de esta forma el valor nutritivo. En segundo lugar está el alto contenido de leucina, aminoácido que al hallarse en exceso impide el uso y aprovechamiento de los demás aminoácidos, ocasionando una disminución en la ganancia de peso en aves (Cabrera, 1998).

Según Petrucci (1997), las proteínas de la sangre de pollo, cuyos constituyentes proteínicos más importantes son: albúminas, hemoglobina y fibrinógeno; contribuyen a mantener la presión osmótica, transporte de oxígeno y coagulación de la sangre; respectivamente. Las albúminas, es el grupo más común e importante, que se encuentra en la sangre (albúmina del

suero) y en la clara de huevos (albúmina de huevos). En el torrente sanguíneo, estas proteínas actúan en el sistema amortiguador de la sangre y cumplen una función de mantener la presión osmótica corporal. Son solubles en agua y en soluciones salinas diluidas, coagulando con facilidad con el calor.

Según Pendersen (1989), la sangre contiene 18% de proteína, sin embargo, su utilización en la industria alimentaria ha sido limitada debido al ennegrecimiento y sabor fuerte que le confiere el grupo hemo de los glóbulos rojos a los productos elaborados. Por esta razón, se ha planteado la posibilidad de utilizar el plasma sanguíneo (7% de proteína) el cual no causa problemas de color y sabor al producto final, siendo la principal proteína plasmática la albúmina, la cual contiene todos los aminoácidos esenciales para la dieta humana (Tybor & Landaman (1995), y posee excelentes propiedades funcionales de gelación y emulsificación (Barbosa *et. al.*, 1996). Sin embargo, se ha realizado pocos estudios sobre la utilización del plasma sanguíneo para la elaboración de alimentos para consumo humano, y la mayoría han sido en el área de procesamiento cárnico (Terrel, 1996 & Márquez, 1998).

La necesidad del consumo de proteína animal ha incentivado de búsqueda de fuentes alternas, capaces de ofrecer alimentos altamente proteicos con cualidades organolépticas aceptables, de allí que las investigaciones apunten hacia el desarrollo de nuevos productos no convencionales para ser utilizados en la alimentación humana (Catricheo, *et. al.*, 1989 & Márquez, *et. al.*, 1998). La carne de pollo deshuesada mecánicamente y la sangre animal, constituyen dos subproductos alimenticios que se caracterizan por presentar un adecuado porcentaje de proteínas de buena calidad, con alto contenido proteico(14,5%) y proporción balanceada de aminoácidos esenciales que permiten evaluar su elevado valor biológico, lo que aunado a su relativo bajo costo en comparación con otras fuentes proteicas, ha aumentado su consumo por parte de la población (Lee, *et. al.*, 1997 & Archile, *et. al.*, 2000). El plasma y los glóbulos grasos poseen propiedades funcionales favorables para su utilización en la industria de los alimentos, tales como solubilidad, gelificación, emulsificación, así como también alta necesidad de retención de agua (Wismer, 1979 & Rangel, *et. al.* 1995). En la formulación de productos cárnicos algunas de estas características son aprovechadas para aumentar el porcentaje de rendimiento y la calidad del producto final (Benitez, *et. al.*, 1999 & Márquez, *et. al.*, 1997). En la tabla 4 se observa las especificaciones de la harina de sangre de pollo.

**Tabla 4.** Especificaciones de la harina de sangre de pollo.

<b>Parámetros</b>	<b>Especificaciones (%)</b>
Proteína cruda	80,00*
Fibra cruda	1,00**
Extracto etéreo	2,00**
Humedad	10,00**
Cenizas	6,00**
Digestibilidad en pepsina al 0,2%	80,00*

\*: Se refiere a cantidades mínimas. \*\*: Se refiere a cantidades máximas.

**Fuente:** Benitez, *et. al.*, (1999).

### **Harina de trigo panadera.**

Según Muller & Tobin (1996), indican que las albúminas son solubles en agua que no contenga sales y coagulan por el calor, como es el caso de las albúminas vegetales. Las glutelinas, insolubles en todos los disolventes neutros, pero fácilmente solubles en ácidos y álcalis muy diluidos, como la glutenina del trigo. Las prolaminas, solubles en alcohol de 70 a 80%, insolubles en agua, alcohol absoluto y otros disolventes neutros, como la gliadina del trigo y centeno. Los albuminoides, que en el reino vegetal es probable que las escleroproteínas están reemplazadas por la celulosa y sustancias semejantes. Las globulinas, son proteínas simples que se encuentran en el suero sanguíneo, músculos y otros tejidos animales, así como algunas semillas vegetales, diferenciándose por su poder de solubilidad. La Edestina, puede considerarse como la globulina vegetal del verdadero tipo, tanto de origen animal como vegetal. Las glutelinas, tal vez desnaturalizadas, insolubles en todos los disolventes neutros, pero fácilmente solubles en soluciones ácidas y álcalis muy diluidos, se llaman glutelinas. El único miembro que ha tomado nombre propio es la glutenina del trigo, mezcla de proteínas que constituyen cerca del 50% del gluten, siendo el resto, principalmente, gliadina (Muller & Tobin, 1996).

Según Cheftel (1987), las proteínas del trigo constituyen un componente esencial del régimen alimenticio de numerosos países, como fuente fundamental de glúcidos y calorías, pero las

proteínas del trigo también constituyen la mayor parte de las proteínas consumidas por numerosas regiones de los países en vías de desarrollo; las proteínas de reserva del grano de trigo, gliadinas y gluteninas, constituyen la parte del gluten, la materia lipoproteica cohesiva, visco elástica que se puede obtener libre del almidón amasado la harina de trigo bajo una corriente de agua y además estas proteínas son las que corresponden de la extensibilidad (gliadinas) y de la elasticidad (gluteninas) de la masa de panadería, durante el proceso de panificación, siendo el trigo el único cereal que contiene importantes cantidades de gluteninas de elevada masa molar, teniendo, tanto las albúminas y las globulinas, actividad Enzimática; con respecto al aspecto nutricional las proteínas del gluten contienen muy poca lisina(1%), por el contrario, las albúminas y las globulinas de trigo, son ricas en lisina y pobres en metionina, donde considerándose una base de 100% de proteínas del trigo, las albúminas corresponden al 9%, globulinas 9%, prolaminas 40% y gluteninas(álcali-solubles) 46% y, finalmente, en lo que concierne a la mejora de las proteínas del trigo, se puede recurrir a la selección de variedades del cruce o mutación, o bien a un carácter genético, buscando alcanzar uno o varios de los objetivos siguientes:

1. aumentar el contenido de proteínas de los granos.
2. mejorar la calidad nutricional, aumentando principalmente, su contenido de lisina, y
3. mejorar las fuerzas de las harinas, así como su capacidad de panificación.

Según Cuniberti (2000), la proporción de gliadinas y gluteninas presentes en el grano influyen fuertemente en las condiciones ambientales en el momento de formación y llenado del grano, tales como: stress, calórico, lluvias, luminosidad, humedad relativa ambiental, temperatura, etc., haciendo que varíe la relación de éstas proteínas y por lo tanto sus influencias en las características de la masa, provocando a veces masa flojas extensibles o por el contrario, masas cortas y muy tenaces, además, las características de visco elasticidad conferida por el gluten a las masas en la panificación es el factor clave de la calidad, considerando que el gluten representa entre el 78 y 85% de la proteína total del endospermo, las variaciones en el contenido total de proteína de una variedad tiene relación estrecha en el contenido del gluten y su fuerza, determinante de la calidad de ésta. En la tabla 5, se presenta la composición química promedio de la harina panadera.

**Tabla 5.** Especificaciones para la harina panadera

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	15,00
Proteínas	13,60
Carbohidratos	68,00
Grasa	2,50
Cenizas	0,90

Fuente: Scade, J. (1985).

### **Proceso de Panificación.**

Según Scade (1985), para fabricar pan, es necesario fabricar la masa y fermentarla. Los ingredientes básicos como harina, levadura, agua y sal se mezclan juntos siguiendo diferentes métodos. Las acciones de extender, doblar y cortar la masa se usan para que esta tenga las condiciones idóneas. En el momento en que las proteínas de la harina se humedecen y absorben el agua se forma el gluten. El desarrollo correcto del gluten es esencial para la buena elaboración del pan. El tamaño, la forma y estructura de la miga del pan acabado dependerá en gran medida de la formación de esta parte del gluten y del tratamiento aplicado al mismo. Generalmente, la masa se divide en porciones de un peso determinado y controlado, antes de darle la forma deseada. Cada porción de masa se deja “reposar” o “hincharse” en un ambiente templado y ligeramente húmedo (Scade, 1985). La temperatura deberá ser entre 29 y 32°C, y la humedad deberá ser entre 82 y 88%. Después de reposada la masa correctamente, se mete en el horno, los tiempos y temperaturas fluctúan entre 12 a 20 minutos y 170 y 220°C; respectivamente. El proceso de elaboración del pan puede ser dividido en tres grupos principales: método de amasado directo con tres horas aproximadas de fermentación, método de esponjamiento y amasado en el que parte de los ingredientes se deja fermentar durante la noche, y método sin tiempo de amasado en el que no hay o apenas hay fermentación (Scade, 1985). También quedan remarcadas, en líneas generales, cinco etapas en la fabricación del pan, que son: mezclas (en la que las proteínas de la harina se hidratan para formar el gluten y el almidón hace lo mismo, absorbiendo cerca del 40% del agua), fermentación (lo más



importante es la conversión de los azúcares fermentables en gas carbónico y alcohol, por obra de las enzimas de la levadura, en la que encuentran dos tipos principales de azúcares, la sacarosa y la maltosa), reposo (es el término aplicado a uno o más periodos de descanso que la masa requiere después de ser dividida, esto es cortada en sus tamaños correctos, permitiendo de tal manera que la masa recuperarse del efecto de endurecimiento del corte inicial o de la división de la masa en unidades más pequeñas, finalmente se recomienda que el reposo sea por espacio de 10 a 15 minutos), cocción (en los primeros minutos la masa se hincha rápidamente debido al aumento de la actividad de las enzimas, producido por la elevación de la temperatura y también por la expansión de los gases y vapor de agua en la masa, recordando que la levadura se hace menos activa cerca de los 42°C y queda sin efecto a los 54°C y la actividad de la amilasa continúa por encima de este nivel pero la enzima se inactiva a los 70°C) y cortezas (en el proceso de cocción, la parte exterior de la masa alcanza una temperatura más elevada que la interior, formando una corteza seca y de color marrón, color que depende de tres procesos químicos diferentes, que también le dan al pan un sabor agradable; lo primero es la descomposición del almidón en dextrinas, lo segundo es que parte de los azúcares se caramelizan y en tercer lugar se da una reacción de Maillard (Scade, 1985).

En las tablas 6 y 7, se presenta la composición química promedio de un pan convencional, tanto en componentes químicos como en minerales.

**Tabla 6.** Composición química promedio de un pan convencional.

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Proteína	8,50
Grasa	1,50
Carbohidratos	52,50
Agua	27,00
Fibra	2,60
Cenizas	7,90

Fuente: Gil, H. (2010).

**Tabla 7.** Composición promedio, en calcio, fósforo y hierro de un pan convencional.

<b>Mineral</b>	<b>Cantidad (mg)</b>
Calcio	100,00
Fósforo	97,00
Hierro	1,70

Fuente: Gil, H. (2010).

## **2. Planteamiento del problema**

Los recursos naturales del Perú son diversos y abundantes durante todo el año y muchos de ellos son fuentes de proteínas de alta calidad, vitaminas y minerales, y sobre todo de componentes energéticos como los almidones.

Algunas personas nativas, sobre todo de la serranía peruana, utilizan los recursos naturales de formas muy variadas, pero de una manera rudimentaria y/o casera; los cuales, como es de prever, no son empleados y usados adecuadamente para obtener de ellos el máximo beneficio.

Dentro de los recursos naturales tenemos el grupo *herbáceo*, cuyos estudios han sido orientados a conocer y valorizar las propiedades curativas y medicinales de las hierbas, y pocas de ellas han sido utilizadas con fines de solucionar problemas de desnutrición, problema prioritario en el Perú.

La muña (*Minthostachis mollis*), ha sido utilizada para la extracción de su aceite esencial, que sirve como agente inhibidor del Brotamiento y del crecimiento de microorganismos en tubérculos y frutas, dejando de lado lo que su composición porcentual puede brindar. Sin embargo, la hoja seca de muña contiene: 16,3 % de agua; 3,2 % de proteínas; 66,3 % de carbohidratos; 9,4 % de fibra; 11,6 % de cenizas y 2,8 % de grasa. Así mismo, contiene por cada 100 g de muestra 2 267 mg de calcio; 269 mg de fósforo; 224 mg de hierro; 2,1 mg de caroteno; 0,35 mg de tiamina; 1,84 mg de riboflavina; 6,83 mg de niacina y 0,6 mg de ácido ascórbico.

En base a las cantidades mencionadas, cabe resaltar el alto contenido en calcio, fósforo y hierro; presentes en la hoja seca de esta hierba, así como también se debe destacar la presencia

de importantes cantidades de mentol, ésteres y terpenos, que aportan el olor y sabor característico de la muña.

En la actualidad, una fuente de proteínas que no es utilizada industrialmente en nuestro medio es la sangre de aves, que es vertida a los desagües, o que en el peor de los casos es desechado a decampados urbanos, contaminando el medio ambiente y ocasionando enfermedades a nuestra población, problemática que se quiere minimizar.

### **3. Objetivos**

**General.** Obtener panes enriquecidos en Calcio, Fósforo, Hierro y Proteínas; por incorporación de harinas de pollo (*Gallus domésticus*) y muña (*Minthostachis mollis*) y evaluar la fijación de Calcio en personas.

#### **Específicos**

1. Determinar los procesos adecuados para la obtención de harinas de sangre de pollo y de muña.
2. Caracterizar la harina de muña química y nutricionalmente.
3. Caracterizar la harina de sangre de pollo química y nutricionalmente.
4. Determinar el proceso adecuado y la formulación óptima para la obtención del pan enriquecido en Calcio, Fósforo, Hierro y Proteínas.
5. Evaluar la fijación del calcio, mediante el consumo del pan enriquecido, mediante pruebas densitométricas óseas.
6. Validar, si existe o no diferencia significativa entre las diferentes puntuaciones que adoptan, tanto la aceptabilidad y el sabor del pan.

### **4. Justificación e Importancia del Estudio.**

La escasa presencia de proteínas y de minerales como calcio, hierro y fósforo, principalmente, en la dieta del poblador medio peruano, hacen necesario la investigación sobre diseño y desarrollo de alimentos enriquecidos con tales micro nutrientes. Los productos de panificación con su alta aceptabilidad y de consumo diario, pueden ser excelentes vehículos de estos nutrientes y mejorar con ello la calidad nutritiva de la dieta alimentaria.

La muña con su alto contenido de calcio y de fósforo, es una buena alternativa para prevenir los problemas de descalcificación y desfosforización de la población en general; así mismo, la proteína y hierro presentes en la harina de sangre de pollo contribuirán en enriquecer la alimentación de tal población. Considerando lo mencionado, se espera obtener un pan que sea elaborado a partir de la incorporación de las harinas de sangre de pollo y de muña a la formulación tradicional, con lo que se elevará considerablemente la calidad nutricional de este producto.

La idea de presentar el calcio, fósforo, hierro y proteína; incorporados en el pan, permitirá consumir dicho producto por el poblador medio, todos los días en el desayuno y en el lonche. Además la importancia tecnológica es que el pan enriquecido tendrá un valor agregado en cuanto a calidad proteica y nutricional. La investigación permitirá prolongar la vida útil del producto, en razón que la muña tiene efectos conservantes por el alto contenido de hidrocarburos (terpenos y canfenos) presentes, principalmente, en sus aceites esenciales.

Atendiendo a lo mencionado, la harina de muña (*Minthostachis mollis*) con su aporte en minerales, no está empleándose en forma adecuada y por lo tanto no aporta actualmente un beneficio nutricional; sucediendo de manera similar con la sangre de aves, proveniente de los mataderos avícolas, como la del pollo (*Gallus domésticus*).

Las afecciones de las personas por descalcificación, desfosforización, falta de hierro y de proteínas, pueden ser inhibidas (en niños) y/o minimizadas (en adultos), al consumir este producto, reduciendo considerablemente la osteoporosis y otros problemas de la salud.

## **5. Alcances y limitaciones.**

La investigación llegará hasta términos y parámetros proximales, químicos, físicos y bioquímicos por tipo de producto que se ha desarrollado. Al final de los estudios realizados, el producto obtenido tiene repercusión en los niños que sufren descalcificación temprana y un aminoramiento de los problemas que tienen la mujeres al entrar a la etapa de la menopausia y descalcificación por los partos y amamantamiento a los bebés. La complejidad de los componentes, en cuanto a su obtención y análisis de los mismos, que participan en la investigación, hacen que las limitaciones se agudicen en varias etapas del estudio.

## 6. Definición de variables.

Según Zelayarán (2002), las variables pueden definirse como las propiedades o características peculiares de los hechos, fenómenos o proceso, que pueden ser manipulados, medidos y contralados, en todo el proceso de investigación de carácter científico. Por tal razón es importante que antes de iniciar una investigación se identifiquen las variables que deben ser evaluadas, tanto cuantitativamente como cualitativamente. Pero las variables desde otro punto de vista, también pueden ser abstracciones conceptuales y operacionales de las propiedades o características, en esta investigación, de procesos fácticos, las cuales permiten observar diferencias entre los efectos y causas que ocasionan las variables.

La posesión de determinadas propiedades recibe el nombre de variable cualitativa; mientras que la posesión de los fenómenos o procesos, de ciertas características en diversos grados o niveles, recibe el nombre de variable cuantitativa, dado que, según los lugares y tiempos pueden modificarse por efecto de algún factor; en consecuencia, los distintos grados en que poseen pueden jerarquizarse, asignándose a los fenómenos o procesos diversos valores y escalas de medición.

Según, Susan Pick, citado por Zelayarán (2002), sostiene que las variables independientes son aquellas que el investigador puede manipular, por cuanto se considera que existe relaciones entre aquellas y las variables dependientes estarán en función de la variables independientes. Es decir, la variable dependiente está esperando que la variable independiente adopte un valor para que la variable dependiente adquiera su valor.

La variable dependiente, en el presente estudio es:

- La *aceptabilidad y calidad* del pan enriquecido, que no será nada más que el **efecto o consecuencia** que ocasionen las cantidades de harinas de muña y de pollo.

Las variables independientes, en el presente estudio son:

- Las *cantidades de harinas de sangre de pollo y de muña*; que son las que desempeñan el rol de **causa** mayoritaria.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### Teorías generales.

La harina de sangre, que se obtiene por deshidratación de la sangre proveniente de los mataderos avícolas, es utilizada principalmente como ingrediente en la fabricación de raciones para animales como cerdos, aves y peces, y al estado natural en la fabricación de alimentos para humanos como en la elaboración de embutidos. En virtud a que es una materia prima que tiene una alta cantidad en proteínas, con valores superiores al 80%(84 a 88%), es recomendada como concentrado proteico de alto valor para el pollo parrillero en iniciación, el mismo que no debe exceder del 4,5% en la ración de estas aves (Cabrera, 2001). Falla (1995) sostiene que la harina de sangre, proveniente de los mataderos avícolas es de suma importancia en la alimentación animal (pollos, cerdos y aves); así como las harinas de plumas y hueso, que aportan proteínas y calcio; principalmente. Además, los precios de harinas de sangre y de huesos están entre US\$ 0,38 y US \$ 0,33 por cada kg; respectivamente y las producciones anuales, tanto de harina de sangre como harina de huesos alcanzaron las 291 ton y 6 419 ton en el año de 1993; respectivamente. Según Moreno (1995), por cada vacuno que se beneficie, se puede obtener hasta 5 kg de este alimento, comestible para el ser humano y en óptimas condiciones.

Según Márquez *et. al.* (1998), las dietas de los países en vías de desarrollo se caracterizan por presentar suficiente cantidad de proteínas, pero son, en general, deficientes en proteínas de origen animal; de allí que los respectivos gobiernos han implementado programas de intervención como los de protección de la madre y el niño; donde, para cumplir con tales programas surge la necesidad de buscar fuentes alternas de proteínas que permitan la formulación de alimentos con contenido proteico de alto valor biológico y bajo costo, situación que se resuelve creando técnicas para la recuperación e incorporación en alimentos, de proteínas de ciertos subproductos(algunos de deshecho) que se originan en la industria de los alimentos, siendo uno de éstos subproductos la sangre de los mataderos avícolas.

En la revisión bibliográfica no se han encontrado trabajos donde se haya utilizado la harina de muña en procesos de panificación o temas afines.

### Bases teóricas especializadas con el tema

**Harinas de sangre de pollo y de muña.** La sangre cocida, deshidratada y triturada; así como las hojas de muña deshidratadas y trituradas fueron molidas y tamizadas para estandarizar el tamaño de partícula a los de la harina panadera. En la figura 3, se muestra, tanto la sangre de pollo y la muña, ambas deshidratadas y trituradas.



**Fig. 3.** Fotografía de la sangre de pollo y de la muña, ambas deshidratadas y trituradas.

**Cocción.** Luego de una buena recolección (sin contaminación) de la sangre de pollo, según Ressa J. & Bettison J. (2007), la cocción que se realizó para la sangre de pollo es un concepto similar al de eficacia letal, para descubrir y analizar la destrucción de los caracteres organolépticos. La cocción en este caso tiene una temperatura de referencia de 100°C y un valor  $z$  que oscila entre 20 y 40°C. A nivel industrial se recomienda agregar cal viva en 1% en peso con relación al peso total de la sangre de pollo. La cuantificación del nivel o grado de cocción está dada por la siguiente ecuación

$$C_{100} = 10^{(T-100)/z} \text{ minutos}$$

En el presente estudio, la cocción se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones del cocedor por lotes, en donde el calor no es suministrado directamente al contenedor de la sangre de pollo, si no por medio de chaquetas de vapor (transmisión de calor por convección) con un agitador mecánico constante. Se recomienda que la cocción se realice en el menor tiempo posible, a fuego lento y agitación constante.

**Deshidratación y/o Secado.** Según Geankoplis (2004), el secado o deshidratación de los alimentos, por lo general, se usa como técnica de preservación. Si bien es cierto que el secado se refiere a la eliminación de pequeñas cantidades de agua, el propósito en esta oportunidad es con fines de llevar nuestras materias a estados que nos permitan realizar la operación de reducción de tamaños o molienda. En la fig. 4, se muestra el deshidratador utilizado para reducir la humedad, tanto de la sangre de pollo cocida así como de la muña triturada, hasta el 10% de humedad, ya que a humedades mayores hay proliferación de bacterias y a humedades inferiores la proteína se desnaturaliza bajando su calidad y su precio. La temperatura recomendada para la deshidratación está entre 75 y 85 °C, cuidando la Lisina que es un aminoácido termolábil.



**Fig. 4.** Deshidratador utilizado para deshidratar, tanto la sangre de pollo cocido así como la muña triturada.

**Molienda o Reducción de Tamaño.** Según Geankoplis (2004), por lo general muchos materiales se presentan con dimensiones demasiado grandes para su uso, por lo que se deben reducir. La reducción de tamaño o molienda de los sólidos se lleva a cabo para poder separar sus diversos ingredientes a para poder utilizarlos en diferentes procesos.

En general, los términos *trituration* y *molienda* se usan para denotar la subdivisión de partículas solidas grandes en partículas pequeñas y polvos, como es el caso del presente estudio. En la industria de procesamiento de alimentos, la molienda se puede llevar a cabo por medio de molino de rodillos, para moler trigo y cebada y obtener harinas. La medición del tamaño de las partículas se define en términos de distribución del tamaño de las partículas. En



la Fig. 5, se muestra el molino utilizado para moler o reducir el tamaño, tanto de la harina de sangre de pollo cocida y deshidratada así como de la muña triturada y deshidratada. El 100% de la harina de sangre de pollo debe pasar por una criba M 2 (Tyler número 9 y US número 10).



**Fig. 5.** Molino utilizado para moler o reducir el tamaño, tanto de la sangre de pollo cocida, triturada y deshidratada así como de la muña deshidratada y triturada.

Un método utilizado para graficar el tamaño de las partículas consiste en construir una curva del diámetro de éstas (abertura de los tamices de la malla) en  $mm$  o  $\mu m$  en un eje, y el porcentaje acumulado retenido para dicho tamaño en el otro eje. Estas gráficas también se construyen con la cantidad acumulada con el porcentaje inferior al tamaño considerado, en función al tamaño de las partículas. En la tabla 8, se da en forma resumida los datos de aberturas de los diferentes tipos de tamices.

**Tabla 8, ó cuadro 1.** Datos de aberturas de los diferentes tipos de tamices.

<i>mm</i>	pulgadas(equivalentes aproximados)	<i>mm</i>	pulgadas(equivalentes aproximados)	Designación Tayler Equivalente
4,000	0,1570	1,370	0,0539	5 mallas
3.360	0,1320	1.230	0,0484	6 mallas
2,830	0,1110	1,100	0,0430	7 mallas
2,380	0,0937	1,000	0,0394	8 mallas
2,000	0,0787	0,900	0,0354	9 mallas
1,680	0,0661	0,810	0,0319	10 mallas
1,410	0,0555	0,725	0,0285	12 mallas
1,190	0,0469	0,650	0,0256	14 mallas
1,000	0,0394	0,580	0,0228	16 mallas
0,841	0,0331	0,510	0,0201	20 mallas
0,707	0,0278	0,450	0,0177	24 mallas
0,595	0,0234	0,390	0,0154	28 mallas
0,500	0,0197	0,340	0,0134	32 mallas
0,420	0,0165	0,290	0,0114	35 mallas
0,354	0,0139	0,247	0,0097	42 mallas
0,297	0,0117	0,215	0,0085	48 mallas
0,250	0,0098	0,180	0,0071	60 mallas
0,210	0,0083	0,152	0,0060	65 mallas
0,177	0,0070	0,131	0,0052	80 mallas
0,149	0,0059	0,110	0,0043	100 mallas
0,125	0,0049	0,091	0,0036	115 mallas
0,105	0,0041	0,076	0,0030	150 mallas
0,088	0,0035	0,064	0,0025	170 mallas
0,074	0,0029	0,053	0,0021	200 mallas
0,063	0,0025	0,044	0,0017	250 mallas
0,053	0,0021	0,037	0,0015	270 mallas
0,044	0,0017	0,030	0,0012	325 mallas
0,037	0,0015	0,025	0,0010	400 mallas

Para obtener las harinas de muña y se sangre de pollo se ha empleado el molino de martillos, de tal manera que el propósito ha sido conseguir una grado adecuado y homogéneo de las harinas utilizadas en la fabricación del pan.

**Tamizado y Granulometría.** Según Brennan *et. al*, (2007), el tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas, de diferentes tamaños, se separa en dos ó mas fracciones, pasándola por un tamiz. Cada porción o fracción es más uniforme en tamaño que la mezcla original. El tamiz es una superficie que contiene cierto número de aperturas, de igual tamaño. La superficie puede ser plana (horizontal y inclinada) o cilíndrica. Los tamices se usan mucho para separar mezclas de productos granulares o pulverulentos, en intervalos de tamaño. El tamizado o cribado se usa con fines analíticos, para determinar el tamaño de partícula y la distribución por tamaño de los productos pulverulentos. En la fig.6, se muestra la serie de tamices que se ha usado para el presente estudio. El propósito fue determinar el grado de finura obtenido en la molienda tanto de la sangre cocida y deshidratada, así como de la muña triturada y deshidratada. El sistema de tamizado que se utilizó es en serie o cascada, donde la alimentación se colocó en el tamiz de mayor luz de malla, dando un primer rechazo **R** que se retira, y un cernido **C** que pasa al tamiz siguiente, de menor luz de malla, constituyendo su alimentación; y así sucesivamente. Se dice que es el sistema más utilizado.



**Fig. 6.** Tamices utilizados para uniformizar el tamaño de las partículas, tanto de la harina de sangre de pollo y de muña.

## **Los minerales Calcio, Fósforo y Hierro.**

Según, Browman, B. & Russell, M. (2003), los minerales son elementos químicos indispensables para que el metabolismo corporal funciones adecuadamente, donde el agua circula por nuestro cuerpo llevando los electrolitos que son partículas de estos elementos y sostienen y afirman que su presencia en el organismo es tan importante como la de los aminoácidos. Lamentablemente el cuerpo no tiene la capacidad para fabricarlos y por eso es que debe tomarlos del exterior, por medio de suplementos nutritivos, la respiración y la absorción a través de la piel. Browman, B. & Russell, M. (2003), sostienen que cada uno de nosotros consumimos alimentos ricos en **minerales** y **aminoácidos** para que nuestro organismo funciones adecuadamente, pero lo que muchos desconocen es de donde provienen, que función cumplen, que cantidad requiere nuestro organismo, en que alimentos lo podemos encontrar y que es lo que puede ocasionar la falta de ellos. Cabe mencionar que los nutrientes más importantes son el Calcio, Fósforo, Hierro, Magnesio, Zinc y Cobre; junto con los aminoácidos. Referente a la presente investigación nos ocupamos de los tres más importantes: **Calcio, Fósforo y Hierro**. Es así que el calcio es el componente químico primario de los huesos y de los dientes; el fósforo es importante en el metabolismo celular porque contribuye a generar energía, regular el pH sanguíneo y juntos con el calcio proporcionan dureza a los huesos y dientes; y el hierro se utiliza en los glóbulos rojos para transportar oxígeno. Cada uno de ellos proviene de distintas fuentes alimenticias, la falta de estos minerales ocasiona muchas enfermedades, dependemos de ellos así como de los aminoácidos ya que su falta provocaría pérdidas de proteínas.

Según Browman, B. & Russell, M. (2003), el calcio es el mineral más abundante en el organismo y básicamente todos los procesos orgánicos requieren este metal, es un mineral esencial que se encuentra en el cuerpo. Un 99 % de calcio se encuentran en los huesos y dientes (en estos no es movilizable y por lo tanto no regresa a la sangre), mientras que el 1 % restante está en la sangre; en realidad el calcio en el cuerpo humano se encuentra en cantidades alrededor del 1,5 a 2,0 % del peso corporal; además, siendo importante la relación de la sangre y el calcio, se han desarrollado mecanismos de control homeostático delicadamente ajustados para mantener constantes las concentraciones sanguíneas de calcio, como lo han hecho los mecanismos celulares complejos para controlar el movimiento intracelular del calcio. El calcio

participa en la contracción muscular, formación de huesos, coagulación de la sangre, regulación metabólica y en estímulos de excitación. Se dice que el esqueleto humano tiene, aproximadamente, 1,2 kg de calcio, la cual participa directamente en la biología de la célula.

De los 920 a 1 000g de calcio en la mujer adulta y de los 1 200 g en el varón adulto, más del 99 % de encuentra en el esqueleto, sobre todo en forma de hidroxapatita  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ , es así que el hueso constituye un gran reservorio de calcio, listo para ser extraído en épocas en que el aporte es inadecuado. Lo extraordinario es que la forma del depósito de calcio también es funcional. La cuantificación cálcica se puede hacer por densitometría ósea, porque el calcio se encuentra en una proporción constante (39% del contenido mineral óseo corporal total).

Según Gil, A. Tomo II. (2010), la capacidad de absorción de calcio viene condicionada por la biodisponibilidad del calcio dietético (reducida en presencia de fitatos y oxalatos), por la propia cantidad de calcio ingerido y por la actividad reguladora de la vitamina D; no todo el calcio ingerido se absorbe. En realidad el calcio se puede absorber por dos mecanismos: 1) transporte activo, y 2) transporte pasivo. El transporte activo opera predominantemente a concentraciones lumbales bajas de iones de calcio y el transporte pasivo a concentraciones lumbales altas de iones de calcio. Después de los 50 años las necesidades de calcio son mayores debido a que la absorción disminuye con la edad. La falta de calcio es la causa posible de hasta 109 enfermedades diferentes; podemos mencionar acidez, dolor de muelas, dolor de espalda, fatiga, nervios alterados, debilidad, insomnio y calambre (en el embarazo); dolor de muelas y espalda, fatiga, calambres, osteoporosis y propensión a las fracturas (durante la lactancia); deficiencias en el sistema inmunológico, crecimiento lento, raquitismo, caries y miopía (en el crecimiento); calambres, contracciones musculares, alteración nerviosa, insomnio, pulsaciones cardíacas irregulares y acidificación corporal (en la adultez); dolor de espalda, fatiga, insomnio, alteración nerviosa, soledad y depresión (en la menopausia); insomnio, osteoporosis, artritis, fracturas, disminución de estatura, calambres y dolor de espalda (en adultos de edad avanzada y ancianos).

Finalmente, según Browman, B. & Russell, M. (2003), la asimilación del calcio **está alrededor del 30 % del calcio consumido.**

Según Gil, A. Tomo I. (2010), el **fósforo** es otro elemento esencial, que ocupa el segundo lugar después del calcio en abundancia en los tejidos humanos. Es un componente principal de la hidroxapatita cálcica, es parte de los segundos mensajeros AMPc y GMPc, es parte del

trifosfato de adenosina y de importantes fosfoproteínas y fosfolípidos. Se encuentran en el organismo aproximadamente entre 700 mg a 1000 mg de fósforo. De esto un 80 % se encuentra en los huesos, un 10 % en el músculo estriado y el 10 % restante se encuentra en el intracelular formando parte de fosfoproteínas, fosfolípidos y fosfoazúcares. La diferencia de concentración entre el fosfato intracelular y extracelular es de unas dos veces, por ello no es necesario un mecanismo de regulación tan fino como en el caso del calcio.

Como fosfatos, la biología del fósforo es que participa en diversas funciones esenciales del organismo. El ADN y el ARN están basados en el fosfato. La principal forma celular de energía contiene enlaces de fosfato de gran energía, lo mismo que el fosfato de creatinina y el fosfoenolpiruvato. Las reacciones de fosforilación y desfosforilación controlan varios pasos en la activación o desactivación de las enzimas citosolicas por las cinasas o fosfatasas. Una dieta normal debe poseer entre 800 y 1500 mg de fosforo, encontrándose principalmente en productos lácteos y carne. El aumento de la absorción intestinal está favorecida, a igual que el calcio, por la vitamina D. La cantidad relativa de asimilación de fosfatos orgánicos e inorgánicos en la dieta está varían según el tipo de fosfatos que se consuman. Sea cual sea su forma, la mayoría de fosfatos se absorben en el estado inorgánico, principalmente por la acción de la fosfatasa alcalina. La biodisponibilidad del fósforo depende de la forma del fosfato y del pH. En general, la eficiencia de absorción de los fosfatos se aproxima a 60 % en los adultos, casi el doble de la correspondiente al calcio, y la absorción de los fosfatos también es más rápida que el calcio. Por ejemplo, la absorción máxima de fosfatos tiene lugar más o menos 1 h después de la ingesta de una comida, en tanto que para la entrada de calcio en la sangre, el grado máximo ocurre entre 3 a 4 horas después de la ingesta de una comida.

Mientras que el calcio se encuentra en un número reducido de alimentos; el fósforo se encuentra en casi todos los alimentos. Los alimentos con alto contenido proteico son por lo general ricos en fósforo; por cada gramo de proteína se consumen alrededor de 15 mg de fósforo.

Según Kathleen M. & Escott-Stump S. (2009), el Hierro es uno de los metales de transición más abundantes sobre la corteza terrestre, donde su capacidad como aceptor y dador de electrones, por su conversión entre el estado ferroso ( $Fe^{+2}$ ) y el férrico ( $Fe^{+3}$ ) lo convierten en un importante cofactor de muchas enzimas de Oxido-Reducción y proteínas involucradas en el transporte de oxígeno. Existen diferentes opiniones de la cantidad de hierro distribuida en el

organismo de un adulto. Según Carreras M. (2011), el porcentaje de adultos sanos tienen alrededor de 3,6 gramos de hierro corporal total, en tanto el valor en las mujeres es de 2,4 gramos. Para Carreras M. (2011), el hierro total del organismo oscila entre 2 000 mg como límite mínimo en mujeres y puede llegar a 6 000 mg en los hombres. Sin embargo ambos están de acuerdo en la distribución de hierro, dicen que están en dos compartimientos: el de utilización y el de reserva. El compartimiento de utilización comprende a la hemoglobina del eritrón (donde se encuentra cerca del 80 % del hierro del compartimiento funcional) y la mioglobina en el músculo (que llega aproximadamente al 20 %). El hierro de reserva, o depósito, se distribuye entre el perénquima hepático, donde reside aproximadamente el 60% del hierro de reserva, y el sistema retículo endotelial (macrófagos y bazo) donde se localiza el otro 40 %.

El hierro es conservado en alto grado por el organismo; alrededor de 90 % se recupera y se usa de nuevo cada día. La parte restante es excretada, principalmente en la bilis. La característica fundamental en el metabolismo del hierro es la peculiaridad de la carencia de mecanismos específicos para su excreción. El hierro absorbido es depositado, en su mayoría, en el hígado desde donde se libera lentamente al plasma para su utilización.

Las funciones del hierro son resultado de su capacidad para participar en la oxidación y en las reacciones de reducción. Desde el punto de vista químico, es un elemento muy reactivo que puede interactuar con el oxígeno para formar productos intermedios que pueden dañar a las membranas celulares y degradar el ADN. El metabolismo del hierro es complejo dado que este elemento interviene en muchos aspectos de la vida, incluidos la función eritrocitaria, la actividad de la mioglobina y las funciones de las numerosas enzimas *hem* y *no hem*.

Un consumo de hierro adecuado es esencial para la función normal del sistema inmunitario. Tanto la sobrecarga de hierro como su deficiencia originan cambios en la respuesta inmunitaria. La sobrecarga de hierro aumenta el riesgo de infección y su deficiencia aumenta la inmunidad humoral y celular.

Según Browman, B. & Russell, M. (2003), la absorción de hierro depende del contenido del mineral en la dieta, tales como su biodisponibilidad, cantidad almacenada y la velocidad de formación de eritrocitos. Además, sostienen que existen dos formas dietarias del hierro disponible para su absorción en el intestino proximal. La primera es la forma libre del hierro que se encuentra en vegetales, lácteos y alimentos fortificados con hierro, y la segunda es la

del hierro *hemo* (o hemínico) que proviene principalmente de la hemoglobina y la mioglobina contenidas principalmente en las carnes rojas, hígado, aves, y pescado; cabe señalar que el hierro hemínico es el de más fácil absorción, hasta un 30 % de hierro hemínico ingerido es absorbido.

Carreras M. (2011), menciona que la deficiencia de hierro es precursora de la **anemia ferropénica**, que es la más común de todas las enfermedades por deficiencia nutricional. En todo el mundo la anemia ferropénica es la causa más común de anemia en niños y mujeres en edad reproductora.

En cuanto a las proteínas, Robinson S. D. (2001), sostiene que las recomendaciones más recientes acerca de la ingesta total de proteínas son mayores que las recomendadas en el año 1993 para el conjunto de la población mundial (FAO/OMS, 1993). Los niveles de proteína propuestos son aquellos considerados como necesarios para mantener la salud y las necesidades fisiológicas de la mayor parte de los individuos de un grupo de población. Las cantidades recomendadas de proteínas cubren aproximadamente el 10 % de las necesidades energéticas totales, sabiendo que las proteínas suministran 4 kcal por gramo y calculando la energía suministrada por la dieta teniendo en cuenta que el metabolismo de 1 gramo de proteína desprende 4 Kcal (17 kJ), 1 gramo de lípido 9 kcal (38kJ) y 1 gramo de carbohidrato 3,75 kcal (16kJ). Así mismo sostiene que las necesidades reales son de  $\alpha$  - **aminoácidos** y por lo tanto la composición en aminoácidos de las proteínas de la dieta es extremadamente importante; existen ocho aminoácidos estrictamente esenciales para la nutrición adecuada de los adultos, a saber tenemos: Valina, Leucina, Isoleucina, Treonina, Fenilalanina, Tirosina, Triptófano, Lisina, Cisteína y Metionina. La Tirosina y Cisteína/Cistina, también se clasifican como aminoácidos esenciales, puesto que no pueden ser sintetizados en cantidades adecuadas cuando la dieta es deficiente en Fenilalanina o metionina; respectivamente. Mientras que entre los aminoácidos no esenciales podemos citar: Glicina, Alanina, Serina, Acido aspártico, Acido glutámico, Arginina, Histidina, Prolina, Hidroxiprolina y 3-Metil-histidina.

Según Robinson S. D. (2001), el valor biológico de las proteínas se determina en función de la concentración de los  $\alpha$  - **aminoácidos** limitantes y no suministran otra información acerca de los demás aminoácidos esenciales. El valor biológico (BV) de una proteína es la fracción de nitrógeno retenido en el cuerpo para el crecimiento y mantenimiento de la síntesis celular, que se puede determinar mediante la fórmula:



$$BV = \frac{IN - UN - FN}{IN - FN}$$

Donde:

*BV* = Valor biológico,

*IN* = Nitrógeno ingerido,

*UN* = Nitrógeno urinario, y

*FN* = Nitrógeno fecal.

En general, todos los métodos biológicos de análisis de calidad proteica, se observa que los diversos valores obtenidos reflejan, principalmente, el contenido de aminoácidos esenciales limitantes, que para la mayor parte de los alimentos para el hombre y los animales es la **lisina**, los **aminoácidos azufrados** y la **Treonina**.

En orden a cubrir las necesidades nutricionales, el hombre necesita una fuente proteica diversificada y por tanto conviene considerar la contribución nutricional de la dieta globalmente en lugar de la contribución individual. Por esta razón, para el niño y el adulto, se calcula que aproximadamente el 39 % y 11% respectivamente de la ingesta proteica ideal estaría compuesto por aminoácidos esenciales. La ingesta diaria de aminoácidos esenciales, recomendados por la FAO/OMS, decrece exponencialmente con la edad.

Las ideas fundamentales de las proteínas, sostienen que: 1) las necesidades totales de las proteínas disminuyen con la edad desde un valor elevado de al menos 2 g por kg de peso corporal por día en los niños hasta 0,75 g en los adultos; 2) más del 70% de aminoácidos esenciales se reciclan; 3) la Histidina y la Arginina pueden ser sintetizados en cantidades suficientes por los adultos; 4) para muchos aminoácidos no esenciales el glutamato suministra el grupo amino; 5) las necesidades nutricionales del niño se valoran a partir de la composición de aminoácidos de la leche de mujer; 6) las proteínas animales son de mayor calidad; y 7) de los aminoácidos esenciales, únicamente la lisina, los aminoácidos azufrados, la Treonina y el triptófano, son probablemente limitantes de la calidad nutritiva de las proteínas de las plantas.

Según Kathleen M. & Escott-Stump S. (2009), menciona que mientras la estructura de las plantas está formada principalmente por carbohidratos, la estructura corporal de los seres humanos y los animales se basa en las proteínas. Las proteínas difieren molecularmente de los carbohidratos y de los lípidos en que contienen nitrógeno. Las principales funciones de las

proteínas incluyen su papel como proteínas estructurales, enzimas, hormonas, proteínas de transporte e inmunoproteínas. Las proteínas están formadas por aminoácidos unidas entre si por enlaces peptídicos. La secuencia de los aminoácidos determina la estructura y función últimas de la proteína. Las proteínas tienen cuatro niveles estructurales que son: estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. En la primaria la proteína es una cadena lineal de aminoácidos; en la secundaria los aminoácidos crean hélices y estructuras en lámina plegada; en la terciaria las hélices y las láminas plegadas se pliegan en dominios compactos, donde las proteínas pequeñas tienen un dominio y las grandes tienen múltiples dominios; y en la cuaternaria los polipéptidos individuales pueden actuar como subunidades en la formación de montajes más grandes o complejos.

Según Browman, B. & Russell, M. (2003), las proteínas representan una de las cinco clases de Biomoléculas complejas halladas en las células y los tejidos; las demás son: el ADN, el ARN, los polisacáridos y los lípidos. Los aminoácidos son los sillares de las proteínas, y como tales, constituyen los pilares de la nutrición y el metabolismo proteico. Si bien existen cientos de aminoácidos en la naturaleza, sólo unos 20 de ellos aparecen en las proteínas debido a la capacidad de incorporación de los ARN y su posterior conocimiento. Los aminoácidos de ingestión obligada son: Triptófano, Leucina, Isoleucina, Valina, Fenilalanina, Metionina, Lisina, Treonina e Histidina, o más específicamente, los derivados cetoácidos de los primeros cinco. Los tres últimos aminoácidos (Lisina, Treonina e Histidina), no pueden ser transaminados y, por lo tanto, deben ser aportados en la dieta como tales. Los niveles de ingesta proteico inocua para determinados grupos de edad se resume en la siguiente forma: lactantes de 0,3 años a 1,0 años  $1,47 \text{ g kg}^{-1}\text{día}^{-1}$ ; niños de 3 a 10 años  $1,06 \text{ g kg}^{-1}\text{día}^{-1}$ ; adolescentes de 13 a 15 años  $0,97 \text{ g kg}^{-1}\text{día}^{-1}$ ; adultos jóvenes 19 años a más y ancianos  $0,75 \text{ g kg}^{-1}\text{día}^{-1}$ ; mujeres embarazadas  $11 \text{ g kg}^{-1}\text{día}^{-1}$  y mujeres que amamantan hasta 12 meses aproximadamente  $16 \text{ g kg}^{-1}\text{día}^{-1}$ . Así mismo, no todos los tejidos captan y metabolizan aminoácidos en forma similar, más por lo contrario, cada órgano tiene funciones especializadas, con requerimientos energéticos y de precursores biosintéticos diferentes.

Según Robinson S. D. (2001), las principales fuentes proteicas son la leche, el pescado, los huevos y las legumbres y basándose en el conocimiento de la composición en aminoácidos de las proteínas, las fuentes se clasifican en buenas, adecuadas y pobres. Las buenas son las

legumbres, la leche, el pescado y la carne; las adecuadas el arroz, maíz y trigo; y las pobres la mandioca, las patatas, las batatas y muchas frutas.

La carencia de alguno de los aminoácidos esenciales provoca que la proteína que lo requiera no pueda sintetizarse, lo cual genera diferentes tipos de desnutrición. Además, cada aminoácido esencial cumple varias funciones principales.

### **Análisis sensorial**

Según Anzaldúa-Morales, A. (1994), el Análisis Sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales por medio de los sentidos y es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. La presente investigación se ha utilizado las mediciones de la Aceptabilidad general y el Sabor. El sabor de un producto alimenticio puede ser ácido, dulce, salado o amargo; o bien haber una combinación de dos o más de estos cuatro sabores. Además, Anzaldúa-Morales, A. (1994), menciona que el sabor es un atributo muy complejo de los alimentos, ya que combina el olor, el aroma y el gusto; y por lo tanto es el sabor lo que diferencia a un alimento del otro y no el gusto. Respecto al producto elaborado, se ha considerado un alimento de sabor dulce y para las pruebas de sabor se han tomado muestras de medio pan, es decir de 18 a 20 g, tomando como jueces 16 alumnos del cuarto año de la Escuela Profesional de Ingeniería de los Alimentos, de la Facultad de Oceanografía Pesquería y Ciencias Alimentarias, de la UNFV, que han llevado el curso de Análisis Sensorial, que han sido considerados como jueces semientrenados o de laboratorio, donde la escala utilizada para el **sabor** se muestra en el siguiente cuadro 2.

**Cuadro 2.** Escala adónica para el sabor.

<b>Escala</b>	<b>Puntuación</b>
Me gusta mucho	5
Me gusta bastante	4
Me gusta ligeramente	3
Ni me gusta ni me disgusta	2

Fuente: Anzaldúa-Morales, A. (1994).

Mientras que para la **aceptabilidad general** la escala utilizada se muestra en el siguiente cuadro 3.

**Cuadro 3.** Escala adónica para la aceptabilidad.

<b>Escala</b>	<b>Puntuación</b>
Lo acepto con seguridad	8
Lo acepto bastante	7
Sí lo acepto	6
Lo acepto	5
Lo acepto ligeramente	4
Me es indiferente	3

Fuente: Anzaldúa-Morales, A. (1994).

Tanto para el sabor, así como para la aceptabilidad se emplearon 16 personas como panelistas (jueces), siendo todos ellos alumnos del cuarto año de ingeniería alimentaria, los mismos que han llevado la signatura de análisis sensorial.

Según Sancho J. *et. al.* (1999), mencionan que el sabor se percibe principalmente por la lengua, aunque también por la cavidad bucal (por el paladar blando, la pared posterior de la faringe y la epiglotis) y las pupilas gustativas de la lengua registran los cuatro sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo, en determinadas zonas preferenciales de la lengua; así, lo dulce en la punta, lo amargo en el extremo posterior y lo salado y ácido es los bordes. Así mismo sostiene que cuando se desea darle a un producto una calificación global, como la aceptabilidad general al producto, a cada valor se le da una valoración ponderada, resultando la calificación global, como la suma de las resultantes de cada factor.

### **Hipótesis**

*Hipótesis nula.* Las incorporaciones de harinas de sangre de pollo y de muña, en la elaboración de un pan enriquecido, **no tendrán efecto significativo, serán beneficiosas nutricionalmente y mejorarán** la dieta diaria de un consumidor promedio.

*Hipótesis alternativa.* Las incorporaciones de harinas de sangre de pollo y de muña, en la elaboración de un pan, **si tendrán efecto significativo, no serán benéficas y no serán relevantes** en la dieta de un consumidor promedio.

### CAPITULO III. MÉTODO

#### 1. Tipo

Para la presente investigación, que es netamente experimental, se ha usado el método denominado “método experimental”. Este método está definido como aquella orientación que, en base a lo descrito y previamente explicado, se centra en predecir lo que va a pasar en el futuro si en esa situación de la realidad se hace un determinado cambio. En este método se debe plantear, de manera obligatoria, una hipótesis predictiva central y una hipótesis predictiva secundaria o auxiliar. Además, este tipo de método significa el trabajo en condiciones óptimas de laboratorio, con variables contraladas, con grupos testigo y grupos experimentales (Caballero, 2 000).

En virtud que un método de investigación científica, es una orientación racional capaz de resolver problemas nuevos para la ciencia; que puede solucionarla porque entraña una hipótesis; la que si bien implica riesgo, también le da valor y poder creativo e innovador; ya que al construir una propuesta de solución al problema; aún no está probado, no es seguro, no sabemos si será eficaz o eficiente; no es repetitivo; y que, cuando tiene éxito, se convierte en un sistema.

En resumen, se dice que al **método** lo vemos como una estrategia nueva; mientras que al **sistema** lo vemos como una estrategia repetitiva, ya probada, segura de funcionar.

**2. Diseño experimental.** Para determinar la formulación adecuada del pan enriquecido se evaluarán 6 tratamientos formulados con diferentes porcentajes de harina de muña, harina de sangre de pollo, levadura y sal. Estos tratamientos se trabajarán en un Diseño en Bloque completamente al azar, el que se muestra en el Cuadro 4. Las formulaciones fueron determinadas en pruebas preliminares donde se desecharon aquellas que presentaron nulo o poco crecimiento de la masa, coloración oscura de la miga, etc. Las variables dependientes o repuestas fueron el sabor y la aceptabilidad general.

**Cuadro 4.** Tratamientos necesarios para ejecutar la investigación planteada.

Tratamiento	Harina de Muña(g)	Harina de Sangre de Pollo(g)	Levadura (g)	Sal(g)	Variable Dependiente
<b>1</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	-
<b>2</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	-
<b>3</b>	<b>50</b>	<b>150</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	-
<b>4</b>	<b>117</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	-
<b>5</b>	<b>32,9</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	-
<b>6</b>	<b>75</b>	<b>184,1</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	-

El Análisis de Varianza aplicado a las variables respuesta de los tratamientos mostrados en el Cuadro 4, permitió evaluar el cumplimiento de la Hipótesis nula planteada.

**Tabla 9.** Diseño completamente al azar para la evaluación de la aceptabilidad y el sabor

<b>JUECES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1</b>						
<b>2</b>						
<b>3</b>						
<b>4</b>						
<b>5</b>						
<b>6</b>						
<b>7</b>						
<b>8</b>						
<b>9</b>						
<b>10</b>						
<b>11</b>						
<b>12</b>						
<b>13</b>						
<b>14</b>						
<b>15</b>						
<b>16</b>						

### **3. Estrategia de prueba de hipótesis**

Para validar o rechazar la hipótesis nula, en la presente investigación se han considerado materiales, equipos, métodos de análisis, la metodología experimental y el fundamento químico de los análisis del fierro y el calcio. Estos aspectos se describen, cada uno de ellos, específicamente, a continuación.

#### **Materiales**

1. Materia Prima. Se utilizarán las harinas de trigo, de muña y de sangre de pollo.
2. Insumos.- Azúcar doméstica, sal de mesa, levadura industrial seca (Redstar ®), agua potable, manteca vegetal y mejorador.
3. Material de Laboratorio.-Vasos de precipitado, materiales aforados, pipetas enrasadas, cubetas de vidrio, cápsulas de cuarzo ó silicio fundido, probetas, pipetas, fiolas, buretas, termómetro, tamices, etc.
4. Los reactivos serán los indicados en los métodos.

#### **Equipos.**

1. Horno: marca Nova, Modelo: Max – 1000, capacidad 1 coche de 18bandejas.
2. Amasadora tipo espiral: Marca Nova, modelo: N25, capacidad40kg, potencia2.5 HP, de 60, 120 y 180 rpm.
3. Cámara de fermentación: Marca Nova, capacidad 4 coches.
4. Espectrofotómetro: marca PERKIN – ELMER, Modelo: 303, porcentaje de absorbencia de 0 a 89. USA.
5. Horno – Mufla: Marca Volcán, modelo A-130, rango de temperatura de 200 a 1000°C, USA.
6. Balanza analítica: Marca OHAUS, modelo: AP210-O, capacidad 210 g a 0,1 mg, Hungría
7. Farinógrafo: Marca LMIN, modelo FE-205, tipo 3422-QA. Hungría.
8. Deshidratador, Tamices, Molino y Accesorios.

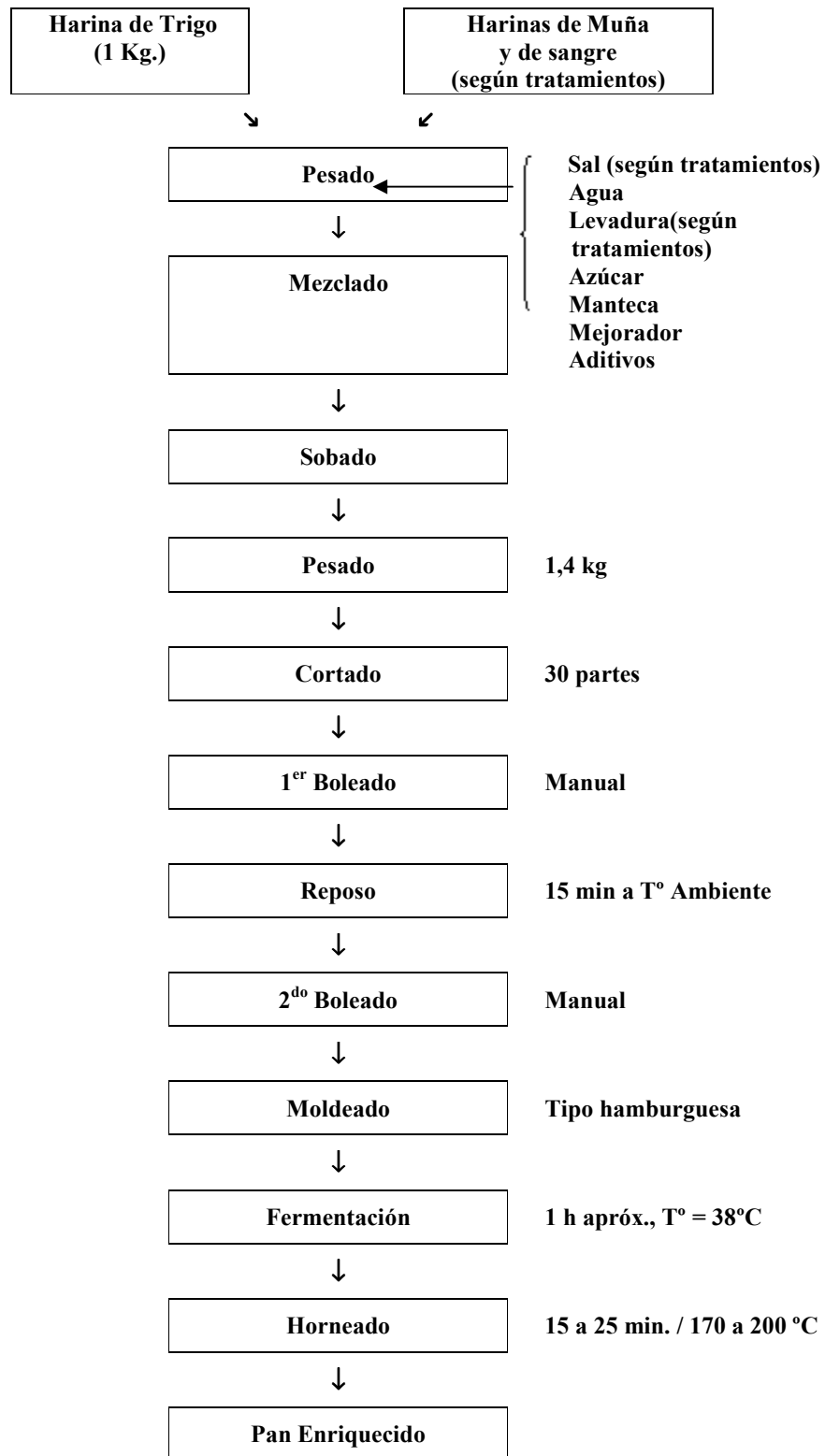
## **Métodos de Análisis.**

Análisis proximal de las harinas de muña y de sangre de pollo y del producto elaborado: Humedad (Desecación a 105 °C), Cenizas (Calcinación a 550 °C), Grasa o Lípidos (método Soxhlet), y Carbohidratos (por diferencia) (Método AOAC, 1990).

## **Metodología Experimental.**

1. Se caracterizó la materia prima por el análisis proximal y granulométrico de las harinas de sangre de pollo y de muña. Además, se ha trabajado con los ingredientes convencionales, tales como la sal, el azúcar, la levadura, la manteca, el mejorador y los aditivos.
2. Diseño y desarrollo del producto. Para obtener el pan enriquecido con harinas de muña y de sangre de pollo se siguieron las etapas previas de generación y tamizado de ideas, desarrollo del concepto y formulación del producto. Se plantearon 16 tratamientos (formulaciones), de los cuales previas pruebas preliminares se descartaron de tratamientos, quedando solo 6 tratamientos en base a las pruebas preliminares, donde se siguió el procedimiento que se muestra en la Figura 7 para la elaboración de los panes.





**Figura 7.** Proceso de Elaboración del Pan

#### 4. Variables

Las variables en el presente estudio están relacionadas con las características de aceptabilidad general y el sabor, en función de las cantidades de las harina de muña y sangre de pollo; las mismas que están aportando calcio, fósforo, hierro y proteínas en el producto obtenido (panes enriquecidos), y que a su vez son definidas de la siguiente manera:

- *Aceptabilidad general = f(harina de muña y harina de sangre de pollo)*
- *Sabor = f(harina de muña y harina de sangre de pollo)*

#### 5. Población

Para el presente estudio se ha tenido la sangre de pollo de los mercados del Distrito de San Juan de Lurigancho y la muña seca y deshidratada, de la provincia de San Marcos del Departamento de Cajamarca.

Así también se eligieron los 16 jueces para el análisis sensorial del producto, entre los estudiantes universitarios del cuarto año de la carrera de ingeniería Alimentaria, de los cuales fueron 8 alumnos de cada sexo, con una edad promedio entre 21 y 26 años de edad.

#### 6. Muestra

La sangre de pollo se tomó de los puestos de venta de pollo del Mercado Santa Rosa de la Urbanización los Jardines de San Vicente, del Distrito de San Juan de Lurigancho, en cantidades de 4 litros por cada recolección, realizándose 5(cinco) recolecciones, y cada vez que fue requerida para el presente estudio.

Mientras que las hojas de muña secas y deshidratadas se recolectaron única y exclusivamente del Distrito de Paucamarca, Provincia San Marcos y Departamento de Cajamarca.

#### 7. Técnicas de investigación

- **Instrumentos de recolección de datos**

En la presente investigación se ha usado la Técnica de recolección de datos denominada **Observación de Campo** (Caballero, 2 000), utilizando como instrumento una guía de

observación de campo (los datos obtenidos experimentalmente), teniendo como informante el propio investigador (quien está ejecutando el estudio), los datos que han sido utilizados para obtener los dominios y rangos de las variables, tanto, dependientes como independientes; respectivamente. En este caso se ha obtenido la guía de observación de campo y el informe respectivo del investigador.

- **Procesamiento y análisis de datos.**

Los datos obtenidos se analizaron por el Diseño en Bloque Completamente al Azar (para la composición proximal del pan enriquecido, para las cantidades de minerales, para la aceptabilidad general y para el sabor), por Regresión Lineal Múltiple (para predecir la aceptabilidad general y el sabor) y por técnicas de Derivación (para optimizar la aceptabilidad general y el sabor).

Los datos obtenidos se analizaron por medio de pruebas no paramétricas para varias muestras independientes: Kruskal- Wallis y prueba de la mediana de Mood, para comprobar la validez o no de la Hipótesis nula para la aceptabilidad general y para el sabor, por Regresión Lineal Múltiple (para predecir la aceptabilidad general y el sabor), por técnicas de Derivación (para optimizar la aceptabilidad general y el sabor).

La prueba de Kruskal-Wallis, es una alternativa a la prueba F del análisis de varianza para diseños de clasificación simple. En este caso se comparan varios grupos pero usando la mediana de cada uno de ellos, en lugar de las medias.

Según Downie, N. & Heath, R. (2003), la Regresión Lineal Múltiple es la relación entre una variable dependiente y dos o más variables independientes. Para el presente estudio, la Regresión Lineal Múltiple está dado por las variables dependientes aceptabilidad general y sabor del pan enriquecido, y las variables independientes las cantidades de harina de muña y de pollo; respectivamente. La ecuación predictiva tendrá la forma siguiente:

$$y = A + B \bullet x_1 + C \bullet x_2$$

Cuyo estadígrafo de validación, el coeficiente de correlación múltiple  $\gamma$ , que es una medida de relación entre tres variables, se puede evaluar por la siguiente fórmula:

$$\gamma_{1.23} = \sqrt{\frac{r_{12}^2 + r_{13}^2 - 2r_{12} \cdot r_{13} \cdot r_{23}}{1 - r_{23}^2}}$$

Donde, 1 representa bien la aceptabilidad general o el sabor; el 2, representa la cantidad de Harina de muña y el 3, representa la cantidad de Harina de sangre de pollo.

Se dice que si el coeficiente de correlación múltiple  $\gamma$ , es 0,8 ó más se considera un coeficiente alto, si  $\gamma$  es aproximadamente 0,5 es considerado moderado y si  $\gamma$  es de 0,3 ó menos se considera un coeficiente bajo. La mejor forma de evaluar un coeficiente de correlación  $\gamma$  es mediante el coeficiente de determinación  $\gamma^2$ . La mayoría de coeficientes de correlación indican dos cosas: 1) indican la magnitud de la relación, y 2) el sentido de la relación.

Otra forma de evaluar el coeficiente de correlación  $\gamma$ , para el Análisis de Regresión Lineal Múltiple es aplicar la siguiente relación

$$\gamma = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

Que es la que, finalmente, se ha utilizado en esta oportunidad.

Según Douglas (2001), *ji* cuadrada es una prueba de significancia que no sigue una distribución normal, como lo hacen las pruebas *z*, *t* y *F*. La *ji* cuadrada es una prueba no paramétrica o libres de distribución y por esta misma razón es un valor estadístico muy útil y la *ji* cuadrada es tan solo uno de un gran grupo de tales valores estadísticos. La *ji* cuadrada se usa como prueba de significancia cuando se tienen datos que se expresan en frecuencias o que están en términos de porcentaje o proporciones y que pueden reducirse a frecuencias.

Para utilizarse la *ji* cuadrada, los datos deben ser independientes esto es, ninguna variable respuesta se relaciona con cualquier otra. Además todos los datos observados deben emplearse en una prueba de *ji* cuadrada. Las diferentes formas de *ji* cuadrada tienen muchas más aplicaciones.

La fórmula básica de la *ji* cuadrada es

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde

$O$  = frecuencia de casilla observada.

$E$  = frecuencia teórica o esperada.

Para tomar decisiones a cerca de parámetros, se comparan los valores observados de la *ji* cuadrada calculados en los datos de muestra con los valores críticos de la medida estadísticos encontrados en tablas diseñadas.

## CAPITULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### Caracterización de la harina de sangra de pollo.

En virtud que la harina de sangre de pollo se obtiene por recolección, cocción, deshidratación y molienda de la sangre proveniente de los mataderos avícolas, las características de composición química y el valor nutricional se aprecian en las tablas 10 y 11; respectivamente.

**Tabla 10.** Composición química de la harina de sangre de pollo.

Componente	Porcentaje (%)
Proteína	87,64
Grasa	0,97
Cenizas	4,38
Humedad	7,01

**Tabla 11.** Valor nutricional de la harina de sangre de pollo.

Componente	Porcentaje (%)
Proteína	84 a 88
<b>Lisina</b>	<b>5 a 7,5</b>
Treonina	3 a 4,5
Arginina	2 a 4
<b>Leucina</b>	<b>7,5 a 11</b>
Isoleucina	1 a 2,5
Valina	5 a 7

Para ello se recomienda no usar temperaturas superiores a 80°C, ya que temperaturas superiores afectan el nivel de lisina, por ser aminoácido termolábil, disminuyendo drásticamente el valor nutricional; y se recomienda no usar más del 4,5 % de leucina que es el máximo tolerable y no bloquear la asimilación de los demás aminoácidos esenciales, recomendado por Cabrera, M.(1998).

**Caracterización de la harina de muña.** En virtud que la harina de muña se ha obtenido por recolección. Secado, triturado, deshidratado, molienda y trituración, los resultados de la caracterización química y en minerales, se presentan en las tablas 12 y 13; respectivamente.

**Tabla 12.** Composición química de la harina de muña: componentes mayores

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Agua	12,50 %
Proteínas	3,67%
Grasa	2,95%
Carbohidratos	69,70%
Cenizas	11,18%

**Tabla 13.** Composición química de la harina de muña: componentes menores (mg)

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad (mg)</b>
Calcio (Ca)	2 242,04
Fósforo (P)	265,15
Hierro (Fe)	23,12

**Tabla 14.** Homogenización granulométrica de las harinas panadera (H.P.), de sangre de pollo (H. S.) y de muña (H. M.).

Abertura de malla (mm)	Fracción retenida (H. P.)	Fracción retenida (H. S.)	Fracción retenida (H. M.)	
0,125	0,0049	0,0048	0,0050	115 mallas
0,105	0,0041	0,0039	0,0040	150 mallas
0,088	0,0035	0,0033	0,0035	170 mallas
0,074	0,0029	0,0029	0,0030	200 mallas
0,063	0,0025	0,0026	0,0026	250 mallas
0,053	0,0021	0,0022	0,0022	270 mallas
0,044	0,0017	0,0018	0,0018	325 mallas
0,037	0,0015	0,0016	0,0015	400 mallas

### Composición química y de minerales del pan enriquecido.

Habiendo elaborado el pan enriquecido con las harinas de sangrte de pollo, de muña y harina de trigo panadera, según los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub> y T<sub>6</sub>, seleccionados por pruebas preliminares previas; los resultados en composición proximal y en minerales se presentan el las tablas 15 y 16; respectivamente.

**Tabla 15.** Composición química proximal del pan enriquecido.

Componente	Tratamientos					
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
<b>Proteína</b>	10,82	11,04	18,32	21,31	18,42	25,72
<b>Grasa</b>	1,45	1,52	1,42	1,72	1,61	1,51
<b>Carbohidratos</b>	49,24	52,21	48,04	43,78	46,05	41,89
<b>Agua</b>	25,53	26,02	23,14	23,02	23,31	21,65
<b>Fibra</b>	2,44	2,42	2,73	2,84	2,42	2,92
<b>Cenizas</b>	10,52	6,79	6,35	7,33	8,19	6,31

**Tabla 16.** Cantidad de minerales(calcio, fòsforo y hierro) en el pan enriquecido, en mg.

Mineral	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
<b>Calcio</b>	112,35	128,48	114,32	168,15	110,32	126,24
<b>Fòsforo</b>	100,41	106,41	102,42	115,16	101,32	104,63
<b>Hierro</b>	2,17	2,32	2,84	3,74	2,32	2,95

**Evaluación sensorial del pan enriquecido.** Con las seis (6) formulaciones o tratamientos se llevó a cabo las pruebas de aceptabilidad y sabor. Los resultados se muestran en las tablas 17 y 21, respectivamente.



### Datos de aceptabilidad general.

Llevado a cabo el análisis sensorial, efectuado por los 16 jueces, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 17. En seguida se procedió a realizar el análisis estadístico de Kruskal-Wallis para evaluar la influencia sobre la aceptabilidad de los Tratamientos.

**Tabla 17. Respuestas del panel sensorial sobre la aceptabilidad de los tratamientos**

JUECES	TRATAMIENTOS					
	1	2	3	4	5	6
1	3	3	6	6	7	8
2	2	5	4	8	6	8
3	3	3	4	6	7	7
4	3	3	4	6	7	8
5	3	4	6	7	8	9
6	2	4	6	8	8	9
7	3	4	4	7	7	8
8	3	5	4	6	7	9
9	2	3	4	7	7	8
10	2	4	5	7	6	8
11	3	3	6	8	7	8
12	4	3	4	7	6	8
13	3	4	4	6	7	8
14	3	5	4	5	7	8
15	3	4	4	5	7	9
16	3	4	7	6	6	8

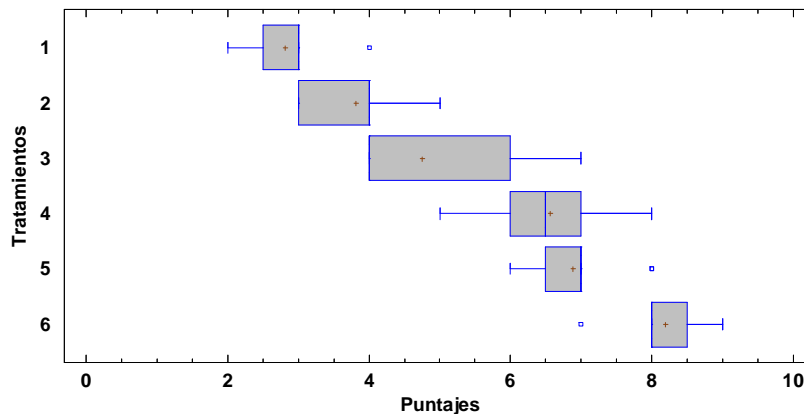
**Tabla 18.** Prueba de Kruskal-Wallis para aceptabilidad de los Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
1	16	11,4688
2	16	26,1875
3	16	39,0938
4	16	62,0938
5	16	66,1875
6	16	85,9688

Estadístico = 81,6707 Valor-P = 0

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de los 6 tratamientos es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

A continuación se muestra un gráfico de Caja y Bigotes mostrando las diferencias entre las Medianas de los 6 tratamientos.



**Figura 8.** Gráfico de Caja y Bigotes para las medianas de la aceptabilidad

Por el análisis realizado y el resultado obtenido se puede afirmar que se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la Hipótesis alternante la cual **afirma que la composición del pan con respecto a harina de sangre de pollo y harina de muña, si afectan la aceptabilidad general del producto evaluada por un conjunto de jueces**. A continuación se procedió a analizar los mismos resultados mediante la prueba de la Mediana de Mood (Tabla 19).

**Tabla 19. Prueba de la Mediana de Mood para aceptabilidad de los tratamientos**

Total: n = 96

Gran mediana = 6.0

<i>Tratamientos</i>	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>n&lt;o=</i>	<i>n&gt;</i>	<i>Mediana</i>	<i>LC inferior 95.0%</i>	<i>LC superior 95,0%</i>
<b>1</b>	16	16	0	3,0	2,0	3,00000
<b>2</b>	16	16	0	4,0	3,0	4,48275
<b>3</b>	16	15	1	4,0	4,0	6,00000
<b>4</b>	16	8	8	6,5	6,0	7,48275
<b>5</b>	16	4	12	7,0	6,0	7,00000
<b>6</b>	16	0	16	8,0	8,0	9,00000

Estadístico = 62,4902 Valor-P =  $3,71236 \cdot 10^{-12}$

La prueba de medianas de Mood evalúa la hipótesis de que las medianas de todas las 6 muestras son iguales. Lo hace contando el número de observaciones en cada muestra, a cada lado de la mediana global, la cual es igual a 6,0. Puesto que el valor-P para la prueba de chi-cuadrada es menor que 0,05, las medianas de las muestras son significativamente diferentes con un nivel de confianza del 95,0%. También se incluyen los intervalos del 95,0% de confianza para mediana, basados en los estadísticos de orden de cada muestra.

La prueba de Medianas realizada confirma la decisión de rechazar la Hipótesis nula con el 95% de confianza y aceptar la Hipótesis alternante, es decir **existe diferencia en la aceptabilidad general de los Tratamientos elaborados con diferentes porcentajes de**

**Harina de sangre de pollo y Harina de Muña.** A continuación se procedió a aplicar una prueba de Rangos Múltiples para evaluar cuáles tratamientos tuvieron una aceptabilidad similar, lo que se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Pruebas de Múltiple Rangos para los Aceptabilidad de los Tratamientos

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	16	2,8125	X
2	16	3,8125	X
3	16	4,7500	X
4	16	6,5625	X
5	16	6,8750	X
6	16	8,1875	X

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado 5 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0. Del resultado anterior se aprecia que el Tratamiento 6 tuvo la más alta calificación en aceptabilidad general, lo que se puede afirmar con el 95% de confianza.

### Datos de sabor.

Llevado a cabo el análisis sensorial, efectuado por los 16 jueces, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 21. En seguida se procedió a realizar el análisis estadístico de Kruskal-Wallis para la influencia sobre el sabor de los Tratamientos.

**Tabla 21. Respuestas del panel sensorial sobre el sabor de los tratamientos**

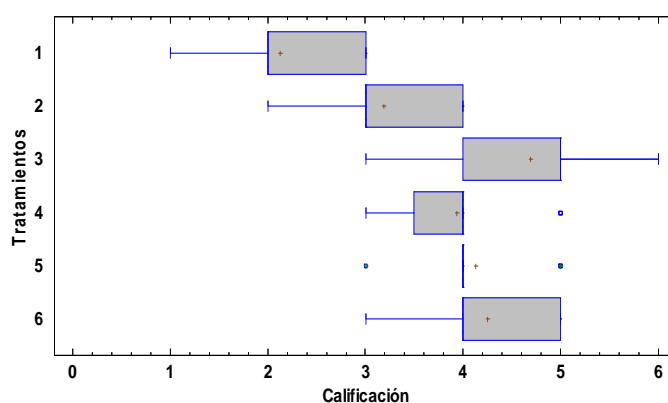
JUECES	TRATAMIENTOS					
	1	2	3	4	5	6
1	2	2	4	3	4	5
2	1	3	5	4	4	4
3	3	3	5	4	4	3
4	3	4	4	5	5	4
5	2	4	6	4	4	4
6	2	3	5	5	5	5
7	3	3	4	4	4	4
8	1	3	3	4	4	5
9	2	2	6	3	4	4
10	1	4	6	3	4	4
11	2	3	5	4	3	5
12	3	4	5	4	4	4
13	2	2	4	5	4	4
14	2	3	4	4	4	5
15	3	4	5	4	5	4
16	2	4	4	3	4	4

**Tabla 22. Prueba de Kruskal-Wallis para Sabor de los Tratamientos**

<i>Tratamientos</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
<b>1</b>	16	12,3750
<b>2</b>	16	32,8125
<b>3</b>	16	71,8125
<b>4</b>	16	52,8750
<b>5</b>	16	58,6875
<b>6</b>	16	62,4375

Estadístico = 55,5386 Valor-P =  $1,01133 \cdot 10^{-10}$

La prueba de Kruskal-Wallis evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las 6 columnas es la misma. Primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor. Después, se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza. A continuación se muestra el gráfico de medianas de las calificaciones de los jueces para la variable Sabor.



**Figura 9.** Gráfico de Caja y Bigotes para las Medianas de la evaluación del Sabor.

**Tabla 23.** Prueba de la Mediana de Mood para evaluación del Sabor

Total  $n = 96$ ; Gran mediana = 4.0

<i>Tratamientos</i>	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>n</i> ≤	<i>n</i> >	<i>Mediana</i>	<i>LC inferior 95,0%</i>	<i>LC superior 95,0%</i>
1	16	16	0	2,0	1,51725	3,00000
2	16	16	0	3,0	2,51725	4,00000
3	16	7	9	5,0	4,00000	5,48275
4	16	13	3	4,0	3,00000	4,48275
5	16	13	3	4,0	4,00000	4,48275
6	16	11	5	4,0	4,00000	,.0000

Estadístico = 21,7263 Valor-P = 0,000590183

**La prueba de medianas de Mood evalúa la hipótesis de que las medianas de todas las 6 muestras son iguales.** Lo hace contando el número de observaciones en cada muestra, a cada lado de la mediana global, la cual es igual a 4,0. Puesto que el valor-P para la prueba de chi-cuadrada es menor que 0,05, las medianas de las muestras son significativamente diferentes con un nivel de confianza del 95,0%. También se incluyen los intervalos del 95,0% de confianza para mediana, basados en los estadísticos de orden de cada muestra. Nuevamente la prueba de la mediana de Mood confirma el resultado hallado por la prueba de Kruskal-Wallis, es decir se puede rechazar la Hipótesis Nula con un 95% de confianza y aceptar la Hipótesis alternante de que **existe una influencia de la composición de los panes en la evaluación del sabor.**

Para determinar cuáles tratamientos tuvieron la mayor calificación del sabor se procedió a realizar una prueba de rangos múltiples.

## Pruebas de Múltiple Rangos para evaluación del sabor

Método: 95,0 porcentaje LSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	16	2,1250	X
2	16	3,1875	X
4	16	3,9375	X
5	16	4,1250	X
6	16	4,2500	X
3	16	4,6875	X

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis estadístico, se encuentra que **el tratamiento 3 obtuvo la mayor calificación para el sabor, entre los 6 tratamientos ensayados**, sin embargo se observa también **que no existe diferencia significativa entre el sabor evaluado para el Tratamiento 6 y el Tratamiento 3**, esto se observa desde que en el análisis de Rangos Múltiples se encuentra que 3 y 6 se encuentran dentro de un mismo grupo homogéneo.

**Aceptabilidad general** . Estas respuestas que se están analizando corresponden a los datos del cuadro 4. Los resultados de aceptabilidad general para los diferentes tratamientos, que dieron los jueces se muestra en el siguiente cuadro 5. Estos resultados se obtuvieron de 10 jueces, donde para cada tratamiento evaluaron con las puntuaciones que se muestran a continuación.



**Cuadro 5.** Datos para la aceptabilidad general

<b>Aceptabilidad general</b>	<b>REPETICIONES</b>			
	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>
<b>3 (T<sub>1</sub>)</b>	117	100	14	14
<b>4 (T<sub>2</sub>)</b>	50	50	8	8
<b>5 (T<sub>3</sub>)</b>	33	100	14	14
<b>6 (T<sub>4</sub>)</b>	100	50	20	20
<b>7 (T<sub>5</sub>)</b>	50	150	20	20
<b>8 (T<sub>6</sub>)</b>	75	184	14	14

**Sabor.** Estas respuestas que se están analizando corresponden a los datos del cuadro 4. Los resultados del sabor para los diferentes tratamientos, que dieron los jueces se muestra en el siguiente cuadro 6. Estos resultados se obtuvieron de 10 jueces, donde para cada tratamiento evaluaron con las puntuaciones que se muestran a continuación.

**Cuadro 6.** Datos del sabor.

<b>Sabor</b>	<b>REPETICIONES</b>			
	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>
<b>2 (T<sub>1</sub>)</b>	117	100	14	14
<b>3 (T<sub>2</sub>)</b>	50	50	8	8
<b>3 (T<sub>3</sub>)</b>	33	100	14	14
<b>4 (T<sub>4</sub>)</b>	100	50	20	20
<b>4 (T<sub>5</sub>)</b>	50	150	20	20
<b>5 (T<sub>6</sub>)</b>	75	184	14	14

**Aplicación del DBCA para la aceptabilidad general del pan enriquecido.** Para validar estadísticamente si los tratamientos y repeticiones tienen efecto significativo o no sobre la aceptabilidad del pan, se ha usado el Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA), cuyos datos de solución se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Datos correspondientes a la aplicación del DBCA a la Aceptabilidad general.

Aceptabilidad general	REPETICIONES				$X \bullet j$
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	
<b>3</b>	117	100	14	14	<b>245</b>
<b>4</b>	50	50	8	8	<b>116</b>
<b>5</b>	33	100	14	14	<b>161</b>
<b>6</b>	100	50	20	20	<b>190</b>
<b>7</b>	50	150	20	20	<b>240</b>
<b>8</b>	75	184	14	14	<b>287</b>
$X i \bullet$	<b>425</b>	<b>634</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>1239</b>

$$SC_{Tratamientos} = \frac{425^2 + 634^2 + 90^2 + 90^2}{6} - \frac{1239^2}{24} = 35833,4583$$

$$SC_{Análisis} = \frac{245^2 + 116^2 + 161^2 + 190^2 + 240^2 + 287^2}{4} - \frac{1239^2}{24} = 4904,3750$$

$$SC_{Total} = 117^2 + 50^2 + \dots + 20^2 + 14^2 - \frac{1239^2}{24} = 55699,6250$$

Cuadro 8. El ANOVA para la aceptabilidad general.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal
Tratamientos	35833,4583	3	11944,4861	11,975
Aceptabilidad general	4904,3750	5	980,8750	0,9834
Error experimental(E-E)	14961,7917	15	997,4528	
<b>Total</b>	<b>55699,6250</b>	<b>23</b>		

$$CM = \frac{SC}{GL} \qquad F_{cal} = \frac{CM}{CM_{E-E}}$$

Sí  $F_{cal} < F_{tabla}$  , entonces se acepta  $H_0$ .

Para los tratamientos, se tiene:  $F_{tabla} = F_{(0,05;3;15)} = 3,2900$

Para la aceptabilidad general, se tiene:  $F_{tabla} = F_{(0,05;5;15)} = 2,90$

**Conclusiones:**

- 1) Los tratamientos **si tienen efecto significativo** sobre la aceptabilidad general del pan enriquecido.
- 2) Los análisis **no tienen efecto significativo** sobre la aceptabilidad general del pan enriquecido.

**Aplicación del DBCA para el sabor del pan enriquecido.** Para validar estadísticamente si los tratamientos y repeticiones tienen efecto significativo o no sobre el sabor del pan, se ha usado el Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA), cuyos datos de solución se muestran en el cuadro 9.

**Cuadro 9.** Datos correspondientes a la aplicación del DBCA al sabor.

Sabor	REPETICIONES				$X \bullet j$
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	
<b>2</b>	117	100	14	14	<b>245</b>
<b>3</b>	50	50	8	8	<b>116</b>
<b>3</b>	33	100	14	14	<b>161</b>
<b>4</b>	100	50	20	20	<b>190</b>
<b>4</b>	50	150	20	20	<b>240</b>
<b>5</b>	75	184	14	14	<b>287</b>
$X i \bullet$	<b>425</b>	<b>634</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>1239</b>

$$SC_{Tratamientos} = \frac{425^2 + 634^2 + 90^2 + 90^2}{6} - \frac{1239^2}{24} = 35833,4583$$

$$SC_{\text{Análisis}} = \frac{245^2 + 116^2 + 161^2 + 190^2 + 240^2 + 287^2}{4} - \frac{1239^2}{24} = 4904,3750$$

$$SC_{\text{Total}} = 117^2 + 50^2 + \dots + 20^2 + 14^2 - \frac{1239^2}{24} = 55699,6250$$

**Cuadro 10.** El ANOVA para el sabor.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fcal
Tratamientos	35833,4583	3	11944,4861	11,975
Aceptabilidad general	4904,3750	5	980,8750	0,9834
Error experimental(E-E)	14961,7917	15	997,4528	
<b>Total</b>	55699,6250	23		

$$CM = \frac{SC}{GL} \qquad F_{\text{cal}} = \frac{CM}{CM_{E-E}}$$

Sí  $F_{\text{cal}} < F_{\text{tabla}}$  , entonces se acepta  $H_0$ .

Para los tratamientos, se tiene:  $F_{\text{tabla}} = F_{(0,05;3;15)} = 3,2900$

Para la aceptabilidad general, se tiene:  $F_{\text{tabla}} = F_{(0,05;5;15)} = 2,90$

**Conclusiones:**

- 1) Los tratamientos **si tienen efecto significativo** sobre el sabor del pan enriquecido.
- 2) Los análisis **no tienen efecto significativo** sobre el sabor del pan enriquecido.

## Análisis de Regresión no Lineal Múltiple y Optimización

Para hallar los modelos de predicción y posterior optimización de las variables de medida, se dio la siguiente nomenclatura, para minimizar de esta manera, la operatividad matemática estadística.

$y = \text{Aceptabilidad y Sabor}$

$x_1 = \text{Harina de muña}$

$x_2 = \text{Harina de Sangre de Pollo}$

Cabe indicar que se plantearon las ecuaciones normales para hallar las ecuaciones predictivas, tanto para la **aceptabilidad**, así como para el **sabor**. Estos sistemas de ecuaciones normales resultaron ser triviales, es decir que estaban fuera de un planteamiento real, en virtud de que no era posible que para dos (2) ó tres (3) valores iguales tanto de levadura y sal se obtuviesen valores diferentes en cuanto a la aceptabilidad general y el sabor. Razón por la cual se trabajó con una variable dependiente, la aceptabilidad general o el sabor y dos variables independientes: la cantidad de harina de sangre de pollo y la cantidad de harina de muña.

En tal sentido se plantearon varios modelos predictivos, tales como:

1.  $y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2$

2.  $y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1x_2$

3.  $y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1x_2 + E \cdot x_1^2$

4.  $y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1x_2 + E \cdot x_1^2 + F \cdot x_2^2$

5.  $y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1^2 + E \cdot x_2^2$

De los cuales el **5° modelo** resultó ser el más ajustable, tanto para la aceptabilidad general así como para el sabor. Los mismos que a continuación se presentan.

- Para la **aceptabilidad general** el modelo o ecuación predictiva fue:

$$y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1^2 + E \cdot x_2^2 \dots(1)$$

Las ecuaciones normales planteadas presentan el siguiente sistema:

$$\begin{aligned}
 NA + B\sum x_1 + C\sum x_2 + D\sum x_1^2 + E\sum x_2^2 &= y \\
 A\sum x_1 + B\sum x_1^2 + C\sum x_1x_2 + D\sum x_1^3 + E\sum x_1x_2^2 &= y.x_1 \\
 A\sum x_2 + B\sum x_1.x_2 + C\sum x_2^2 + D\sum x_1^2.x_2 + E\sum x_2^3 &= y.x_2 \\
 A\sum x_1^2 + B\sum x_1^3 + C\sum x_1^2.x_2 + D\sum x_1^4 + E\sum x_1^2.x_2^2 &= y.x_1^2 \\
 A\sum x_2^2 + B\sum x_1.x_2^2 + C\sum x_2^3 + D\sum x_1^2.x_2^2 + E\sum x_2^4 &= y.x_2^2
 \end{aligned}$$

Reemplazando las respectivas sumatorias, se tiene el siguiente sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned}
 6A + 425B + 634C + 35403D + 81356E &= 33 \\
 425A + 35403B + 43800C + 3309425D + 5539200E &= 2266 \\
 634A + 43800B + 81356C + 3512800D + 11854504E &= 3822 \\
 35403A + 3309425B + 3512800C + 332715267D + 425720000E &= 179012 \\
 81356A + 5539200B + 11854504C + 425720000D + 1864978736E &= 533348
 \end{aligned}$$

Resolviendo, por cualquier método adecuado, resulta el siguiente valor:

$$\begin{aligned}
 A &= -6,61099 \\
 B &= 0,295152 \\
 C &= 0,0490145 \\
 D &= -0,00201578 \\
 E &= 0,000153967
 \end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación (1), se tiene la ecuación predictiva para la **Aceptabilidad general**, cuya forma es la siguiente:

$$y = -6,9110 + 0,29525x_1 + 0,04901x_2 + 2,01578 \times 10^{-3}x_1^2 - 1,53967 \times 10^{-4}x_2^2 \dots (2)$$

Cuyo coeficiente de correlación, calculado por

$$r = \sqrt{\frac{\sum (\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

Donde:  $\hat{y}$  es la aceptabilidad general estimada por la ecuación (2),  $\bar{y}$  es la estabilidad general promedio y  $y$  es la aceptabilidad general experimental.

Que reemplazando valores, resulta

$$\gamma = \sqrt{\frac{15,7428}{17,2000}} = 0,9484$$

Si se tiene  $\gamma^2 \times 100$ , se logra un estadígrafo más útil aún, denominado el coeficiente de determinación.

Este coeficiente, para la aceptabilidad general resulta ser un valor del 89,9531 %; donde su explicación, de manera explícita es: el 89,9531% de  $y$  (variación de la aceptabilidad general) es explicado por las variables  $x_1$  (cantidad de harina de muña) y  $x_2$  (cantidad de harina de sangre de pollo); respectivamente.

### Proceso de optimización para la aceptabilidad general

Derivando, parcialmente, la ecuación (2), respecto a la cantidad de harina de muña, tenemos:

$$\left( \frac{\partial y}{\partial x_1} \right)_{x_2 = \text{constante}} = 0,295251 - 2(0,00201578) \times x_1$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = 0 \quad \text{Entonces: } 0,295251 - 2(0,00201578) \times x_1 = 0$$

Luego, evaluando la cantidad de harina de muña ( $x_1$ ) resulta

$$x_1 = 73,2349 \text{ g}$$

Derivando, parcialmente, la ecuación (2), respecto a la cantidad de harina de sangre de pollo, tenemos:

$$\left( \frac{\partial y}{\partial x_2} \right)_{x_1 = \text{constante}} = 0,0490145 - 2(0,000153967) \times x_2$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = 0 \quad \text{Entonces: } 0,0490145 - 2(0,000153967) \times x_2 = 0$$

Luego, evaluando la cantidad de harina de sangre de pollo ( $x_2$ ) resulta

$$x_2 = 159,1721 \text{ g}$$

La aceptabilidad general máxima u óptima, será

$$\text{Aceptabilidad general óptima}_{(73,2349;159,1721)} = 8,1012$$

- Para el **sabor** el modelo o ecuación predictiva será:

$$y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1^2 + E \cdot x_2^2 \dots(1)$$

Las ecuaciones normales planteadas presentan el siguiente sistema:

$$NA + B \sum x_1 + C \sum x_2 + D \sum x_1^2 + E \sum x_2^2 = y$$

$$A \sum x_1 + B \sum x_1^2 + C \sum x_1 x_2 + D \sum x_1^3 + E \sum x_1 x_2^2 = y \cdot x_1$$

$$A \sum x_2 + B \sum x_1 \cdot x_2 + C \sum x_2^2 + D \sum x_1^2 \cdot x_2 + E \sum x_2^3 = y \cdot x_2$$

$$A \sum x_1^2 + B \sum x_1^3 + C \sum x_1^2 \cdot x_2 + D \sum x_1^4 + E \sum x_1^2 \cdot x_2^2 = y \cdot x_1^2$$

$$A \sum x_2^2 + B \sum x_1 \cdot x_2^2 + C \sum x_2^3 + D \sum x_1^2 \cdot x_2^2 + E \sum x_2^4 = y \cdot x_2^2$$

Reemplazando las respectivas sumatorias, se tiene el siguiente sistema de ecuaciones

$$6A + 425B + 634C + 35403D + 81356E = 21$$

$$425A + 35403B + 43800C + 3309425D + 5539200E = 1592$$

$$634A + 43800B + 81356C + 3512800D + 11854504E = 2270$$

$$35403A + 3309425B + 3512800C + 332715267D + 425720000E = 138648$$

$$81356A + 5539200B + 11854504C + 425720000D + 1864978736E = 301780$$

Resolviendo, por cualquier método adecuado, resulta el siguiente valor:

$$A = 25,01510$$

$$B = -0,408625$$

$$C = -0,222262$$

$$D = 0,00281765$$

$$E = 0,00105384$$

Reemplazando en la ecuación (1), se tiene la ecuación **predictiva para el sabor**, cuya forma es la siguiente:

$$y = 25,01510 - 0,408625 x_1 - 0,222262 x_2 + 2,8818 \times 10^{-3} x_1^2 + 1,0538 \times 10^{-4} x_2^2 \dots(3)$$



Que tiene un coeficiente de correlación, bastante aceptable y calculado por

$$\gamma = \sqrt{\frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2}}$$

Donde:  $\hat{y}$  es el valor estimado por la ecuación (3),  $\bar{y}$  es el sabor promedio y  $y$  es el sabor

experimental. Que reemplazando valores, resulta  $\gamma = \sqrt{\frac{5,4395}{5,5000}} = 0,9945$

Si se tiene  $\gamma^2 \times 100$ , se logra un estadígrafo más útil aún, denominado el coeficiente de determinación. Este coeficiente, para el **sabor** resulta ser un valor del 98,9030 %; donde su explicación, de manera explícita es: el 98,9030% de  $y$  (sabor) es explicado por las variables  $x_1$  (cantidad de harina de muña) y  $x_2$  (cantidad de harina de sangre de pollo); respectivamente.

### Proceso de optimización para el sabor

Derivando, parcialmente, la ecuación (2), respecto a la cantidad de harina de muña, tenemos:

$$\left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)_{x_2 = \text{constante}} = -0,408625 + 2(0,00281765) \times x_1$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = 0 \quad \text{Entonces: } -0,408625 - 2(0,00281765) \times x_1 = 0$$

Luego, evaluando la cantidad de harina de muña ( $x_1$ ) resulta

$$x_1 = 72,5117 \text{ g}$$

Derivando, parcialmente, la ecuación (2), respecto a la cantidad de harina de sangre de pollo, tenemos:

$$\left(\frac{\partial y}{\partial x_2}\right)_{x_1 = \text{constante}} = 0,222262 + 2(0,00105384) \times x_2$$

$$\frac{\partial y}{\partial x_2} = 0 \quad \text{Entonces: } 0,222262 + 2(0,00105384) \times x_2 = 0$$

Luego, evaluando la cantidad de harina de sangre de pollo ( $x_2$ ) resulta

$$x_2 = 105,4534g$$

El sabor máximo u óptimo, será

$$Sabor_{(75,5117;105,4534)} = 5,1318$$

### Cálculo del porcentaje de incremento en Calcio, Fósforo, Hierro y Proteínas.

Para una alimentación promedio de cuatro raciones diarias de un poblador medio y utilizando cálculos elementales según tablas de nutrición y teniendo en cuenta que las raciones son **desayuno** (2 panes, 1 taza de leche evaporada y otros), **almuerzo** (sopa, segundo y un vaso de jugo), **lonche** (2 panes, 1 taza de leche evaporada y otros) y **cena** (sopa, segundo y un pan); se tiene para cada componente lo siguiente:

**Cuadro 11.** Se evaluó la cantidad de calcio (mg) en un desayuno, almuerzo, lonche y cena.

Ración	Con pan no enriquecido	Con pan enriquecido
<b>Desayuno</b>	440	680
<b>Almuerzo</b>	90	90
<b>Lonche</b>	440	680
<b>Cena</b>	110	230
<b>Total</b>	<b>1080</b>	<b>1680</b>

$$\% \text{ de aumento en Calcio en la dieta promedio} = \frac{1680}{1080} \times 100 = 55,56\%$$

**Cuadro 12.** Se evaluó la cantidad de Fósforo (mg) en un desayuno, almuerzo, lonche y cena.

Ración	Con pan no enriquecido	Con pan enriquecido
<b>Desayuno</b>	295	329,4
<b>Almuerzo</b>	135	112,2
<b>Lonche</b>	295	329,4
<b>Cena</b>	200	217,2
<b>Total</b>	<b>925</b>	<b>1011</b>

$$\% \text{ de aumento en Fósforo en la dieta promedio} = \frac{1011}{925} \times 100 = 9,30\%$$

**Cuadro 13.** Se evaluó la cantidad de hierro (mg) en un desayuno, almuerzo, lonche y cena.

<b>Ración</b>	<b>Con pan no enriquecido</b>	<b>Con pan enriquecido</b>
<b>Desayuno</b>	5,20	7,24
<b>Almuerzo</b>	4,30	4,30
<b>Lonche</b>	5,20	7,24
<b>Cena</b>	4,70	5,72
<b>Total</b>	<b>19,40</b>	<b>24,50</b>

$$\% \text{ de aumento en Hierro en la dieta promedio} = \frac{24,50}{19,40} \times 100 = 26,30\%$$

**Cuadro 14.** Se evaluó la cantidad de proteína (g) en un desayuno, almuerzo, lonche y cena.

<b>Ración</b>	<b>Con pan no enriquecido</b>	<b>Con pan enriquecido</b>
<b>Desayuno</b>	25,30	42,14
<b>Almuerzo</b>	26,00	26,00
<b>Lonche</b>	25,30	42,14
<b>Cena</b>	28,50	36,92
<b>Total</b>	<b>105,10</b>	<b>147,20</b>

$$\% \text{ de aumento en Proteína en la dieta promedio} = \frac{147,20}{105,10} \times 100 = 40,06\%$$

## VALIDACIÓN DEL ESTUDIO.

A continuación se presentan los datos densitométricos; llevados a cabo para un tiempo inicial (sin consumo del pan enriquecido), luego después de 24 días (consumiendo el pan enriquecido) y finalmente después de 32 días (consumiendo el pan enriquecido).

Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio Global Médica, usando el equipo denominado ENCORE LUNAR, tipo DPX-NT, serie NT+73567, del General Electrical Médical Sistem, fabricado en los Estados Unidos de Norteamérica. Dicho equipo realiza los análisis de cuantificación de calcio, cuantificación de tejidos graso, magro y neutral. Donde el modo de exploración del análisis es estándar.

### Análisis de densitometría ósea.

**Antebrazo izquierdo.** Al análisis fue realizado en el Radio de Unidad Distal (Radio UD), Cúbito de Unidad Distal (Cúbito UD), Radio y Cúbito 33 %, los dos UD, los dos 33% , Radio y Cúbito total y ambos (radio y cúbito) total, datos que se presentan en el siguiente cuadro 15.

**Cuadro 15.** Evolución densitométrica de calcio en el antebrazo izquierdo.

<b>Región</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (Inicio)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (24 días)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (56 días)</b>
Radio UD	0,381	0,402	0,429
Cúbito UD	0,318	0,339	0,350
Radio 33%	0,772	0,792	0,803
Cubito 33%	0,777	0,796	0,807
Los dos UD	0,351	0,369	0,402
Los dos 33%	0,776	0,794	0,805
Radio total	0,579	0,597	0,617
Cúbito Total	0,562	0,580	0,599
Ambos total	0,575	0,594	0,609

**Columna Antero Posterior.** Al análisis fue realizado en las Vértebras Lumbares (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> y L<sub>4</sub>) y entre las combinaciones entre ellas como se puede ver en el cuadro 16.

**Cuadro 16.** Evolución densitométrica de calcio en la Columna Antero Posterior.

<b>Región</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (Inicio)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (24 días)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (56 días)</b>
L <sub>1</sub>	0,983	1,007	1,047
L <sub>2</sub>	1,004	1,027	1,073
L <sub>3</sub>	0,968	0,992	1,026
L <sub>4</sub>	1,006	1,031	1,079
L <sub>1</sub> – L <sub>2</sub>	0,992	1,018	1,060
L <sub>1</sub> – L <sub>3</sub>	0,981	1,007	1,048
L <sub>1</sub> – L <sub>4</sub>	0,989	1,011	1,056
L <sub>2</sub> – L <sub>3</sub>	0,988	1,010	1,048
L <sub>2</sub> – L <sub>4</sub>	0,993	1,015	1,059
L <sub>3</sub> – L <sub>4</sub>	0,986	1,009	1,053

**Fémur derecho.** Al análisis fue realizado en el cuello, words, tronco, diáfisis y total, cuyos datos se presentan en el cuadro 17.

**Cuadro 17.** Evolución densitométrica de calcio en el fémur derecho.

<b>Región</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (Inicio)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (24 días)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (56 días)</b>
Cuello	0,967	0,983	1,026
Words	0,874	0,889	0,926
Trocontes	0,861	0,874	0,911
Diáfisis	1,184	1,201	1,245
Total	1,029	1,041	1,086

**Fémur Izquierdo.** Al análisis fue realizado en el cuello, words, tronco, diáfisis y total, cuyos datos se presentan en el cuadro 18.

**Cuadro 18.** Evolución densitométrica de calcio en el fémur izquierdo.

<b>Región</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (Inicio)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (24 días)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (56 días)</b>
Cuello	0,924	0,942	0,987
Words	0,769	0,785	0,826
Tronco	0,869	0,884	0,925
Diáfisis	1,157	1,175	1,214
Total	1,018	1,031	1,071

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VALIDACIÓN DEL ESTUDIO

**Análisis estadístico de las mediciones de densitometría ósea en el antebrazo izquierdo**

**Cuadro 19.** Evolución densitométrica de calcio en el antebrazo izquierdo.

<b>REPETICIONES</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (Inicio)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (24 días)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (56 días)</b>
1	0,381	0,402	0,429
2	0,318	0,339	0,350
3	0,772	0,792	0,803
4	0,777	0,796	0,807
5	0,351	0,369	0,402
6	0,776	0,794	0,805
7	0,579	0,597	0,617
8	0,562	0,580	0,599
9	0,575	0,594	0,609

### Comparación de Varias Muestras

Muestra 1: INICIO

Muestra 2: DIAS 24

Muestra 3: DIAS 56

Muestra 1: 9 valores en el rango de 0,318 a 0,777

Muestra 2: 9 valores en el rango de 0,339 a 0,796

Muestra 3: 9 valores en el rango de 0,35 a 0,807

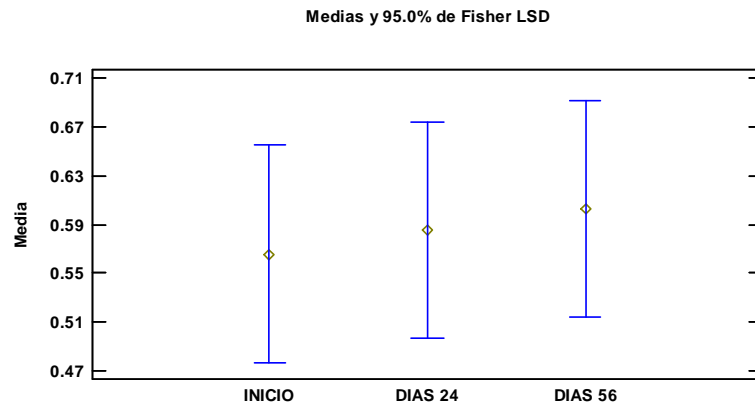
### **Procedimiento estadístico: El StatAdvisor**

Este procedimiento compara los datos en 3 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 23.** Datos del ANOVA para el antebrazo izquierdo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00605363	2	0,00302681	0,09	0,9138
Intra grupos	0,802588	24	0,0334411		
Total (Corr.)	0,808641	26			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro de grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,0905117, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95,0% de confianza.**



**Figura 10.** Gráfico de medias, indica un ligero aumento en la media de los valores DMO en el brazo, aunque no existe diferencia significativa según el ANOVA.

#### **Análisis estadístico de las mediciones de densitometría ósea en la columna vertebral**

**Cuadro 20.** Evolución densitométrica de calcio en la Columna Antero Posterior.

<b>Región</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (Inicio)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (24 días)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (56 días)</b>
L <sub>1</sub>	0,983	1,007	1,047
L <sub>2</sub>	1,004	1,027	1,073
L <sub>3</sub>	0,968	0,992	1,026
L <sub>4</sub>	1,006	1,031	1,079
L <sub>1</sub> - L <sub>2</sub>	0,992	1,018	1,060
L <sub>1</sub> - L <sub>3</sub>	0,981	1,007	1,048
L <sub>1</sub> - L <sub>4</sub>	0,989	1,011	1,056
L <sub>2</sub> - L <sub>3</sub>	0,988	1,010	1,048
L <sub>2</sub> - L <sub>4</sub>	0,993	1,015	1,059
L <sub>3</sub> - L <sub>4</sub>	0,986	1,009	1,053



## Comparación de Varias Muestras

Muestra 1: INICIO

Muestra 2: DIAS 24

Muestra 3: DIAS 56

Muestra 1: 10 valores en el rango de 0,968 a 1,006

Muestra 2: 10 valores en el rango de 0,992 a 1,031

Muestra 3: 10 valores en el rango de 1,026 a 1,079

## Procedimiento estadístico: El StatAdvisor

Este procedimiento compara los datos en 3 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 24.** Datos del ANOVA para Columna Antero Posterior.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0222845	2	0,0111422	72,86	0,0000
Intra grupos	0,004129	27	0,000152926		
Total (Corr.)	0,0264135	29			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 72.8603, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, **existe una diferencia estadísticamente**

**significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.** Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

### Pruebas de Múltiple Rangos

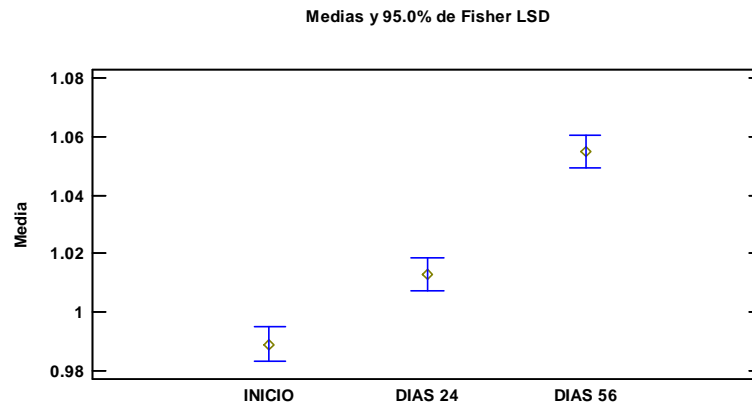
Método: 95.0 porcentaje LSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
INICIO	10	0,989	<b>X</b>
DIAS 24	10	1,0127	<b>X</b>
DIAS 56	10	1,0549	<b>X</b>

<i>Contraste</i>	<i>Significativo</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
INICIO - DIAS 24	*	-0,0237	0,0113474
INICIO - DIAS 56	*	-0,0659	0,0113474
DIAS 24 - DIAS 56	*	-0,0422	0,0113474

\* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. **No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.** El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



**Figura 11.** Gráfico de medias para DMO en la columna, se han considerado los puntos analizados como repeticiones y se puede afirmar con el 95% de confianza que hubo un incremento entre las determinaciones de calcio como DMO (g/cm<sup>2</sup>) en los diferentes días del ensayo.

### **Análisis estadístico de las mediciones de densitometría ósea en el fémur derecho**

**Cuadro 21.** Evolución densitométrica de calcio en el fémur derecho.

<b>Región</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (Inicio)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (24 días)</b>	<b>DMO (g/cm<sup>2</sup>) (56 días)</b>
Cuello	0,967	0,983	1,026
Words	0,874	0,889	0,926
Trocontes	0,861	0,874	0,911
Diáfisis	1,184	1,201	1,245
Total	1,029	1,041	1,086

### **Comparación de Varias Muestras**

Muestra 1: INICIO

Muestra 2: DIAS 24

Muestra 3: DIAS 56

Muestra 1: 5 valores en el rango de 0.861 a 1.184

Muestra 2: 5 valores en el rango de 0.874 a 1.201

Muestra 3: 5 valores en el rango de 0.911 a 1.245

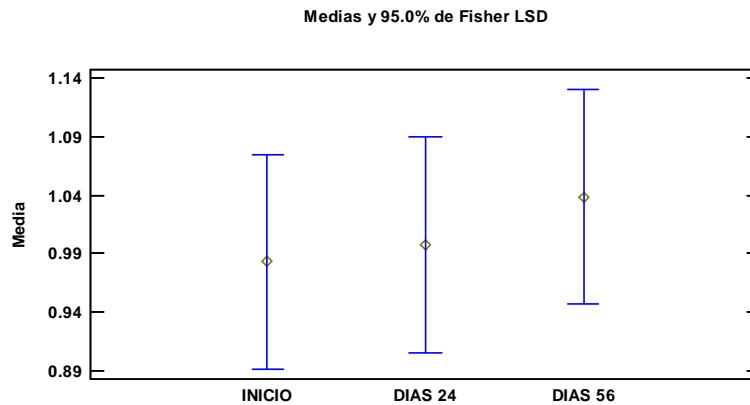
### **Procedimiento estadístico: El StatAdvisor**

Este procedimiento compara los datos en 3 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 25. Datos del ANOVA fémur derecho.**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00837373	2	0,00418687	0,23	0,7943
Intra grupos	0,214044	12	0,017837		
Total (Corr.)	0,222418	14			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,234729, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95,0% de confianza.



**Figura 12.** Gráfico de medias de las medidas DMO del fémur derecho, no presentan diferencias, aunque se puede apreciar un ligero aumento de las medias, desde el inicio hasta los 56 días.

#### **Análisis estadístico de las mediciones de densitometría ósea en el fémur izquierdo**

**Cuadro 22.** Evolución densitométrica de calcio en el fémur izquierdo.

Región	DMO (g/cm <sup>2</sup> ) (Inicio)	DMO (g/cm <sup>2</sup> ) (24 días)	DMO (g/cm <sup>2</sup> ) (56 días)
Cuello	0,924	0,942	0,987
Words	0,769	0,785	0,826
Tronco	0,869	0,884	0,925
Diáfisis	1,157	1,175	1,214
Total	1,018	1,031	1,071

#### **Comparación de Varias Muestras**

Muestra 1: INICIO

Muestra 2: DIAS 24

Muestra 3: DIAS 56

Muestra 1: 5 valores en el rango de 0,769 a 1,157

Muestra 2: 5 valores en el rango de 0,785 a 1,175

Muestra 3: 5 valores en el rango de 0,826 a 1,214

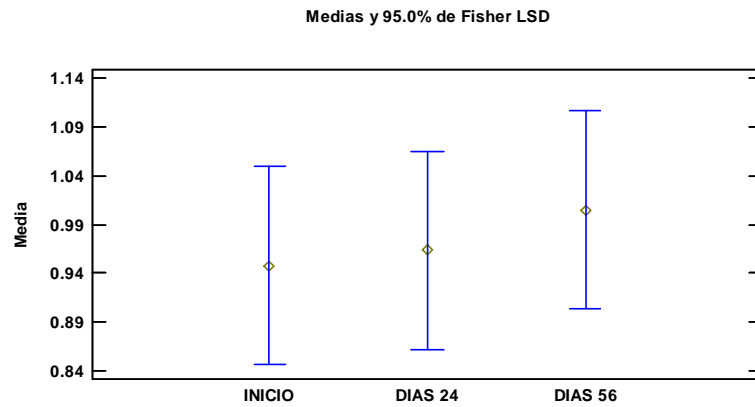
### **Procedimiento estadístico: El StatAdvisor**

Este procedimiento compara los datos en 3 columnas del archivo de datos actual. Realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 26. Datos del ANOVA para fémur izquierdo**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0087088	2	0,0043544	0,20	0,8220
Intra grupos	0,262172	12	0,0218476		
Total (Corr.)	0,27088	14			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.199308, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.



**Figura 13.** Gráfico de medias para DMO del fémur izquierdo, no se encontraron diferencias entre las medidas de DMO para fémur izquierdo, sin embargo se aprecia una ligera tendencia al aumento de los valores DMO, desde el inicio hasta los 56 días.

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

### Discusión

1. Las proteínas y minerales (calcio, fósforo y hierro) se pueden incrementar en la alimentación humana por la adición de agentes vegetales y animales, siempre y cuando estos no sobrepasen los límites de ingesta recomendados, coincidiendo con lo que reportan Browman A. Bárbara & Russell M. Robert (2003).
2. La harina de muña puede ser sustituida hasta un 20% en la elaboración de productos panificados y similares, discrepando con lo reportado por Munares, M. (1983), que sostiene que sólo se podrían sustituir el 16%. El calcio en la dieta de un poblador medio se digiere proporcionalmente a la cantidad ingerida de alimentos y de donde sólo el 40 % de lo ingerido se absorbe, coincidiendo lo mencionado por Gil, H. (2010-I).
3. Las proteínas y minerales de un alimento son, en todo sentido, las dosis de soporte y vitalidad en el cuerpo humano, en virtud de que están, por lo general, en función a la cantidad de absorción y está en función de la cantidad que se ingiera, teniendo bastante similitud con lo reportado por Kathleen M. L. & Escott-Stump S. (2009).
4. La cantidad de hierro en un producto de pan llevar, como es el pan enriquecido, es de suma importancia porque contribuye a muchas funciones vitales, de soporte, de destreza, del orden bioquímico y hasta del orden genético, situación que sigue lo planteado por Carreras M. (2011).
5. En productos enriquecidos a base de agentes sucedáneos como harina de muña y harina de sangre de pollo, los atributos sensoriales por lo general, son acentuados por la incorporación de grupos hemo y de minerales, coincidiendo con lo reportado por Anzaldúa-Morales, A. (1994).
6. La composición química de la harina de sangre de pollo es similar a la reportada por Petrucci (1997); así como la composición nutricional. La composición química de la harina de muña, tanto en componentes mayores (composición proximal) como componentes menores (composición en minerales) es similar a lo reportado por Ormachea, E. (2005).



## Conclusiones

1. Las harinas de Muña y de Sangre de Pollo son muy buenas, que muy bien se la podrían llamar sucedáneas, para la formulación de productos panaderos y otros alimentos similares.
2. El análisis granulométrico para harinas panadera, de muña y de sangre de pollo muestra una homogeneidad coherente.
3. Las harinas de Muña y de Sangre de pollo, presentan excelente textura y pastosidad en el momento de la mezcla con la harina de trigo panadera, al momento de obtener la masa panadera.
4. Las diferentes formulaciones o tratamientos afectan la aceptabilidad general del producto, evaluada por el conjunto de jueces.
5. Se aprecia que el Tratamiento 6 tuvo la más alta calificación en aceptabilidad general, lo que se puede afirmar con el 95% de confianza.
6. Existe una influencia de los tratamientos de los panes en la evaluación del sabor.
7. El tratamiento 3 obtuvo la mayor calificación para el sabor, entre los 6 tratamientos ensayados, sin embargo se observa también que no existe diferencia significativa entre el sabor evaluado para el Tratamiento 6 y el Tratamiento 3.
8. El Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA), para el pan enriquecido, en cuanto a la composición química muestra que los tratamientos **no tienen efecto significativo**, mientras que los análisis o repeticiones tiene **efecto significativo**.
9. El Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA), para la aceptabilidad muestra que los tratamientos **tienen efecto significativo** y los análisis o repeticiones tienen **no tienen efecto significativo**.
10. El Diseño en Bloque Completamente al Azar (DBCA), sobre el sabor muestra que los tratamientos tienen **efecto significativo**, mientras que los análisis o repeticiones tienen **no tienen efecto significativo**.
11. El modelo de Regresión no Lineal Múltiple, para la aceptabilidad general, resultó ser de la forma  $y = A + B \cdot x_1 + C \cdot x_2 + D \cdot x_1^2 + E \cdot x_2^2$ ; donde  $y$  es la aceptabilidad general,  $x_1$  es la cantidad de harina de muña,  $x_2$  es la cantidad de harina de sangre de pollo; con coeficiente de determinación del 89,9531 %.

12. Las cantidades óptimas de harinas de muña y de sangre de pollo, para la aceptabilidad general, fueron, respectivamente, de  $x_1 = 73,2349g$  y  $x_2 = 159,1721g$ , obteniendo una aceptabilidad general máxima de 8, 1012 en la escala hedónica; de **1 a 10**.
13. El modelo de Regresión no Lineal Múltiple, para el sabor, resultó ser de la misma forma que para la aceptabilidad general, donde  $y$  es el sabor,  $x_1$  es la cantidad de harina de muña,  $x_2$  es la cantidad de harina de sangre de pollo; con coeficiente de determinación del 98,9030 %.
14. Las cantidades óptimas de harinas de muña y de sangre de pollo, para el sabor, fueron, respectivamente, de  $x_1 = 72,5117g$  y  $x_2 = 105,4534g$ ; obteniendo un sabor máximo de 5, 1318 en la escala hedónica, **de 1 a 6**.
15. Los porcentajes incrementados, de una dieta promedio diaria, en proteínas, calcio, fósforo y hierro, respectivamente son: 40,06%; 55,56 %; 9,30 % y 26,30 %.
16. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tres (3) análisis densitométricos, para el antebrazo izquierdo, con un nivel del 95,0% de confianza.
17. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de de los tres (3) análisis densitométricos, para la columna antero posterior, con un nivel del 95,0% de confianza. Según la prueba de múltiples rangos, no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de grupos homogéneos.
18. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre de los tres (3) análisis densitométricos, para el fémur derecho, con un nivel del 95,0% de confianza.
19. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre de los tres (3) análisis densitométricos, para el fémur izquierdo, con un nivel del 95,0% de confianza.

## Recomendaciones

1. El proceso de deshidratación de la sangre de pollo debe realizarse hasta un 8% de humedad, porque al molerlo, la harina absorbe agua con facilidad.
2. La incorporación de las harinas, tanto de sangre de pollo como de muña debe ser durante el amasado mezclado y no colocarse todo junto.

3. Después del tamizado, para la harina de muña, se debe esperar entre 3 y 5 minutos con el fin de que las partículas que quedan en suspensión, que tienen el aceite esencial se volatilicen pronunciadamente.
4. Las cantidades de harinas de sangre de pollo y de muña deben ser medidas con precisión al décimo de gramo al igual que la harina panadera y los demás insumos.
5. La molienda de la harina de muña debe realizarse con un sistema tipo chaqueta, afín de que no se impregne el ambiente con agentes volátiles hidrocarbonados.
6. Se recomienda el tiempo de vida útil, del pan enriquecido, debe evaluarse cuidadosamente; así como la textura, apariencia, sabor y aceptabilidad general.
7. El pan enriquecido debe validarse desde el punto de vista microbiológico, químico y bioquímico en personas, durante un tiempo suficiente para descartar reacciones negativas en el ser humano; en virtud que se está elaborando un producto a base de materias primas de origen vegetal y animal.

## Referencias bibliográficas.

1. Anzaldúa-Morales, A. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
2. Archile, A., Márquez, E., Benites B., Rangel, L., Bracho, M. & Izquierdo, P. 2000. Calidad nutricional de la carne de pollo deshuesada mecánicamente. Anal Vzlnu Nutr; 13(2):88-93.
3. Augusto, R. W. 1975. Fraccionamiento del Aceite Esencial del *Minthostachys mollis* (muña) y su aplicación en la inhibición del Brotamiento de la papa - cultivar Mariva. Tesis: Título de Químico. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
4. Barbosa Y., Rangel L., Archile A., Izquierdo P. & Márquez E. 1996. Estudio de algunos factores que afectan la propiedad de gelación en el plasma sanguíneo animal. Rev. Cient. SCV-LUZ; 6: 31-36.
5. Bedoya, A.M. 1979. Conservación de Papa Tomasa Condemayta y Mariva, mediante Radiación Gamma, aceite esencial de *Minthostachys mollis* (muña), y Nobraton y Fusarex. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
6. Benitez, B., Barbosa, Y. & Bracho, M. 1999. Efecto del pH y concentración de las proteínas sobre la propiedad de gelificación de la sangre animal. Rev. Cient. FCV-LUZ; 9(3):190-195.
7. Brennan J. G., Butters J. R & Cowell N. D. 2007. Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Cuarta Edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
8. Browman A. Bárbara & Russell M. Robert. 2003. Conocimientos Actuales sobre Nutrición. Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. Octava Edición. USA.
9. Caballero, A. E. 2 000. Metodología de la Investigación Científica: Diseños con Hipótesis Explicativas. UDEGRAF S.A. Lima- Perú.
10. Cabrera, M, C. 1998. Utilización de la harina de sangre de aves en la alimentación del pollo parrillero. Facultad de Agronomía. Centro Regional Sur. Unidad de Avicultura. Montevideo. Uruguay.
11. Carreras M. 2011. Metabolismo del Hierro. Corporación Industrial de Apoyo Alimentario. Consultado el 15 de Mayo del 2011 en:  
[http://ciaal.com/Anemia\\_MC005\\_Metabolismo\\_del\\_Hierro\\_Martin\\_Carreras2007.pdt](http://ciaal.com/Anemia_MC005_Metabolismo_del_Hierro_Martin_Carreras2007.pdt).
12. Catricheo, R., Sánchez, F., Aguayo, M. & Yánes, E. 1989. Desarrollo y evaluación química y nutricional de un alimento infantil a base de lupino dulce, trigo y leche. Arch Ltinoamer Nutr; 39(2):140-149.

13. Cheftel, J.C. 1987. Proteínas Alimentarias: Bioquímica, propiedades, funciones, valor nutritivo, modificaciones químicas. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
14. Condori, M; Morales A; Marcial, R; Mamani, J. y Machirola, N. 1995. Medicina Ancestral y la Salud de los Pueblos Indígenas. Trabajo expuesto en la XVI Feria Internacional en Plantas Nativas. Instituto Nacional de Nutrición. Lima - Perú.
15. Coniberti, M. B. 2000. Parámetros de calidad que definen la calidad del trigo argentino. Estación Experimental Agropecuaria Marco Juárez. Editorial INTA. Argentina.
16. Douglas, C. M. 2001. Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana. Cuauhtémoc. México, D.F.
17. Downie, N. & Heath, R. 2003. Métodos Estadísticos Aplicados. Quinta edición. Editorial Harla. México.
18. Espasa Calpe, S.A. 1980. Enciclopedia Universal Ilustrada, Europeo Americana. Tomo XXII. Editorial Espasa Calpe. Madrid. España.
19. Falla, H. 1995. Desechos de Matadero como Alimento Animal en Colombia. Frigorífico Guadalupe. S.A. Santafé de Bogotá. Colombia.
20. Geankoplis, C. 2004. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. Quinta Reimpresión. Compañía editorial Continental. México, D. F.
21. Gil, H. A. 2010. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva delos Alimentos. Tomo I. Edición Médica Panamericana S. A. Segunda Edición. Madrid. España.
22. Gil, H. A. 2010. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva delos Alimentos. Tomo II. Edición Médica Panamericana S. A. Segunda Edición. Madrid. España.
23. Infante, S. G. 2003. Métodos Estadísticos. Editorial Trillas. México.
24. Kathleen M. L. & Escott-Stump S. 2009. Krause Dietoterapia. 12ª Edición. Editorial Masson Travesera de Gracia, 17-21-08021. Barcelona. España.
25. Lee, T., Williams, S., Sloan D. & Littell, R. 1997. Development and evaluation of a chicken breakfast sausage manufactured with mechanically deboned chicken meat. Poultry Sci; 76: 415-421.
26. Llovet, J.; Delgado, D. & Martinez, J. 2000. Statgraphics Plus 4. Ediciones Anaya Multimedia, S.A. Madrid. España.
27. Márquez, E., Benítez, B., Méndez, N., Rangel, L., Medrano, I., Venencia, I., Izquierdo, P., Romero, R. & Castejón, H. 1998. Características Nutricionales de una galleta formulada con plasma sanguíneo de bovino como principal fuente proteica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

28. Márquez, E., Barbosa, Y., Izquierdo, P. & Torres, G. 1997. Studies on the incorporation of bovine plasma in emulsion type of meta product. J. Food Sci. Techn; 34(4):337-339.
29. Ministerio de Salud. 1993. Composición química de alimentos. Instituto Nacional de Nutrición. Lima - Perú.
30. Moreno, M. 1995. Harina de Sangre. Revista Nacional de Zootecnia 5(27). Santa Fé de Bogotá. Colombia.
31. Mostacero, J. & Mejía, F. 1993. Taxonomía de Fanerógamas Peruanas. Concytec. Perú.
32. Muller, H.G. 1978. Introducción a la Reología de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
33. Muller, H.G. & Tobin, G. 1996. Nutrición y ciencia de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
34. Munares, M. 1983. Estudio del Aceite Esencial de la muña (*Minthostachys mollis*) en almacenaje de papa como inhibidor de brotamiento y Microorganismos. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
35. Ormachea, E. C. 2005. Determinación de los efectos de la muña (*Minthostachys mollis*) y sus extractos contra la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella* Zell). Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
36. Pendersen, J. W. 1989. Utilization of animal blood in meat products. Food Technology. 33: 79-80.
37. Petrucci, H. Ralph. 1997. Química General de los Alimentos. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, S. A. Wilmington, Delaware. U.S.A.
38. Quispe, I. 1994. Efecto del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*), en el almacenamiento de naranja (*Citrus sinensis*, Linn Osbeck). Variedad Valencia. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad La Molina. Lima - Perú.
39. Rangel, L., Archile, A., Castejón, O., Izquierdo, P. & Márquez, E. 1995. Utilización del tripolifosfato de sodio como anticoagulante y su efecto sobre las propiedades emulsificantes del plasma. Rev. Cient. FCV-LUZ; 5(2):111-116.
40. Ress J. & Bettison J. 2007. Procesado Térmico y Envasado de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España.

41. Robinson S. David. 2001. Bioquímica y Valor Nutritivo de los Alimentos. Editorial Acribia S. A. Zaragoza. España.
42. Scade, J. 1985. Cereales. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
43. Sancho J., Bota E. & de Castro J. J. 1999. Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos. Edicions de la Universitat de Barcelona. Barcelona. España.
44. Terrel R., Winblatt P., Smith G., Carpenter Z., Dill C. & Morgan R. 1996. Plasma protein effects on characteristics of all meat and extended frankfurters. J. Food Sci.; 44:1041-1048.
45. Tybor, C. & Landaman W. 1995. Functional properties of proteins isolated from bovine blood by a continuous pilot process. J. Food Sci.; 40:155-159.
46. Wismer, J. 1979. Utilization of animal blood in meat products. Food Techn; 33(8):76-80.
47. Zelayarán, M. 2002. Metodología de la Investigación Jurídica. Ediciones Jurídicas. Lima. Perú.

## ANEXOS

### 1. Definición de términos

**Análisis granulométrico.** Los métodos de representar los análisis granulométricos son:

- 1) frecuencia- distribución de tamaños (distribución de frecuencias de tamaño)
- 2) acumulación de tamaños-distribución (acumulación y distribución de tamaños), y
- 3) logaritmo-probabilidad.

Luego se realiza los cálculos de superficie específica y de número de partículas, cuyos desarrollos analíticos son de la siguiente forma.

**Superficie específica de partícula:** 
$$S_e = \frac{6 \times \lambda}{\rho_p} \int_0^1 \frac{d\phi_i}{D_p}$$

**Número de partículas:** 
$$N = \frac{m_p}{a \times \rho_p} \int_0^1 \frac{d\phi_i}{D_p^3}$$

**Cernido:** Fracción de partículas de tamaño inferior a la luz de un tamiz y que por lo tanto no son retenidas por el mismo. También se denomina fracción de finos.

**Esfericidad:** Parámetro para cuantificar la forma de una partícula sólida. Es el cociente entre la superficie externa de una esfera de igual volumen que la partícula y la superficie de dicha partícula.

**Molienda:** Reducción desde partículas de tamaño intermedio hasta partículas de tamaño pequeño.

**Rechazo:** Fracción de partículas de tamaño superior a la luz de un tamiz, por lo que quedan retenidas en el mismo. También se denomina fracción de gruesos.

**Superficie específica:** Superficie de una mezcla de partículas sólidas por unidad de masa (le la mezcla. Habitualmente se expresa en unidades de m<sup>2</sup>/g.

**Caracterización de las partículas sólidas.** Los parámetros utilizados para la caracterización de partículas sólidas son:

- Forma de las partículas.
- Tamaño de las partículas.

**Forma de las partículas.** La forma de las partículas individuales se puede expresar mediante el concepto de esfericidad ( $\phi_s$ ) definida como el cociente entre la superficie de una esfera de igual volumen que la partícula y la superficie de dicha partícula.



$\phi_s$  = Superficie esfera de igual volumen que la partícula/Superficie de la partícula

Esta esfericidad se puede expresar como:

$$\phi_s = \frac{6v_p}{D_p S_p}$$

Siendo:

$v_p$  = volumen de la partícula

$S_p$  = superficie de la partícula

$D_p$  = diámetro equivalente de la partícula

Los valores de la esfericidad para materiales triturados suelen oscilar entre 0,6 y 0,85. En el caso de partículas redondeadas por abrasión, la esfericidad puede alcanzar valores de hasta 0,95. A modo de ejemplo, se calcula a continuación la esfericidad de una partícula cúbica de lado L:

$$S_p = 6L^2 \quad v_p = L^3 \quad D_p = L$$

$$\phi_s = \frac{6L^3}{L6L^2} = 1$$

**Tamaño de las partículas.** El tamaño de las partículas individuales se establece mediante el concepto de diámetro equivalente, definido como el diámetro de una esfera que tiene el mismo volumen que la partícula.

En el caso de partículas en las que una de las dimensiones es mucho mayor que las otras, se prescinde de la primera para establecer el diámetro equivalente. Por ejemplo, en sólidos en forma de aguja se considera como diámetro equivalente el diámetro de la aguja y no su longitud.

Para materiales granulares de pequeño tamaño, dada la dificultad para establecer con exactitud el volumen y el área de las partículas individuales, se utiliza como diámetro equivalente  $D_p$ , el valor obtenido a partir de un análisis por tamizado.

**Tamizado.** Un tamiz consiste en una malla o superficie sólida perforada, cuyos orificios tienen un tamaño uniforme.

Cuando una mezcla heterogénea de sólidos se alimenta a un tamiz, T, se obtienen dos fracciones. La fracción A, constituida por las partículas cuyo tamaño es superior a las aberturas del tamiz, y que por lo tanto quedan retenidas sobre el mismo, se denomina fracción

de gruesos o rechazo. La fracción B, constituida por las partículas de tamaño más pequeño que pueden pasar a través de las perforaciones del tamiz, y se recogen en una bandeja, se denomina fracción de finos o cernido.

Si se emplean dos tamices,  $T_1$  y  $T_2$ , siendo las aberturas del tamiz  $T_1$  de tamaño superior a las del tamiz  $T_2$  se obtienen 3 fracciones: la fracción A, constituida por el rechazo del tamiz de abertura más gruesa; la B, que contiene los sólidos que han atravesado el tamiz  $T_1$  y quedan retenidos por el tamiz  $T_2$ , y la fracción C, constituida por los sólidos más finos, que atraviesan ambos tamices. Por analogía, si se empleara una serie de  $n$  tamices se obtendrían  $n + 1$  fracciones.

En la Industria Alimentaria los tamices suelen utilizarse con diferentes propósitos:

- a) Limpieza de alimentos o de materias primas para la fabricación de alimentos. En este tipo de aplicaciones se utiliza un tamiz para separar aquellos componentes indeseables cuyo tamaño sea diferente al de los productos de interés.
- b) Separación de una mezcla de partículas sólidas en un número pequeño de fracciones (3 o 4), de tamaño más homogéneo que la mezcla original, para su comercialización. Esta aplicación se denomina clasificación de los alimentos por tamaño.
- c) Análisis de mezclas heterogéneas de partículas sólidas con el fin de obtener información sobre su distribución de tamaños, superficie específica, etc. En este caso, que se denomina análisis por tamizado de productos granulares o pulverulentos, suele requerirse la separación de la mezcla original en un número mayor de fracciones que en el caso anterior. A continuación se pasa revista a cada una de estas aplicaciones.

**Análisis por tamizado de productos granulares o pulverulentos.** Para la obtención de la distribución de tamaños de partícula en una mezcla heterogénea de sólidos se utilizan las series de tamices normalizados. Los tamices se fabrican con tela de alambre, de aberturas cuadradas, existiendo una relación constante entre los tamaños de las aberturas de los diferentes tamices de cada serie.

Cada tamiz se caracteriza por el número de mallas por pulgada de longitud de hilo. La relación entre la abertura del tamiz (también denominada luz) y el número de mallas es función del diámetro del hilo y por lo tanto puede ser diferente de una serie a otra de tamices normalizados.

Las series normalizadas de tamices más utilizadas son las siguientes:

AFNOR (francesa)

DIN (alemana)

UNI (italiana)

UNE (española)

TYLER y ASTM (norteamericanas)

**Determinación de la superficie específica, tamaño medio y número de partículas de una mezcla heterogénea de partículas.** En una muestra de partículas de tamaño uniforme  $D_p$ , volumen de partícula  $v_p$  y superficie de partícula  $S_p$ , el número de partículas N es:

$$N = \frac{\text{masa de las partículas}}{\text{masa de 1 partícula}} = \frac{M}{\rho_p v_p}$$

Siendo  $\rho_p$  la densidad de las partículas, el área total de las partículas teniendo en cuenta la ecuación respectiva será:

$$A = NS_p = N \left( \frac{6v_p}{\phi_s D_p} \right) = \frac{M}{\rho_p v_p} \left( \frac{6v_p}{\phi_s D_p} \right) = \frac{6M}{\phi_s \rho_p D_p}$$

Para calcular las características de una mezcla heterogénea, se realiza un análisis por tamizado y se considera cada una de las fracciones  $\phi_i$ . Obtenidas como si fuera una muestra de tamaño homogéneo.

Superficie específica,  $A_w$  (m<sup>2</sup>/g de muestra). Se obtiene como media ponderal de las superficies específicas de las diferentes fracciones, haciendo ( $M = 1 \text{ g}$ ) pues  $\phi_i$  representa el tanto por uno. De esta forma:

$$A_w = \frac{6}{\phi_s \rho_p \overline{D}_{p1}} \phi_1 + \frac{6}{\phi_s \rho_p \overline{D}_{p2}} \phi_2 + \dots + \frac{6}{\phi_s \rho_p \overline{D}_{pn}} \phi_n = \frac{6}{\phi_s \rho_p} \sum_{i=1}^n \frac{\phi_i}{\overline{D}_{pi}}$$

Donde se ha considerado que la forma y densidad de las partículas no varían con el tamaño y representado por  $\overline{D}_{pi}$  el diámetro medio de las partículas retenidas en el tamiz  $i$ .

Tamaño medio de las partículas. Para una mezcla de partículas pueden definirse diferentes valores medios del diámetro. El más utilizado es el diámetro medio volumen-superficie ( $\overline{D}_s$ ), definido de la siguiente forma:

$$\overline{D}_s = \frac{6}{\phi_s A_w \rho_p}$$

expresión de la que, sustituyendo el valor anterior de  $A_w$ , se obtiene:

$$\overline{D}_s = \frac{6}{\phi_s \rho_p} \frac{1}{\frac{6}{\phi_s \rho_p} \sum_{i=1}^n \frac{\phi_i}{\overline{D}_{pi}}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\phi_i}{\overline{D}_{pi}}}$$

En ocasiones también se utiliza el diámetro medio de masa ( $\overline{D}_w$ ), definido como:

$$\overline{D}_w = \sum_{i=1}^n \phi_i \overline{D}_{pi}$$

y el diámetro medio aritmético ( $\overline{D}_N$ ), que se obtiene en función del porcentaje en número de partículas de cada tamaño y el diámetro medio de las mismas:

$$\overline{D}_N = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \overline{D}_{pi}}{\sum_{i=1}^n N_i} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \overline{D}_{pi}}{N_T}$$

Donde  $N_T$  representa el número total de partículas en la mezcla, y  $N_i$  el número de partículas de la fracción  $i$ .

Número de partículas por gramo de la mezcla ( $N_w$ ). Se obtiene como media aritmética del número de partículas por gramo de cada una de las fracciones:

- Para una fracción determinada  $i$ ,

$$N_i = \frac{1}{\rho_p v_{pi}} \left( \frac{\text{partículas de la fracción}}{\text{g de la fracción } i} \right)$$

-Para una forma dada de las partículas, se cumple que:

$$v_{pi} = a \overline{D}_{pi}^3$$

$$N_i = \frac{1}{\rho_p a \overline{D}_{pi}^3} \left( \frac{\text{partículas de la fracción}}{\text{g de fracción } i} \right)$$

Por lo tanto, la media aritmética de una mezcla de partículas de diferente tamaño será:

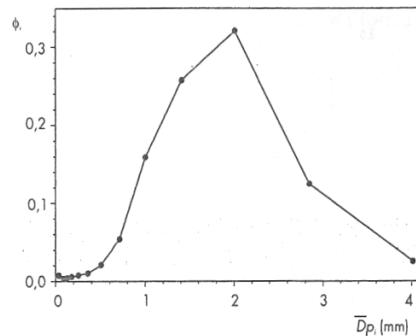


Figura 1.5. Análisis diferencial de la muestra de sal.

**Molienda y trituración.** Muchos materiales sólidos se presentan con dimensiones demasiado grandes para su uso por lo que se deben reducir. Con frecuencia, la reducción de tamaño de los sólidos se lleva a cabo para poder separar sus diversos ingredientes. En general, los términos trituración y molienda se usan para denotar la subdivisión de partículas sólidas grandes en partículas más pequeñas.

En la industria de procesamiento de alimentos, gran número de productos alimenticios se somete a una reducción de tamaño. Se usan molinos de rodillo para moler trigo y cebada y obtener harinas. Las semillas de soya se trituran, se comprimen y se muelen para producir aceite y harina. También se usan molinos de martillos para procesar harina de patata y otras harinas. El azúcar se pulveriza para obtener un producto más fino.

Las operaciones de molienda son muy comunes en las industrias de minerales y del cemento. Entre los ejemplos están los minerales de cobre, níquel, cobalto y hierro, que se muelen antes de procesarlos por vía química. La piedra caliza, el mármol, el yeso y la dolomita, se muelen para usarse como cargas en el papel, las pinturas y el caucho. Las materias primas del cemento, tales como cal, alúmina y sílice, se muelen antes de procesarlas.

Los sólidos se reducen de tamaño mediante diversos métodos. La comprensión o trituración se usa para reducir sólidos duros a tamaños más o menos grandes. El impacto

produce tamaños gruesos, medianos o finos, el desgaste o frotamiento produce materiales muy finos, el corte se usa para obtener tamaños prefijados.

En muchas de las operaciones de la industria alimentaria, suele ser necesario desmenuzar los sólidos, mediante la aplicación de fuerzas mecánicas. Las razones que justifican esta reducción de tamaño son diversas.

- a.** La reducción de tamaño puede facilitar la extracción de un determinado constituyente deseado, presente en una estructura compleja, como sucede, por ejemplo, en la obtención de harina a partir de granos de trigo, o de jarabe, a partir de la caña de azúcar.
- b.** La reducción a un tamaño definido puede constituir una necesidad específica del producto, como sucede por ejemplo, con la elaboración de azúcar para glasear, en la preparación de especias y en el refinado del chocolate.
- c.** Una disminución del tamaño de partícula de un material aumenta la superficie del sólido, lo que resulta favorable en muchos procesos de velocidad.
- d.** La mezcla íntima suele facilitarse si las partículas son de tamaño más pequeño, lo que constituye una consideración importante en la elaboración de algunos preparados, como sopas empaquetadas, mezclas para bizcochos, etc.

Muchos materiales sólidos se presentan con dimensiones demasiado grandes para su uso por lo que se deben reducir. Con frecuencia, la reducción de tamaño de los sólidos se lleva a cabo para poder separar sus diversos ingredientes. En general, los términos *trituration* y *molienda* se usan para denotar la subdivisión de partículas sólidas grandes en partículas mas pequeñas.

En la industria de procesamiento de los alimentos, gran número de productos alimenticios se somete a una reducción de tamaño. Se usan molinos de rodillos para moler trigo y cebada y obtener harinas. Las semillas de soya se trituran, se comprimen y se muelen para producir aceite y harina. También se usan molinos de martillos para procesar harina de patata, tapioca, y otras harinas. El azúcar se pulveriza para obtener un producto más fino.

### **Consideraciones en que se basa la selección de los equipos.**

El objetivo primordial de un proceso económico de reducción de tamaño es lograr la reducción deseada al costo mínimo. Tanto los costos de adquisición, como los de operación y mantenimiento juegan un papel importante en la rentabilidad del proceso, por lo que se deben considerar cuidadosamente los de diferente alternativas posibles, antes de seleccionar cualquier sistema concreto. Al diseñar las características del proceso de que se trate, es obligado considerar los diferentes equipos utilizables. En general, será necesario conocer las característica de los productos de partida, de las maquinas existentes y de los productos finales.

Una de las primeras etapas en las especificaciones del equipo de reducción de tamaño es averiguar cuanto sea posible sobre las características del producto de alimentación, luego influyen características como dureza, la abrasividad, la untuosidad, las temperaturas de ablandamiento o fusión, la estructura, el peso especifico, el contenido de agua libre, la estabilidad química, la homogeneidad y la pureza.

**Dureza y abrasividad.** Aunque no sea habitualmente una preocupación primaria en el procesado de os alimentos, conocer la dureza de los productos de partida puede ser importante para la selección del equipo. La dureza está relacionada con el modulo de elasticidad y los materiales duros pueden ser quebradizos y fracturarse rápidamente, en cuanto se supere el limite elástico, o dúctiles y deformarse mucho, antes de fragmentarse. Estos comportamientos influyen en la mayor o menor dificultad de trituración y en la energía requerida para ello. En general los productos más duros son más difíciles de triturar. Se necesita más energía y tiempos más largos de residencia en la “zona de acción”, o que puede requerir:

- a.Reducir la producción de un molino dado
- b. Utilizar un molino de mayor capacidad, para una determinada producción

Como los materiales duros son casi siempre abrasivos, pueden desgastar mucho las superficies de trabajo. Estas superficies deben ser de materiales duros y resistentes al desgaste, como el acero al manganeso y de fácil recambio. Para reducir el desgaste, los molinos para la reducción de tamaño de productos duros se mueven con relativa lentitud, debiendo ser de

construcción robusta, para que puedan soportar los esfuerzos mecánicos que se desarrollan. Por esta razón, se suele prestar poca atención al mantenimiento de estas máquinas.

**Estructura mecánica.** La estructura mecánica de los productos a triturar puede indicar la clase de fuerza más probablemente responsable de la trituración. Si los productos son frágiles, o poseen estructura cristalina, la fractura puede producirse a lo largo de los planos de unión, y serán las partículas mayores las que se romperán más fácilmente. En estos casos, se recurrirá a fuerzas de compresión.

Si hay pocos planos de unión y se han de crear nuevos puntos de arranque de grietas, es posible que sean más eficaces las fuerzas de impacto y cizalla. Muchos productos alimenticios tienen una estructura fibrosa y no pueden desintegrarse por fuerzas de compresión o impacto, por lo que es necesario desgarrarlos o cortarlos.

**Humedad.** La presencia de agua puede facilitar o complicar el proceso de trituración. En la mayoría de los casos, un contenido en agua superior al 2 ó 3% puede embotar el molino y reducir su capacidad de producción y su eficacia. La humedad puede facilitar también la aglomeración de los productos, lo que dificulta la obtención de un polvo fino y de flujo libre. La formación de polvo en la molienda en seco de muchos sólidos también puede crear problemas, ya que:

1. La inhalación prolongada de polvos, por otra parte inocuos, puede causar enfermedades respiratorias peligrosas; los operarios han de protegerse contra este riesgo.
2. Muchos productos alimenticios sólidos, cuando están finamente dividido, son muy inflamables; en la industria alimentaria, no son desconocidas las explosiones del polvo.

La presencia de pequeñas cantidades de agua contribuye a reducir el polvo y en aquellos casos en los que el agua es aceptable, es frecuente usar aspersores para reducir la formación de polvo.

En ciertas aplicaciones, se introducen en el sistema de molienda grandes cantidades de agua. El agua transporta las partículas sólidas por la zona de acción, en forma de una papilla de flujo libre. El maíz se suele someter a este tipo de molienda.



**Sensibilidad de temperatura.** En la zona de acción de un molino, se produce la fricción entre partículas. Las partículas pueden sufrir esfuerzos inferiores a sus límites elásticos, que no las fracturan, liberando en forma de calor proveniente de estas dos fuentes puede elevar considerablemente la temperatura de los productos procesados y degradarlos.

Para evitar las pérdidas de los componentes termolábiles durante la reducción de tamaño, puede recurrirse a la trituración criogénica, mezclando con el alimento dióxido de carbono sólido o nitrógeno líquido. Este método es útil también la reducción de tamaño de materiales fibrosos, como la carne, que tienden a deformarse, más que a fracturarse, al someterlos a un esfuerzo.

### **Equipo para la reducción de tamaño.**

1. **Introducción y clasificación.** Los equipos para la reducción de tamaño se pueden clasificar de acuerdo con la forma en que se aplican las fuerzas, de la siguiente manera: entre dos superficies, como en la trituración y el corte; en una superficie sólida, como en el impacto; y por la acción del medio circundante como en los molinos coloidales. Una clasificación más práctica consiste en dividir los equipos en trituradores, molinos finos y cortadores.

2. **Trituradores de quijadas.** El equipo para la reducción no muy fina de grandes cantidades de sólidos, consiste en unidades de baja velocidad llamadas trituradores; de los cuales existen varios tipos comunes. En el primer tipo, que corresponde a un triturador de quijadas, la alimentación se hace pasar entre dos quijadas pesadas o placas planas. Como se muestra en el triturador Dodge (en el gráfico), una de las quijadas es fija, y la otra es móvil alternante con respecto a un punto de pivote en la parte inferior. La quijada oscila sobre el punto del pivote en el fondo de la V. el material pasa con lentitud hacia un espacio cada vez más pequeño, triturándose al desplazarse.

El triturador Blake, es de uso más común, y su punto de pivote está en la parte superior de la quijada móvil. Las relaciones de reducción del triturador Blake son de aproximadamente 8:1.

La aplicación principal de los trituradores de quijadas es en la trituración primaria de materiales duros y casi siempre va seguida de un procesamiento posterior en otro tipo de triturador.

3. **Trituradores giratorios.** El triturador giratorio que se representa en el grafico, se ha convertido en el más predominante en el campo de la trituración de minerales duros en trozos de gran tamaño. Se podría considerar que su acción es la de un mortero manual. La cabeza trituradora móvil tiene forma de cono truncado invertido, y está en el interior de una coraza que tiene el mismo contorno. La cabeza trituradora gira excéntricamente y el material que se tritura queda atrapado entre el cono externo fijo y el cono interno giratorio.
4. **Trituradores de rodillos:** en el grafico se muestra un modelo típico de triturador de rodillos lisos. Los rodillos giran en sentido contrario, a velocidades iguales o diferentes. El desgaste de los rodillos suele ser un problema grave. La relación de reducción varía entre 4:1 y 5.5: 1. También se usan rodillos únicos que giran contra una superficie fija, así como rodillos corrugados y dentados. Muchos productos alimenticios, que casi siempre son blandos, tales como harina, soya y almidón, se muelen con rodillos.
- a) Triturador giratorio                      b) Triturador de rodillos

**Angulo de separación:**

Se necesita así al formado por las tangentes a las caras de los rodillos en el punto de contacto con la partícula y es importante para la especificación del tamaño del par de rodillos de trituración necesarios para realizar un trabajo determinado.

Si A es el ángulo de separación,  $D_f$  el diámetro medio de las partículas del material a triturar,  $D_p$  el diámetro medio de las partículas finales y  $D_r$  el diámetro de rodillos, se puede demostrar que:

$$\cos(A/2) = \frac{D_f + D_p}{D_r + D_f}$$

Y en el caso límite, en que las partículas sean atraídas por fricción hacia los rodillos:

$$\tan(A/2) = \mu$$

Donde  $\mu$  es el coeficiente de fricción entre las partículas y los rodillos.

5. **Molinos y martillo.** Los molinos de martillos se usan para reducir partículas de tamaño intermedio a dimensiones pequeñas o a polvos. Con frecuencia, la alimentación de los molinos de martillos es el producto de trituradores giratorios o de quijadas. En el molino de martillos, un rotor de alta velocidad gira en el interior de una coraza cilíndrica. En el

exterior del rotor se acopla una serie de martillos en los puntos de pivote. La alimentación entra por la parte superior de la coraza y las partículas se rompen a medida que caen por el cilindro. El material se rompe por el impacto de los martillos y se pulveriza al pasar por la estrecha abertura entre los martillos y la coraza. Por último, el polvo pasa por un tamiz o malla en el extremo de descarga.

- 6. Molinos giratorios.** Los molinos giratorios se usan para reducir materiales a tamaños intermedios y finos. En este tipo de molinos, una coraza cilíndrica o cónica que gira sobre un eje horizontal, se carga con un medio de molienda, como bolsas de acero, pedernal o porcelana, o bien cilindros sólidos de acero. La reducción de tamaño se lleva a cabo por acción del impacto y frotación de las bolas al girar el molino. En los molinos giratorios, el medio gira pegado a las paredes de la coraza durante la rotación de esta, hasta alcanzar una altura desde la cual caen sobre las partículas. Estos molinos operan en seco o en húmedo.

El equipo para moliendas muy finas es altamente especializado. En algunos casos se usan dos discos planos, pudiendo girar ambos o uno solamente y el material pasa entre ambos (P1).