

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE TARWI  
(*Lupinus mutabilis* Sweet) EN SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA  
DE TRIGO (*Triticum aestivum*) EN LA ELABORACIÓN DEL PAN”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**WILLY CUTIPA HUARCAYA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO - PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE TARWI  
(*Lupinus mutabilis* Sweet) EN SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE  
TRIGO (*Triticum aestivum*) EN LA ELABORACIÓN DEL PAN”**

TESIS PRESENTADA POR:

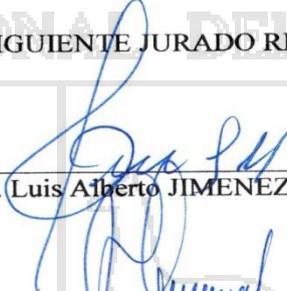
**WILLY CUTIPA HUARCAYA**

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

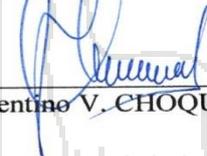
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO REVISOR:

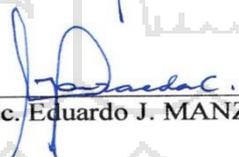
**PRESIDENTE**

:   
Ing. M.Sc. Luis Alberto JIMENEZ MONROY

**PRIMER MIEMBRO**

:   
Ing. M.Sc. Florentino V. CHOQUEHUANCA CÁCERES

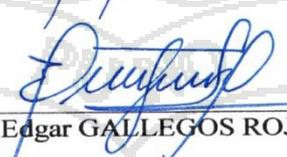
**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
Ing. M.Sc. Eduardo J. MANZANEDA CABALA

**DIRECTOR DE TESIS**

:   
Ing. M.Sc. Pablo PARI HUARCAYA

**ASESOR DE TESIS**

:   
Ing. Edgar GALLEGOS ROJAS

PUNO - PERÚ

2014

**Área: Ingeniería y tecnología**

**Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes**

## DEDICATORIA

A DIOS.

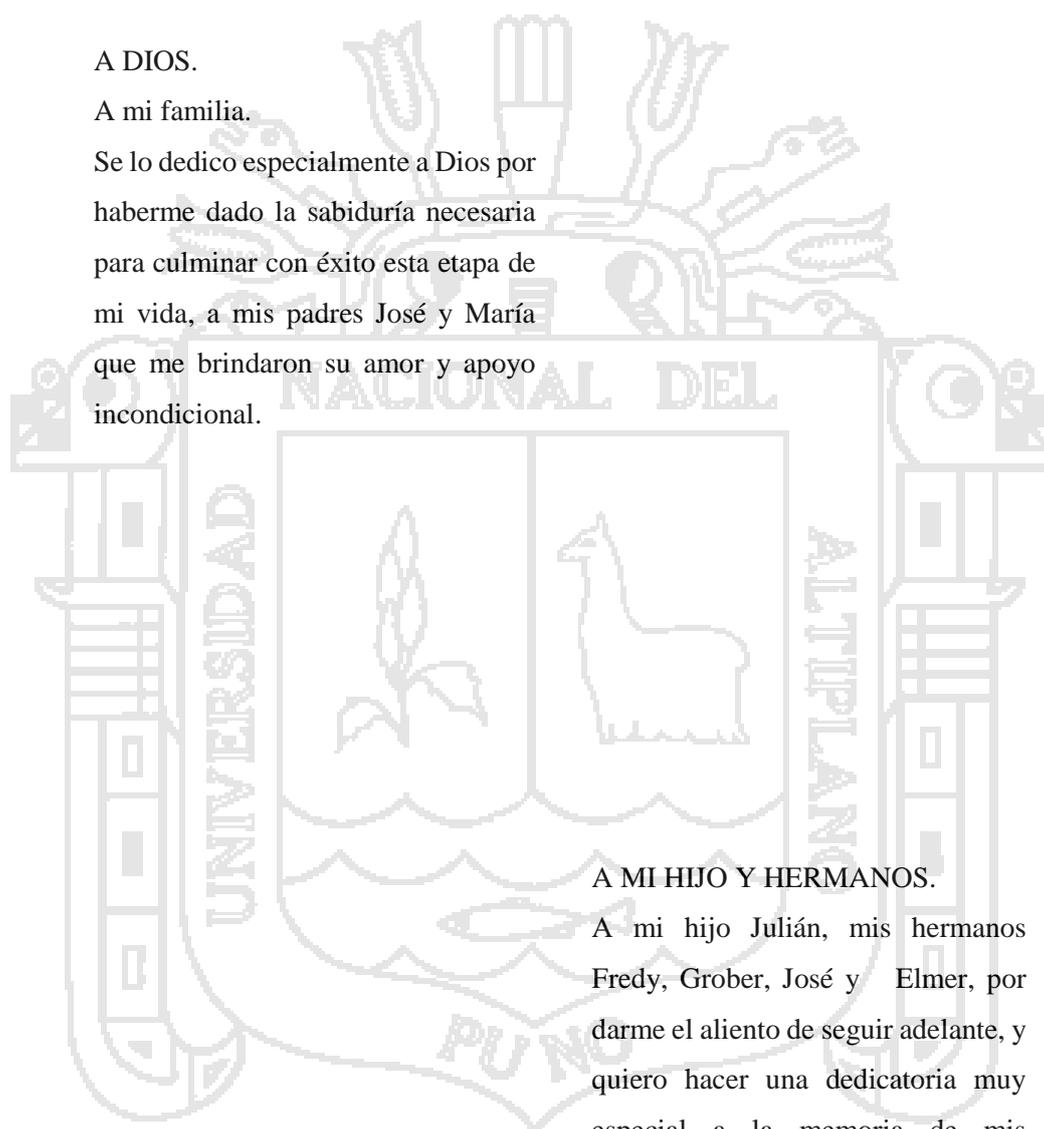
A mi familia.

Se lo dedico especialmente a Dios por haberme dado la sabiduría necesaria para culminar con éxito esta etapa de mi vida, a mis padres José y María que me brindaron su amor y apoyo incondicional.

A MI HIJO Y HERMANOS.

A mi hijo Julián, mis hermanos Fredy, Grober, José y Elmer, por darme el aliento de seguir adelante, y quiero hacer una dedicatoria muy especial a la memoria de mis abuelitos Nicolás, Valeriana, Isidro y Thomasa que estarán siempre conmigo.

Willy Cutipa Huarcaya.



## AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Dios por haberme dado lo más importante, la vida y a todas aquellas instituciones y personas que hicieron posible la realización de esta investigación;
- ❖ A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, a su personal docente y administrativo por la formación profesional.
- ❖ A la Universidad Católica Santa María, de Arequipa, “centro de Bioterio” por su valiosa ayuda.
- ❖ al Ing. M.Sc. Pablo Pari Huarcaya, Director de Tesis por su acertada conducción en la culminación del presente trabajo.
- ❖ Al Ing. Edgar Gallegos Rojas, por su apoyo y asesoramiento en la ejecución de la investigación.
- ❖ Al Maestro panadero Hernán García Segura esposa e hijos por su colaboración y compartir la actividad intelectual panadera.
- ❖ Al Ing. Oswaldo Arpasi Alca, por su colaboración y facilidades brindadas durante la etapa experimental de la tesis.
- ❖ Al señor Justo Ayta Aragón, por las facilidades prestadas durante la ejecución de la tesis en el Laboratorio de Bioterio de la Universidad Católica Santa María Arequipa.
- ❖ A mis padres por su contribución incondicional, abuelitos, hermanos y a toda mi familia que siempre me ayudaron en todo.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.1.1. Tarwi ( <i>Lupinus mutabilis Sweet</i> ).....	3
2.1.2. Características botánicas del tarwi.....	3
2.1.3. Clasificación taxonómica del tarwi.....	4
Esta leguminosa se clasifica de la siguiente manera (FAO/OMS, 1982). .....	4
2.1.4. Variedades.....	4
2.1.5. Producción de tarwi.....	5
2.1.6. Composición química del tarwi.....	5
2.2. Alcaloides.....	7
2.2.1. Procesamiento mínimo de la semilla de tarwi.....	8
2.2.2. Métodos de desamargado.....	8
2.3. Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> ).....	9
2.3.1. Clasificación taxonómica.....	9
2.3.2. Producción de trigo.....	10
2.4. Las Harinas.....	11
2.4.1. Harina de tarwi.....	11
2.4.2. Harina de trigo.....	11
2.4.3. Mezclas de harina.....	12
2.4.4. Cereales y Leguminosas.....	12
2.5. Panificación.....	13
2.5.1. El Pan.....	14
2.5.2. Composición química del pan.....	14
2.5.3. Características del pan.....	15
2.6. Proceso de panificación.....	15
2.6.1. Preparación de los materiales.....	15
2.6.2. Formación y desarrollo de la masa.....	15
2.6.3. División y boleado de la masa.....	16
2.6.4. Fermentación.....	16
2.6.5. Horneado.....	16

2.6.6. Manufactura del producto final.....	17
2.6.7. Composición y función .....	17
2.7. Elaboración de panes con sustituciones parciales de harina de trigo por otras harinas .....	17
2.7.1. Sustitución.....	17
2.7.2. Fortificación .....	17
2.7.3. Enriquecimiento .....	17
2.8. Composición de aminoácidos esenciales de tarwi y trigo.....	18
2.8.1. Necesidades de nutrientes para el hombre .....	19
2.9. Mezclas alimenticias .....	19
2.9.1. Mezcla alimenticia con granos andinos .....	20
2.10. Valor proteico de los alimentos .....	20
2.10.1. El método de cómputo químico .....	21
2.10.2. Métodos biológicos .....	21
2.10.2.1. Relación de eficiencia proteica (PER) .....	21
2.10.2.2. Relación Neta de Proteína (NPR).....	21
2.10.2.3. Utilización Neta de Proteína (NPU).....	22
2.10.2.4. Digestibilidad y valor Biológico .....	22
2.10.2.5. Método Enzimático .....	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1. Lugar de ejecución .....	23
3.2. Materia prima .....	23
3.3. Materiales y equipos utilizados.....	24
3.3.1. Procesamiento de harina de tarwi y trigo.....	24
3.3.2. Producción de muestras (panes).....	24
3.3.3. Análisis fisicoquímico, biológico y sensorial de los tres tratamientos .....	24
3.4. Métodos de análisis .....	25
3.4.1. Análisis de las materias primas (Harinas de Tarwi y trigo).....	25
3.4.1.1. Análisis proximal de las harinas.....	25
3.4.1.2. Tamizado de la harina .....	25
3.4.2. Análisis fisicoquímico, sensorial y de digestibilidad del producto final ..	25
3.4.2.1. Evaluaciones físicas del pan.....	25
3.4.2.1.1. Peso .....	25
3.4.2.1.2. Volumen específico .....	25

3.4.3. Evaluaciones químicas del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi .....	26
3.4.3.1. Determinación de humedad:.....	26
3.4.3.2. Determinación de ceniza: .....	26
3.4.3.3. Determinación de proteína: .....	26
3.4.3.4. Determinación de grasa:.....	26
3.4.3.5. Determinación de fibra:.....	26
3.4.3.6. Determinación de carbohidratos; .....	26
3.4.4. Análisis sensorial .....	26
3.4.5. Evaluación biológica.....	27
3.5. Metodología experimental .....	27
3.5.1. Procedimiento para la obtención de harina de tarwi .....	28
3.5.2. Formulación de las mezclas .....	30
3.5.3. Proceso de producción de panes .....	30
3.6. Diseños experimentales.....	33
3.6.1. Diseño completo al azar (DCA).....	33
3.6.1. Variables en estudio .....	33
3.6.1.1. Variables de respuesta.....	33
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
4.1. Evaluación fisicoquímica, sensorial y digestibilidad del producto final .....	34
4.1.1. Evaluación fisicoquímica.....	34
4.1.1.1. Peso .....	34
4.1.1.2. Volumen específico.....	35
4.1.2. Análisis químico proximal .....	39
4.1.2.1. Humedad .....	40
4.1.2.2. Ceniza.....	41
4.1.2.3. Proteínas .....	42
4.1.2.4. Grasa.....	43
4.1.2.5. Fibra .....	44
4.1.2.6. Carbohidratos .....	45
4.2. Evaluación sensorial.....	47
4.2.1. Sabor .....	47
4.2.2. Color.....	49
4.2.3 Textura .....	49
4.2.4. Apariencia general .....	51

4.3. Relación de Eficiencia Proteica (PER) .....	52
4.4. Evaluación de la composición químico proximal y las características de la materia prima (harinas) .....	55
4.4.1. Composición químico proximal de la harina de trigo .....	55
4.4.2. Composición químico proximal de la harina de tarwi .....	55
4.4.3. Análisis granulométrico de la harina de tarwi .....	56
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>58</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>59</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>60</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

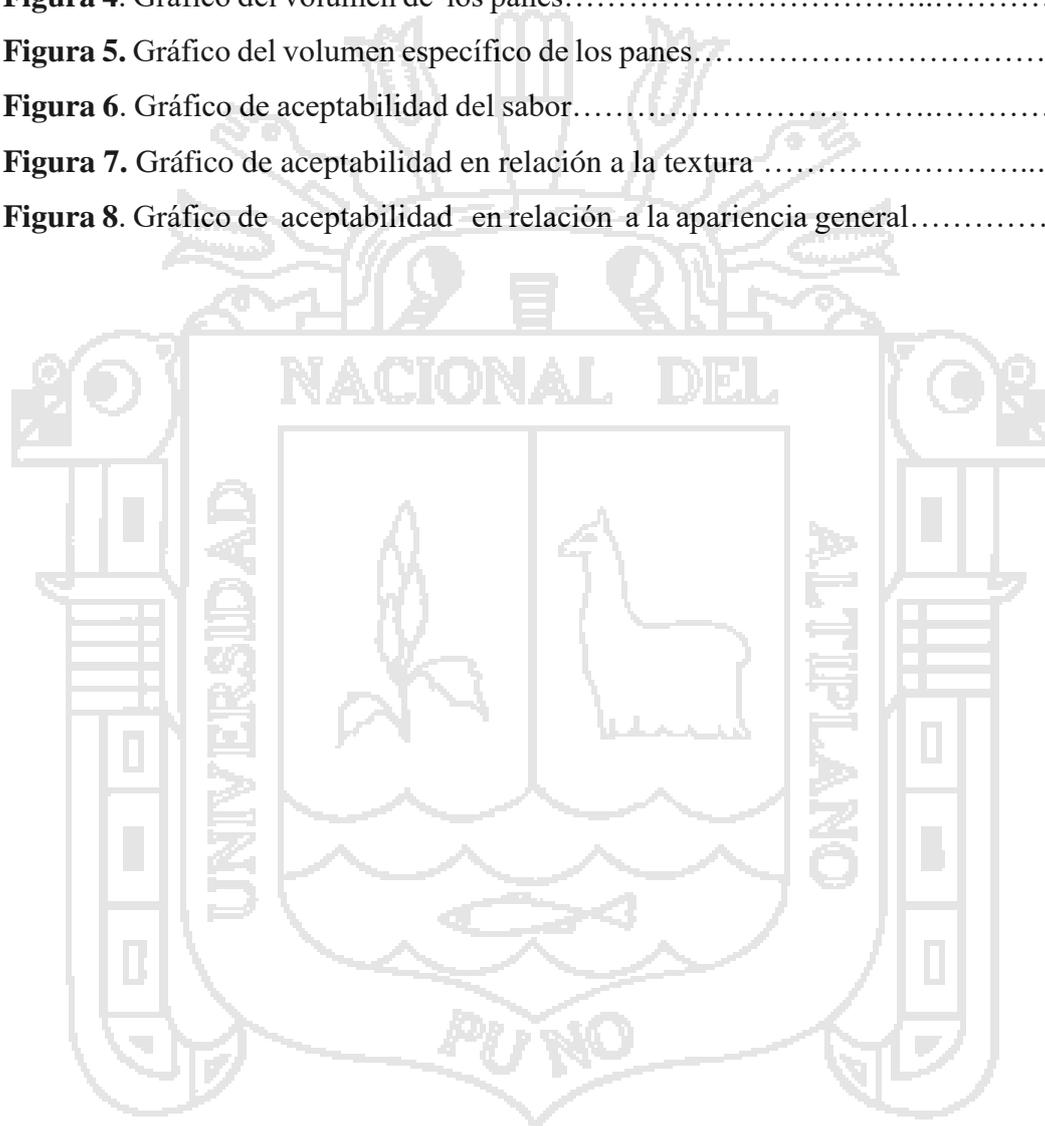
	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Producción del cultivo de tarwi.....	5
<b>Tabla 2.</b> Composición química y valor nutricional del tarwi.....	6
<b>Tabla 3.</b> Evaluación biológica de la calidad de la proteína de tarwi.....	7
<b>Tabla 4.</b> Composición relativa de alcaloides en la semilla de tarwi.....	8
<b>Tabla 5.</b> Composición química de la harina de trigo.....	12
<b>Tabla 6.</b> Composición química proximal del pan común.....	14
<b>Tabla 7.</b> Composición de aminoácidos esenciales de quinua, tarwi y trigo.....	18
<b>Tabla 8.</b> Necesidades de aminoácidos para diferentes edades.....	19
<b>Tabla 9.</b> Porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de tarwi.....	30
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza ANOVA para el peso de los panes.....	34
<b>Tabla 11.</b> Prueba de Duncan para el peso de los panes.....	35
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza ANOVA para el volumen de los panes.....	36
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Duncan para el volumen de los panes.....	36
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza ANOVA para el volumen específico.....	37
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Duncan para el volumen específico de los panes.....	38
<b>Tabla 16.</b> Composición químico proximal de las tres muestras de pan.....	39
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza ANOVA para humedad.....	40
<b>Tabla 18.</b> Prueba de Duncan para la humedad.....	41
<b>Tabla 19.</b> Análisis de varianza ANOVA para ceniza.....	41
<b>Tabla 20.</b> Prueba de Duncan para cenizas.....	42
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza ANOVA para proteína.....	42
<b>Tabla 22.</b> Prueba de Duncan para proteínas.....	43
<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza ANOVA para grasa.....	43
<b>Tabla 24.</b> Prueba de Duncan para la grasa de los panes elaborados.....	44
<b>Tabla 25.</b> Análisis de varianza ANOVA para fibra.....	45
<b>Tabla 26.</b> Prueba de Duncan para la fibra.....	45
<b>Tabla 27.</b> Análisis de varianza ANOVA para carbohidratos.....	46
<b>Tabla 28.</b> Prueba de Duncan para carbohidratos.....	46
<b>Tabla 29.</b> Análisis de varianza ANOVA para parámetro sabor.....	47
<b>Tabla 30.</b> Prueba de Duncan para el sabor de los panes elaborados.....	48

<b>Tabla 31.</b> Análisis de varianza ANOVA para parámetro textura.....	49
<b>Tabla 32.</b> Prueba de Duncan para la textura de los panes Elaborados.....	50
<b>Tabla 33.</b> Análisis de varianza ANOVA para parámetro apariencia general.....	51
<b>Tabla 34.</b> Prueba de Duncan para la apariencia general de los panes elaborados.....	52
<b>Tabla 35.</b> Resultados de la relación de eficiencia proteica (PER) .....	53
<b>Tabla 36.</b> Composición química proximal de la harina de trigo.....	55
<b>Tabla 37.</b> Análisis químico proximal de la harina de tarwi con.....	56
<b>Tabla 38.</b> Análisis del tamizado de la harina de tarwi.....	57



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Flujo experimental para la obtención de harina de tarwi .....	29
<b>Figura 2.</b> Flujo experimental para la elaboración de panes .....	32
<b>Figura 3.</b> Gráfico del peso del pan.....	35
<b>Figura 4.</b> Gráfico del volumen de los panes.....	37
<b>Figura 5.</b> Gráfico del volumen específico de los panes.....	39
<b>Figura 6.</b> Gráfico de aceptabilidad del sabor.....	48
<b>Figura 7.</b> Gráfico de aceptabilidad en relación a la textura .....	50
<b>Figura 8.</b> Gráfico de aceptabilidad en relación a la apariencia general.....	52



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación estudió el efecto de la adición de harina de tarwi en sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración del pan, para lo cual se planteó dos niveles de sustitución y uno de testigo (0%, 5%, y 10%,) determinando las características físico-químicas, organolépticas y digestibilidad del producto final, El diseño completamente al azar efectuado a las muestras resultó lo siguiente: evaluación física, mostró que conforme se aumentó la sustitución de harina de trigo por harina de tarwi el peso del pan se incrementó y el volumen específico disminuyó, la evaluación químico proximal practicado al pan de la mejor mezcla, tratamiento (T3) con un nivel de sustitución constituido por 90% de harina de trigo y 10% de harina de tarwi, resultó con humedad de (21.97%), cenizas (2.06%), grasa (5.17%), Proteína (16.24%), Fibra (2.15%) y carbohidratos (45.83%). El pan común o testigo tiene humedad de (26.82%), cenizas (1.31%), grasa (1.24%), Proteína (1.24%), Fibra (1.08%) y carbohidratos (59.93%). Al observar se puede indicar que se ha incrementado el contenido de proteína y el contenido de fibra, que es muy importante para la nutrición. En la evaluación sensorial se utilizó un panel de 30 panelistas semi-entrenados; Los jueces evaluaron cuatro atributos en los panes cocidos: sabor, color, textura y apariencia general, utilizando una ficha que contenía una escala hedónica estructurada de 1 a 5 puntos. Siendo el mejor tratamiento (T2) con una mezcla de 95% harina de trigo y 5% harina de tarwi. Los calificadores determinaron que existe diferencia significativa entre el pan elaborado con harina de trigo importado y la elaborada con la mezcla, esto en cuanto a sabor, textura y apariencia general, con respecto el color no existió diferencia. Finalmente en la evaluación de digestibilidad se encontró como mejor tratamiento al (T2) con un valor de digestión PER de 1.19 presentando mejora en el valor nutricional comparado al (T1) testigo 0.80, valor inferior al de la caseína de la leche 2.54.

**Palabra clave:** Tarwi, *Lupinus mutabilis* Sweet, Trigo, *Triticum aestivum*, pan, sustitución parcial de harinas.

## I. INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos básicos de los grandes conglomerados humanos en muchos países del mundo, su ingrediente fundamental es la harina de trigo que tiene un contenido de proteína relativamente bajo y cuya composición de aminoácidos es deficiente en lisina y otros aminoácidos esenciales. Afortunadamente, existen harinas de otros productos como el tarwi que resalta por su alto contenido de proteína que tiene una alta digestibilidad en comparación con otras leguminosas cuando se procesa en condiciones adecuadas.

Estos cultivos andinos, subexplotados por desconocimiento de tecnologías apropiadas para su transformación, resta importancia esta leguminosa, actualmente Yunguyo es la provincia más importante en la producción de tarwi en la Región Puno, por lo que es necesario el aprovechamiento adecuado de estos recursos agrícolas para el autoconsumo y la generación de ingresos, permitiendo participar a las familias campesinas en la economía de mercado. Los productos elaborados a partir del trigo, especialmente el pan, fideos y harinas forman parte importante de la dieta en el Perú y en la mayoría de los países del mundo.

A mediados del siglo pasado las grandes, medianas y pequeñas industrias panificadoras han utilizado la harina de trigo como principal materia prima para la elaboración del pan, constituyéndose a través del tiempo en el elemento más importante para su producción, y obtener un producto con buenas características del producto final, sino también el aporte nutricional, mientras tanto, las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) indican que el 80% de la población mundial, es decir que más de los 2/3 (de 4 mil millones de personas) recurren al pan como dieta diaria básica, paralelamente la demanda de trigo ha ido superando gradualmente a su producción, causando no solo el progresivo déficit de esta gramínea, sino también la paulatina disminución de sus stocks debido a la creciente dificultad para suplir la demanda de este producto, lo que obviamente ha incidido en el encarecimiento del mismo a niveles alarmantes, tal es así que en menos de dos años la tonelada de trigo subió de 200 a 700 dólares, equivalente al 350%.

Actualmente, la crisis económica mundial, ha perjudicado a la mayoría de las industrias de alimentos y muy particularmente a la industria panadera, por lo que es absolutamente necesario promover la búsqueda de nuevas e innovadoras opciones que permitan principalmente, disminuir los costos de producción de este importante producto o por lo menos mantenerlos en un nivel aceptable, por esta razón, el propósito del presente trabajo de investigación fue obtener un producto de consumo masivo que cumpla los requerimientos nutricionales recomendados por la FAO, el cual estará compuesto por harina de trigo y tarwi, y así aprovechar las bondades nutricionales del tarwi, teniendo como fórmula base, el pan tradicional de Pomata “Roscapomateña” Planteando los siguientes objetivos:

- Estudiar el efecto de la adición de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) en porcentajes de (0% testigo, 5% y 10%) sobre las características fisicoquímicas en la elaboración del pan.
- Evaluar las características organolépticas y de digestibilidad del producto final.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades

#### 2.1.1. Tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*)

El tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*) es una semilla leguminosa herbácea erecta de tallos robustos, algo leñoso, en su crecimiento alcanza una altura de 0.8-2.0 m. Se cultiva principalmente entre 2000 a 3800 metros sobre el nivel del mar, en climas templados-fríos, los granos vienen dentro de vainas, es muy parecido a la arveja y se reconoce también como chocho o chuchis muti, contienen alcaloides amargos que impiden su consumo directo, es un alimento lleno de proteínas, grasas, hierro, calcio y fósforo (Gross, 1982).

Las semillas son opcionalmente nutritivas. Las proteínas y aceites constituyen más de la mitad de su peso, estudios realizados en más de 300 diferentes genotipos muestran que la proteína varía de 41-51% y el aceite de 14-24%. En base a análisis bromatológico, posee un promedio 35.5% de proteína, 16.9% de aceites, 7.65 % de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77% de carbohidratos, encontrados tiene correlación positiva entre proteína y alcaloides, mientras que es negativa entre proteínas y aceite, (Gross, 1982).

#### 2.1.2. Características botánicas del tarwi

El periodo vegetativo del lupino varía de 141 a 162 días, aunque presenta polimerización natural y raíces modulares, siendo su principal problema la enfermedad de la “antracnosis” (*Colletotrichum Sp*) y su semilla cuyo diámetro es de 0,5 a 1,5 cm, la misma que está cubierta por un tegumento endurecido que puede constituir hasta el 10% del peso total. Además señala que dicho grano contiene 1,1 a 3% de alcaloides de acuerdo al proceso “Cuzco” de desamargado de granos de tarwi, es posible reducir el contenido de alcaloides de 0.02 a 0.002% según, (FAO, 1990 y FAO/OMS, 1982).

### 2.1.3. Clasificación taxonómica del tarwi

Esta leguminosa se clasifica de la siguiente manera (FAO/OMS, 1982).

Clasificación sistemática:

Orden	:	Rosales (Fabales)
Sub-orden	:	Leguminosinae
Familia	:	Leguminosinae (Faboceae)
Sub-Familia	:	Popilioanaceae
Tribu	:	Genistinae
Género	:	<i>Lupinus</i>
Sub género	:	Eulupinus
Especie	:	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet
		<i>Lupinus Cruckshkaii</i> Hooker
		<i>Lupinus tauris</i> Mooker
		<i>Lupinus Cricolor</i> Sodino
Sub especie	:	<i>Lupinus mutabilis</i> Chocho
		<i>Lupinus mutabilis</i> tarwi.

### 2.1.4. Variedades

Existen cuatro variedades principales de tarwi, sobre las que recae mayor importancia de la investigación del altramuz en distintos países, y son las siguientes (Cubero, 1983).

- *Lupinus albus* (Alemania, Francia, Norteamérica, España),
- *Lupinus angustifolius* (Oeste americano y Australia),
- *Lupinus luteus* (Alemania y Polonia),
- *Lupinus mutabilis* (Chile, Perú, Francia etc.).

### 2.1.5. Producción de tarwi

La producción de tarwi en el Perú es encabezado por la Región Cuzco que produce 26%, Puno 20% y 16% Región Chavín, en el país existen 6 variedades de tarwi y los rendimientos potenciales son de 1500 – 2500 Kg/Ha. En todo el ámbito nacional, se llegan a cultivar 9.303 Has. de dicho producto, con una producción total de 10.521 TM (2010), A nivel Regional de Puno se cultivan 1.477 Has. de tarwi con una producción de 1.880 TM (2011), mayormente en las provincias de Yunguyo, Chucuito y Huancané según (MINAG, 2011).

**Tabla 1. Producción del cultivo de tarwi**

<b>Producción</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Toneladas métricas</b>	<b>Año</b>
Producción Nacional	9.303 Has.	9.303 TM. - Puno - Cusco - Cajamarca	2011
Producción Regional	1.447 Has.	1.880 TM. - Yunguyo - Chucuito Juli - Huancané	2011

Fuente: MINAG (2011)

### 2.1.6. Composición química del tarwi

En el cuadro se indica la composición química del tarwi en donde se observa que esta leguminosa es rica en agua, proteína, grasa, fibra carbohidratos, fibra, ceniza, calcio, fósforo, hierro, tiamina y rivo flavina, siendo el componente existente en mayor cantidad agua seguido por el contenido de proteína que ayuda a la buena digestión de las personas (Villácrés, 1998).

**Tabla 2. Composición química y valor nutricional del tarwi (g/ 100 gramos de porción comestibles)**

Composición	Unidad	Valor		
		Tarwi cocido con cáscara	Tarwi crudo sin cáscara	Tarwi harina
Energía	g	152	277	458
Agua	g	69.7	46.3	37.0
Proteína	g	11.6	17.3	49.6
Grasa	g	8.6	17.5	27.9
Carbohidratos	g	9.6	17.3	12.9
Fibra	g	5.3	3.8	7.9
Ceniza	g	0.6	1.6	2.6
Calcio	mg	30	54	93
Fósforo	mg	123	262	440
Hierro	mg	1.4	2.3	1.38
Tiamina	mg	0.01	0.6	-----
Rivoflavina	mg	0.34	0.4	-----
Niacina	mg	0.95	2.10	-----
Ácido ascórbico	mg	0.00	4.6	-----

Fuente: Villácrés (1998)

La calidad proteica del tarwi puede ser mejorada con la adición de metionina o en combinación con otros alimentos proteicos que la contengan, por ejemplo la quinua. Mediante la suplementación con metionina, la calidad de la proteína mejora al alcanzar el de la caseína, debido a la presencia de otros aminoácidos limitantes. Tabla 3. Las diversas pruebas para evaluar la calidad proteínica en animales coinciden con las determinaciones efectuadas en niños (Gross, 1982).

**Tabla 3. Evaluación biológica de la calidad de la proteína de tarwi**

Fuente proteica	Ratas			Niños
	PER	UPN	VB	VB
Tarwi	49.6	51.1	51.9	61.3
Tarwi+0.2% metionina	87.2	84.6	86.6	84.4
Caseína	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: Gross (1982) citado por Tapia (1990)

PER: Relación de eficiencia proteica; UPN: Utilización proteica neta; VB; Valor biológico.

## 2.2. Alcaloides

El tarwi (*Lupinus mutabilis*) leguminosa que se desarrolla en nuestra región andina, está limitada su consumo por su contenido de alcaloides, entre los que se encuentran principalmente la Lupanina, Lupinina y la Esparteína, siendo más toxica la Lupanina Montes y Hurtado, (1984); en el tarwi, se han encontrado 25 alcaloides quinolizidínicos de los cuales se han identificado 19 (Gross, 1982).

El tarwi tiene un alto contenido de alcaloides que fluctúa de 0.02 a 4.45% que le confiere un sabor amargo, por lo que no puede ser consumido directamente. Para la aceptación como variedades dulces se fija su contenido máximo de alcaloide de 0.04 en el grano (Lescano, 1998).

Los alcaloides quinozidínicos amargos en la semilla del tarwi son sustancias antinutritivas que han sido hasta la actualidad el mayor obstáculo para su utilización en la alimentación humana, ya que por la ingestión del grado sin extracción del alcaloide, puede producir trastornos tales como malestar, náuseas, parálisis del sistema respiratorio así como problemas visuales, estado de debilidad progresiva y hasta coma (Lescano, 1998).

Los alcaloides principales que presenta el tarwi son:

- Lupanina 27%
- Esparteína 2.37%
- 13- hidroxilupanina 4- 28%
- 4- hidroxilupanina 3-22%

**Tabla 4. Composición relativa de alcaloides en la semilla de tarwi**

<b>Alcaloides</b>	<b>(%)</b>
Esparteína	7.39
K 2 (no identificado)	0.07
Ammodendrina	0.23
K 5 (no identificado)	0.16
N – Metilangustifolina	3.46
Angustifolina + 17 Oxoesteina	0.60
Isolupanina	0.29
K 9 (no identificado)	57.50
4 – Hidroxilupanina	8.65
Multiflorina	0.14
17 – Oxolupanina	0.09
Anagirina	0.03
13 – Hidroxilupanina	14.90
4,13 – Dihidroxilupanina	2.12
K 17 – k 19 ( no identificado)	0.09
13 – Angeloiloxilupanina	1.57
13 - Tigloiloxilupanina	0.28
Monoangeloil+ ester de la monogloil de la 4,13	0.45
Dehidroxilupunina	0.08
K24( no identificado)	0.21
13 Benzoiloxilupanina	1.15
13 – cis – cinnammoiloxilupanina	0.39
13 – trans – cinnammoiloxilupanina	99.94

**Fuente:** Hatzold *et, al.*,( 1982), citado por Gross (1982)

### 2.2.1. Procesamiento mínimo de la semilla de tarwi

El desamargado de tarwi es un proceso mediante el cual se separan los componentes amargos de una mezcla, para aprovechar el tarwi en la alimentación humana y animal, es necesario extraer las sustancias amargas que contiene el tarwi. El contenido de alcaloide de las semillas puede ser reducido tanto por métodos Fitotécnicos como por métodos tecnológicos (Mujica, 1995).

### 2.2.2. Métodos de desamargado

El desamargado es el proceso mínimo de transformación, necesario para eliminar las sustancias amargas tóxicas (alcaloides), cuyo contenido cambia según las variedades. Una de estas *Lupinus mutabilis* H1, analizado en la

Universidad de Huancayo, contiene 3.17% y 0.01% de alcaloides en peso seco y Astra de *Lupinus Albus* de Chile contienen 0.17% y 0.01% de alcaloides (Salís, 1985).

Los métodos o tratamientos para la extracción de alcaloides del grano del tarwi son varios según Lescano (1994), y pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Extracción de alcaloides por agua
  - . Desamargado tradicional
  - . Proceso “Cuzco”
  - . Aislado de proteína
  - . Extracción simultánea aceite – alcaloides
- Extracción de alcaloides con alcohol
  - . Método de metanol
  - . Método etanol – agua
- Extracción simultánea aceite – alcaloide
  - . Extracción etanol al 95%
  - . Extracción isopropanol al 88%
  - . Proceso “Hoechs”

### 2.3. Trigo (*Triticum aestivum*)

El trigo es un producto de mayor cosecha en el mundo, crece en todas las regiones, con excepción de las regiones árticas. En cifras de todos los cereales cosechados, el 33% corresponde al trigo, el 26% al maíz, el arroz y, la cebolla llega a un 13%. La harina de trigo es casi la única que se utiliza para la panificación porque su dotación posee gluten. Solamente hay otra harina con esta propiedad y por cierto, de ninguna manera en el mismo grado es la de centeno (Repo-Carrasco, 1994).

#### 2.3.1. Clasificación taxonómica

El trigo es una planta que taxonómicamente se clasifica de la siguiente manera (Quaglia, 1991).

Orden	:	Glumiforas
Familia	:	Gramineaceas
Género	:	Triticum
Especie	:	<i>Triticum vulgare</i>
Nombre vulgar	:	Trigo

### 2.3.2. Producción de trigo

El cultivo del cereal no logra cubrir la demanda internacional, razón por la cual el 90% del cereal es importado de Canadá, Estados Unidos, Rusia, Argentina, y Paraguay. La producción nacional de trigo creció en los últimos seis años a una tasa promedio anual de 1.8%, reveló un reporte de la Sociedad Nacional de Industrias (SIN), elaborado con cifras del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). En el 2008 se producían 206.900 TM mientras que el 2013 el volumen de trigo producido alcanzó las 230.000 TM según (MINAGRI, 2013).

La Libertad, Cajamarca, Arequipa y Ancash son los Departamentos con mayor nivel de producción, concentrando el 59% de la producción nacional. Sin embargo, el cultivo del trigo en el Perú, usado también para la elaboración de galletas, pan, harina y otros productos farináceos, no logra cubrir la demanda interna, razón por la que cerca del 90% del cereal que se consume es importado, procedente principalmente de Canadá, Estados Unidos, Rusia, Argentina y Paraguay (MINAGRI, 2013).

Las importaciones peruanas de trigo fueron de 1'805,092 TM en el año 2013 por un valor de US\$ 626 millones, mayor en 6.4% al volumen importado durante el año 2012. De acuerdo con el (SIN), las principales empresas importadoras fueron Alicorp S.A. Molinera Inca S.A. ContiLatín del Perú S.A. y Molitalia S.A. que representaron el 62.6% del volumen importado. Por otro lado, el reporte del SNI afirmó que el Perú es el cuarto país de mayor consumo per cápita de trigo a nivel de América Latina, con un consumo promedio anual de 63 Kg. por persona. Esta cifra es superada por Chile, Argentina y Uruguay, con consumos por encima de los 100 Kg, según la base de datos brindada por (ALIM, 2013).

## 2.4. Las Harinas

Las harinas son la materia básica para la preparación del pan, galletas, pastas alimenticias etc. se obtienen por molturación del trigo limpio u otros cereales y leguminosas. La harina sin otro calificativo, se entiende siempre como precedente del trigo (Madrid y Madrid, 2001).

### 2.4.1. Harina de tarwi

La harina de tarwi se produce a partir del grano seco. Se indica que el contenido de 0.02% de alcaloides después del desamargado es el límite de seguridad que se acepta para el consumo humano, el tarwi desamargado ha sido utilizado para el consumo humano en el Perú modernamente, incorporado su uso en la producción de pan, salsas, purés salados, bebidas, humitas, picantes, ceviche serrano, dulces, etc. (Frías, 1997).

### 2.4.2. Harina de trigo

Es el elemento fundamental en la tecnología panadera. Es un polvo fino impalpable que se obtiene de la molienda y purificación selectiva de los productos de la molienda de trigo, que está constituido principalmente por dos grupos de compuestos, sin los cuales no sería posible el desarrollo de una panificación: Los azúcares y almidones del grano; las proteínas de la harina (gluten), (Repo- Carrasco, 1994).

La harina de trigo es correspondientemente distinta de acuerdo con la calidad panadera, color, granulosis, cantidad de fibra y nutrientes; sin embargo los componentes principales según (Madrid y Madrid, 2001) es el siguiente.

**Tabla 5. Composición química de la harina de trigo (g/100g de alimento)**

Componentes	Porcentaje
Proteínas	9-10
Grasas	2
Hidrato de carbono	67
Fibra	10-12
Humedad	10-12

**Fuente:** Madrid y Madrid (2001).

### 2.4.3. Mezclas de harina

Las harinas preparadas son mezclas preparadas con base de harina de trigo y/o centeno u otro producto para la fabricación de pan, pastas (incluidos productos panificados pequeños) y productos de confitería fina que contienen todos los ingredientes y aditivos que son estables en la mezcla y que sirven para cumplir una determinada función técnica de elaboración (Plasch, 2008).

Mezcla preparada: Es una mezcla de polvo seco “todo incluido” que sólo requiere que el usuario final añada agua, amase o moldee la pasta o masa resultante, la pruebe si es necesario y la almacene (Plasch, 2008).

### 2.4.4. Cereales y Leguminosas

Cereales son los frutos de algunas plantas herbáceas cultivadas, pertenecientes a la familia de las gramináceas, lo más importante desde el punto de vista de la producción son el trigo, el maíz, arroz, cebada, avena, centeno y sorgo (Kent, 1971).

El trigo es uno de los tres granos más ampliamente producidos globalmente, junto al maíz y el arroz, y el más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios.

Tienen propiedades como: Ayuda a obtener mucha energía, trata el estreñimiento o divertículos, Ideal para personas nerviosas o en período de estudios por su aporte en vitaminas B, su contenido en lignanos (fitoestrógenos) reduce la posibilidad de sufrir cáncer de pecho, útero o próstata (Olmo, 2010).

Las leguminosas son una rica fuente de proteínas envuelta en una vaina está a su disposición para disfrutar no sólo de sus beneficios nutricionales, sino de sus diversos usos como complementos o platos fuertes. Las leguminosas son aquellas plantas cuyos frutos son en forma de vaina que guarda las semillas. Estos alimentos han sido la base de la alimentación de los humanos durante miles de años (Palmetto, 2012).

El tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*), Es un alimento lleno de proteínas, grasas, hierro, calcio y fósforo. Se considera apropiado para los niños en etapa de crecimiento, mujeres embarazadas o que dan de lactar (Marchese, 2011).

## 2.5. Panificación

La panificación tiene por objeto hacer los elementos de la harina de los jugos nutritivos, La harina de los vegetales se encuentra formada principalmente por almidón y de una sustancia nitrogenada llamada gluten (Stanley y Linda, 2002).

Según Mamani (1995) la panificación comprende el estudio y la aplicación de un conjunto de metodología a fin de suministrar la energía vital necesaria para el organismo humano. Se ha dicho con razón, que producir pan es una ciencia y a la vez un arte.

- Como ciencia preparar el pan en forma tal que facilite su digestión.
- Ciencia de transformar los ingredientes inertes en un tercero que resulte más agradable, delicado y útil al olfato, a la vista y al gusto.
- Cambiar su consistencia y composición química, que destruyan gérmenes y parásitos que puedan causar enfermedades o corromper la normal digestión
- Como arte la cocción cambia la apariencia del pan; poniendo de manifiesto su sabor peculiar lo que le hace apetecible a la vez facilitando la digestión.

### 2.5.1. El Pan

Producto resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harinas de trigo, sal comestible y agua potable, fermentado por especies de microorganismos propios de la fermentación panaria, como el *Saccharomyces cerevisiae*. Cuando se elabora con el empleo de otra harinas se le denomina al pan con el apelativo correspondiente a la clase de cereal que se utiliza (Madrid y Madrid, 2001).

### 2.5.2. Composición química del pan

Se puede observar que el pan es rico, de modo especial en carbohidratos (aproximadamente el 58%), considerándose por tanto como óptimo fuente de calorías como proteína (9%), (Charley y Kent, 1995).

Según FAO (1983), los panes deben de tener las siguientes características.

**Tabla 6. Composición química proximal del pan común (g/100g de alimento)**

Composición	Base húmeda %	Base seca%
Humedad	27.22	0
Ceniza	1.36	2.80
Proteína	9.77	24.14
Grasa	1.39	2.66
Fibra	0.7	2.66
Carbohidratos	59.56	68.82

Fuente: FAO, (1983)

### 2.5.3. Características del pan

Según, Madrid y Madrid (2001), las características del pan común y panes especiales son las siguientes:

- a) Su aspecto, textura, color y sabor serán agradables características del producto.
- b) No presentará enmohecimientos, residuos de insectos, sus huevos o larvas o cualquier otra materia extraña.
- c) Los panes especiales tendrá una humedad máxima del 38%.
- d) La acidez será expresada en ácido láctico, referido a sustancia seca y determinada sobre extracto acuoso.

### 2.6. Proceso de panificación

En la fabricación del pan se llevan a cabo principalmente cinco etapas: preparación de los materiales, formación de la masa, horneado y manufactura del producto final.

#### 2.6.1. Preparación de los materiales

Los ingredientes básicos ya mencionados: harina, levadura, sal y agua se mezclan para producir una condición idónea del amasado, el cual consiste en extender, doblar y cortar los materiales (Scade, 1985).

#### 2.6.2. Formación y desarrollo de la masa

Durante la etapa de formación y desarrollo de la masa, los ingredientes son mezclados con adición de agua. En el momento en el 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, forma y estructura de la miga del pan acabado dependerá en gran medida de la formación correcta del gluten, además del tratamiento aplicado (Scade, 1985).

### 2.6.3. División y boleado de la masa

La masa se divide en porciones de un peso determinado antes de darles la forma deseada. Tras la división la masa presenta una forma irregular, un aspecto rugoso y es pegajosa al tacto, por lo cual es necesario bolear la masa, con la finalidad de dotarla de estructura, forma esférica y superficie seca. La temperatura óptima de la masa para el formado es de 21 °C a 23 °C. (Saravacos y Kostaropoulos, 2002).

### 2.6.4. Fermentación

Las porciones de pan se dejan reposar con la finalidad de que ocurra un hinchamiento, para lo cual se debe mantener un ambiente templado y ligeramente húmedo. La temperatura deberá de ser de 30 a 35°C y la humedad relativa del 70% al 85%, (Scade, 1985).

Durante la fermentación se generan productos provenientes del metabolismo microbiano, dióxido de carbono y alcohol, lo cual genera el sabor característico del pan, además de promover la retención de gas durante el horneado (Pyler, 1988).

### 2.6.5. Horneado

Después de dejar reposar la masa correctamente, se introduce en el horno. Las temperaturas y los tiempos más comunes de cocción son: porciones de 0.45 Kg, 230° C durante 28 minutos; porciones de 0.9 Kg 230° C durante 42 minutos (Scade, 1985).

Las primeras etapas de calentamiento aumentan la actividad enzimática. Debido a que existe una hidrolización del almidón, los niveles de dextrinas y maltosa se incrementan. Además la masa experimenta una última expansión la cual es conocida como “subida en el horno” (Eliasson y Larsson, 1993).

### **2.6.6. Manufactura del producto final**

En esta etapa se busca tener en cuenta condiciones de almacenamiento y distribución, de tal forma que el producto llegue a los consumidores con una calidad sensorial aceptable.

### **2.6.7. Composición y función**

El pan aporta a la dieta principalmente carbohidratos en forma de almidón, además proporciona proteínas, fibra, algunas vitaminas y minerales, Kent (1987). Su principal función es proporcionar la energía, por lo cual, posee un valor calórico en torno a 270 kilocalorías por cada 100 gramos (USDA, 2005).

## **2.7. Elaboración de panes con sustituciones parciales de harina de trigo por otras harinas**

### **2.7.1. Sustitución**

Es la adición de productos alternativos para mejorar las propiedades alimenticias, para reponer el contenido original de los nutrientes (Huamán, 1998).

### **2.7.2. Fortificación**

De acuerdo al MINSA (2006), citado por Arisaca (2009), el fortificado de un alimento se define, como la adición de uno o más nutrientes a un alimento, que no contiene normalmente.

### **2.7.3. Enriquecimiento**

Según el MINSA, (2006) citado por Arisaca, (2009), el enriquecido de un alimento se define, como la adición de uno o más nutrientes a un alimento para elevar el contenido de nutrientes que ya tiene. Asimismo Huamán (1998), señala que la adición de estas cantidades específicas debe estar de acuerdo con las normas de identidad determinadas por la FDA- EU, (Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos, 2003).

## 2.8. Composición de aminoácidos esenciales de tarwi y trigo

Los aminoácidos son compuestos orgánicos de grupos amino y carboxilo, por tanto posee propiedades acidas y básicas. Los aminoácidos encontrados en las proteínas provienen principalmente de la digestión de las proteínas de la dieta, los aminoácidos se dividen en dos grupos aminoácidos esenciales y no esenciales (Plumer, 1981).

**a) Aminoácidos esenciales.-** Son aquellos que no pueden ser sintetizados y deben ser suministradas en la dieta.

**b) Aminoácidos no esenciales.-** son los que pueden ser sintetizados en el organismo a partir de otros aminoácidos.

FAO/OMS (1982), manifiesta que solo cuatro aminoácidos esenciales limitan generalmente para el cálculo de cómputo de aminoácidos, en la mayoría de las dietas humanas mixtas, los aminoácidos limitantes son: Lisina, metionina + cistina, treonina y triptófano.

**Tabla 7. Composición de aminoácidos esenciales de quinua tarwi y trigo (g/100g de proteína)**

Aminoácido	Quinua	Tarwi	Trigo
Isoleucina	7.05	4.68	2.60
Leucina	6.83	7.42	5.10
Lisina	7.05	5.92	3.70
Fenilalanina+ tirosina	4.05	7.91	4.30
Metionina +cistina	2.20	2.65	2.70
Treonina	4.05	4.01	2.40
Triptófano	1.30	0.84	1.10
Valina	3.38	4.01	5.30

Fuente: Primo, (1997)

### 2.8.1. Necesidades de nutrientes para el hombre

Los conocimientos sobre las necesidades de nutrientes son consolidados por grupos de expertos internacionales congregados por la organización Mundial de la Salud (OMS), La Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO) y Por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Los expertos en el tema se reúnen periódicamente y fijan las pautas metodológicas en las cuales se basan las estimaciones de las necesidades de energía y nutrientes. Estas pautas son difundidas a los países del mundo a través de informes técnicos para su respectiva aplicación (Muñoz, 1990).

**Tabla 8. Necesidades de aminoácidos para diferentes edades patrón de referencia (mg de aa/g de proteína)**

Aminoácido	Lactantes menores de 1 año	Preescolares ( 2 a 5) años	Escolares (10 a 12) años	Adultos
Isoleucina	46	28	28	13
Leucina	93	66	44	19
Lisina	66	58	44	16
Met + cistina	42	25	22	17
Fen + tirosina	72	63	22	19
Treonina	43	34	28	9
Triptófano	17	11	9	5
Valina	55	35	25	13
Histidina	26	26	19	16

Fuente: FAO, (1985)

### 2.9. Mezclas alimenticias

Para seleccionar mezclas proteicas adecuadas para suplementar los menús deben presentarse atención a los siguientes factores (Bender, 1977).

1. Valor nutritivo de los ingredientes individuales y del producto final.
2. Posibilidad de que existan sustancias toxicas o interferentes.
3. Evitar aquellos procesos que reduzcan el valor nutritivo.

4. Posibilidad de utilizar productos locales.
5. Bajo costo.
6. Buenas calidades de conservación.
7. Aceptabilidad.

### **2.9.1. Mezcla alimenticia con granos andinos**

Los granos andinos presentan ventajas para realizar mezclas con leguminosa o cereales. La FAO/OMS, recomienda una proporción de 1 parte de leguminosa y 2 partes de granos, cereales o tubérculos para elevar la calidad de una proteína, se requieren determinadas proporciones de cada aminoácido esencial. La mayoría de las proteínas de origen vegetal carecen de algunos aminoácidos esenciales, pero esto se mejora efectuando mezclas con cereales y leguminosas (FAO/OMS, 1992).

### **2.10. Valor proteico de los alimentos**

El valor proteico de los alimentos no es más que su capacidad para satisfacer las necesidades del consumidor y asegurar así un crecimiento y mantenimiento conveniente. El valor nutritivo de un alimento se aprecia no solamente por la proporción y la cantidad de sus nutrientes, sino también por su calidad y su digestibilidad, contenido de aminoácidos esenciales (Muñoz, 1990).

Para determinar el valor de las proteínas Según, Díaz (1999) existen tres métodos de una dieta balanceada:

- ✓ Químicos
- ✓ Biológico
- ✓ Enzimáticos

### **2.10.1. El método de cómputo químico**

Es la relación de aminoácidos que se encuentra en menor proporción con respecto al mismo aminoácido en la proteína de referencia según la edad de la población de interés (aminoácidos limitantes), se estima en términos porcentuales.

Al respecto Muñoz (1990) menciona que según la recomendación de FAO/OMS el cómputo químico, no debe ser menor de 70% del patrón. Para asegurar la satisfacción de los requerimientos proteicos, es necesario que la dieta aporte cantidades suficientes de energía, el cual se traduce en una adecuada densidad energética.

### **2.10.2. Métodos biológicos**

Se utilizan para medir el crecimiento o la retención de nitrógeno en animales experimentales, en función al aporte proteico. Según Díaz (1999), los métodos que permiten evaluar la digestibilidad de las proteínas son:

#### **2.10.2.1. Relación de eficiencia proteica (PER)**

Se define como la ganancia del peso dividido por el peso de la proteína consumida. Este método está basado solamente en la ganancia de peso y no considera la composición de la carcasa o la necesidad de la proteína para el mantenimiento de los tejidos de los animales en experimentación.

#### **2.10.2.2. Relación Neta de Proteína (NPR)**

Se refiere al peso perdido de un grupo de control alimentado con una dieta sin proteínas más la ganancia de peso en un grupo problema dividida entre la proteína consumida por el último grupo.

### **2.10.2.3. Utilización Neta de Proteína (NPU)**

Es un método de estimación del valor de la proteína neta, método que determina la proporción de nitrógeno ingerido y el organismo que lo retiene. Mediante la técnica de balance.

### **2.10.2.4. Digestibilidad y valor Biológico**

Es la porción de nitrógeno de alimento que es absorbido. La digestibilidad de un alimento se aprecia por la mayor o menor utilización de las sustancias ingeridas; porque todas los principios nutritivos en un alimento solo una parte se hace soluble y asimilable; fracción que es llevada a la sangre y la linfa destruyéndose en los tejidos y las células.

### **2.10.2.5. Método Enzimático**

Este método se basa en medir la liberación de aminoácidos indispensables después de la exposición de la proteína a la acción de una o varias proteasas bajo condiciones normales. Este método permite estimar la digestibilidad proteica, su empleo resulta muy interesante para su valoración rápido de los daños sufridos por las proteínas de los alimentos durante los tratamientos industriales y almacenados.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

El presente estudio de investigación se ejecutó en los siguientes lugares:

- Empresa Molinera “Sol Ande” Puno, donde se realizó la molienda de los granos secos de tarwi.
- El análisis físico-químico y sensorial, se efectuó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNA Puno.
- El procesamiento de los panes se realizó en la panificadora URPI Salcedo - Puno.
- La evaluación Biológica se realizó en el Laboratorio “BIOTERIO” de la Universidad Católica Santa María - Arequipa.

#### 3.2. Materia prima

- Tarwi: Los granos de tarwi Blanca se adquirió en el Centro de producción “Cooperativa Yunga” Provincia de Yunguyo - convenio INIA - Puno.
- Harina de Trigo: procedente de la empresa molinera Alicorp S.A. sucursal Puno.
- Agua.
- Manteca Vegetal Famosa- Alicorp
- Azúcar blanca: Refinada Nacional
- Mejorador: Polvo de Hornear
- Levadura: En pasta Fleishmann Instantánea.
- Sal común yodada.

### 3.3. Materiales y equipos utilizados

#### 3.3.1. Procesamiento de harina de tarwi y trigo

- Balanza de plataforma ATLAS capacidad de 200 kg.
- Zaranda “Record” marca NOVA Capacidad de 150 kg.
- Molino de Martillo fabricación Local marca “Sur Andina”
- Recipientes de plástico

#### 3.3.2. Producción de muestras (panes)

- Balanza analítica Coboss/Hous model 100 C capacidad de 3000 g
- Amasadora marca NOVA
- Horno eléctrico y leña

#### 3.3.3. Análisis fisicoquímico, biológico y sensorial de los tres tratamientos

Para efectuar los análisis fisicoquímicos de las materias primas; análisis fisicoquímico, biológico, sensorial del producto terminado (panes), los materiales utilizados fueron:

- Balanza analítica Coboss/hous model 100C capacidad de 3000g.
- Estufa marca LMN tipo LP5 – 402 capacidades de 10 kg.
- Mufla capacidad 10 Kg.
- Equipo soxleth
- Equipo microkjedahl
- Placas petry
- Termómetro marca Quevenne de 150°C
- Juego de tamices Tyler de Serie británica
- Probetas,
- Tubos de ensayo,
- Pipetas, Buretas, Papel filtro, Bomba de vacío, Campanas de secado, Fiolas, Cocinilla eléctrica, matraces y otros.

### 3.4. Métodos de análisis

#### 3.4.1. Análisis de las materias primas (Harinas de Tarwi y trigo)

##### 3.4.1.1. Análisis proximal de las harinas

El análisis se realizó a las harinas de tarwi y trigo que fueron evaluados según los métodos recomendados por AOAC (1980), determinándose su contenido de humedad, proteína, fibra, cenizas, grasa y carbohidratos.

##### 3.4.1.2. Tamizado de la harina

Se realizó con la finalidad de determinar la distribución del tamaño de partículas de las harinas de tarwi con juego de tamices de la serie Tyler Brown con diferentes intervalos de diámetro (1.00, 0.59, 0.35, 0.29, 0.24 y 0,20 mm) y los números de las mallas son (18, 30, 45, 50, 60 y 70) respectivamente, representando a la fracción gruesa (o de rechazo) y otra, fina al que se denomina como cernido se utilizó 100 gr. de harina de tarwi (Brown, 1965).

#### 3.4.2. Análisis fisicoquímico, sensorial y de digestibilidad del producto final

##### 3.4.2.1. Evaluaciones físicas del pan

**3.4.2.1.1. Peso:** Se determinó pesando los panes enfriados directamente a la balanza, con el objeto de conocer el peso de cada uno de las muestras planteadas.

**3.4.2.1.2. Volumen específico:** Se determinó mediante el método de desplazamiento de semillas de Nabo utilizando una probeta, luego dividiendo entre el peso de su respectivo tratamiento, obteniendo el peso específico de las tres muestras elaboradas.

### **3.4.3. Evaluaciones químicas del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi**

**3.4.3.1. Determinación de humedad:** Se determinó por diferencia de peso sometiendo la muestra a una estufa a una temperatura de 60°C hasta obtener un peso constante (AOAC, 1980).

**3.4.3.2. Determinación de ceniza:** Se realizó por calcinación de la muestra a 600°C por tres horas hasta que el residuo se torne un color plomizo.

**3.4.3.3. Determinación de proteína:** Se determinó en el equipo Microkjeldal empleando como factor de conversión 6.25 (AOAC, 1984).

**3.4.3.4. Determinación de grasa:** Se determinó por el método soxhlet empleando como solvente éter de Petróleo (AOAC, 1984).

**3.4.3.5. Determinación de fibra:** Esta determinación se ha obtenido por dos digestiones. La primera con ácido sulfúrico y la segunda con hidróxido de sodio con una concentración de 1.25% en ambos reactivos.

**3.4.3.6. Determinación de carbohidratos;** Se determinó por diferencia de 100 y la suma de proteína, ceniza, grasa, fibra, y humedad (AOAC, 1984).

### **3.4.4. Análisis sensorial**

El análisis sensorial del producto final se determinó con un equipo de jueces semientrenados, conformado por 30 personas todos jóvenes entre 19 y 27 años de edad. Los jueces procedieron a degustar cada una de las muestras de panes, elaboradas a diferentes niveles de sustitución da harina de trigo por harina de tarwi.

Para esta evaluación se usó una escala hedónica, donde las categorías fueron definidas por números según lo recomendado por (Anzaldúa, 1994).

- Me disgusta mucho ( 1 Puntos)
- Me disgusta ligeramente ( 2 Puntos)
- No me gusta ni me disgusta ( 3 Puntos)
- Me gusta ligeramente ( 4 Puntos)
- Me gusta mucho ( 5 Puntos)

Los jueces determinaron los atributos de sabor, textura, color y apariencia general del producto terminado.

El análisis sensorial se realizó según la ficha de evaluación organoléptica, estos resultados fueron procesados estadísticamente de acuerdo a las varianzas de cada atributo y tratamientos.

#### 3.4.5. Evaluación biológica

Para la evaluación del PER (Relación de Eficiencia Proteica), se utilizaron (09) ratas albinas de raza Holtzman destetadas de 23 días de nacido, utilizando para cada nivel de sustitución (03) ratas de experimentación. Se les racionó a cada grupo la muestra control y las muestras experimentales (T1 testigo=0%), (T2=5%) y (T3=10%) por (4) semanas. Después de este tiempo se utilizó la siguiente fórmula descrita por (Muñoz, 1990).

$$\text{El cálculo de la relación: } PER = \frac{\text{Ganancia de peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

#### 3.5. Metodología experimental

La metodología seguida, toma en cuenta la obtención de harina de tarwi, el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi y el proceso de elaboración de los panes.

### 3.5.1. Procedimiento para la obtención de harina de tarwi

a) **Recepción de la materia prima:** la materia prima granos de tarwi se adquirió de la provincia de Yunguyo- Puno.

b) **Limpieza y selección:** Se realizó en forma manual y visual con el objeto de eliminar granos picados, dañados e impurezas.

c) **Hidratación:** Se remojo durante 12 horas con el fin de ablandar el grano para su posterior cocción.

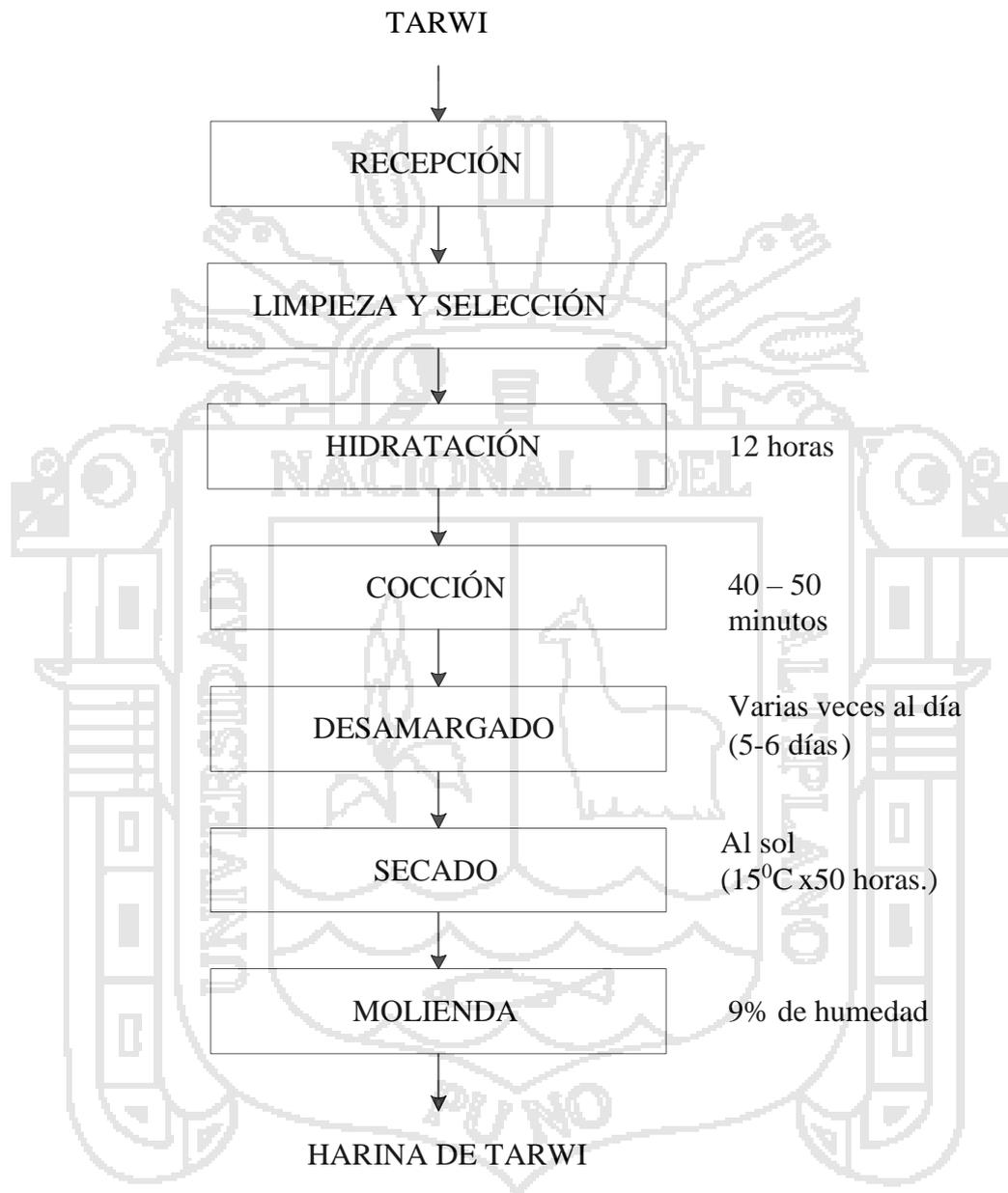
d) **Cocción:** este proceso se realizó con la finalidad de facilitar el desamargado del grano, a temperatura de ebullición durante 40 a 50 minutos.

e) **Desamargado:** Este proceso consistió en pozas construidas, con corrientes de agua por un tiempo de 6 días eliminando los alcaloides.

f) **Secado:** Los granos pasaron por el proceso de secado natural bajo la acción de la energía solar durante 5 días hasta llegar a una humedad constante de 9%.

g) **Molienda:** El Proceso de molienda o trituración de los granos se efectuó en un molino de martillo, hasta obtener una harina fina para la elaboración panadera.

**FIGURA 1. FLUJO EXPERIMENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE TARWI (con cáscara)**



Fuente: Coloma (2000)

### 3.5.2. Formulación de las mezclas

Se formularon mezclas a diferentes niveles de sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi planteando 0% (testigo), 5% y 10%, asumiendo que según investigaciones se puede sustituir hasta 15% de harina de trigo por harina de tarwi recomendado para productos de panificación con excelentes resultados según (Mujica, 1990).

Las mezclas adecuadas con granos andinos en la industria panadera han permitido desarrollar una excelente complementación de aminoácidos, para incrementar el valor biológico, mejorando la calidad nutricional (Repo-Carrasco, 1992).

**Tabla 9. Porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de tarwi**

Tratamientos	Harina de tarwi (%)	Harina de trigo (%)
T1 (Testigo)	0	100
T2	5	95
T3	10	90

### 3.5.3. Proceso de producción de panes

Después de obtener las harinas de tarwi y trigo, se procedió a elaborar las muestras de pan. Para el presente estudio de sustitución, se utilizó como base de la formulación el (pan tipo Pomata), más conocido en la zona, como “Roscapomateña”, debido a su forma de rosca, pan tradicional del Distrito de Pomata provincia Chucuito – Juli Region Puno, la fórmula básica que presenta este pan consiste en harina de trigo, manteca, agua sal y levadura y se tuvo el siguiente proceso:

**a) Pesado.-** Una vez determinado las formulaciones, se procedió al pesado de cada una de las materias primas (harinas de trigo y tarwi), y los demás insumos como, manteca, leudante etc, obteniéndose dos mezclas más una muestra de testigo sin harina de tarwi.

**b) Amasado.-** Se realizó con el objeto de lograr una distribución uniforme de todos los ingredientes, además de formar y desarrollar adecuadamente el gluten.

**c) División.-** Se realizó para obtener piezas o trozos de masas pequeñas, con una uniformidad de igual peso.

**d) Moldeado.-** Es el proceso donde se dio la forma apropiada al trozo de masa, afín de preparar para la fermentación posterior.

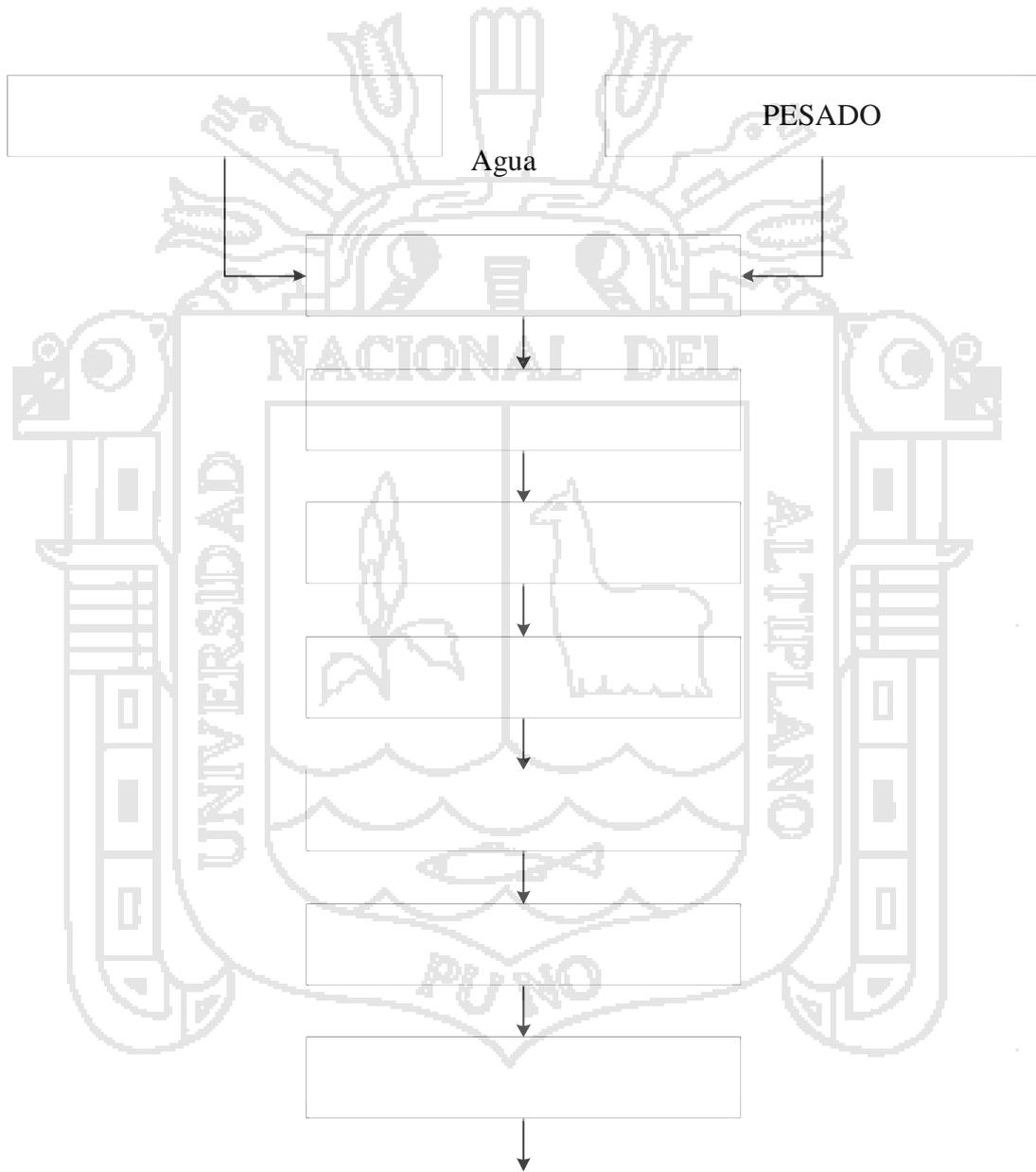
**e) Fermentación.-** Se dejó en reposo por 2 horas para que pueda esponjarse por la acción de la levadura, después de este periodo de tiempo se aplano el trozo de masa para dar forma de pan.

**f) Horneado.-** Las unidades de panes aplanados en forma de rosca fueron introducidos en un horno a una temperatura de 260 °C por un periodo de 25 minutos, hasta que la pieza de pan presentó una apariencia porosa (ligera) y agradable.

**g) Enfriado.-** Los panes ya cocidos, una vez extraídas del horno fueron enfriados en canastas a la temperatura del ambiente panadero por 15 minutos, donde los panes lograron alcanzar la temperatura del medio ambiente.

**g) Almacenamiento.-** Una vez enfriados, los panes fueron envasados manualmente en plásticos de polietileno.

**FIGURA 2. FLUJO EXPERIMENTAL PARA LA ELABORACIÓN DE PANES**



### 3.6. Diseños experimentales

En el presente trabajo de investigación se utilizó diseño completo al azar, (DCA) para determinar las pruebas fisicoquímicas y sensoriales del pan elaborado (Ibáñez, 2009).

#### 3.6.1. Diseño completo al azar (DCA)

$$Y_{ij} = U + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i=1, 2, \dots, t \\ j=1, 2, \dots, r \end{array}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  : Es una observación en la  $J$ -ésimo experimental, sujeto al  $i$ -ésimo tratamiento.

$U$  : Es el efecto de la media general o constante común.

$\tau_i$  : Es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  : Efecto verdadero de la  $j$ -ésima unidad (réplica), sujeto al  $i$ -ésimo tratamiento (error experimental).

#### 3.6.1. Variables en estudio

En la presente investigación el único factor en estudio es el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, en dos niveles de sustitución y uno de testigo para elaborar panes enriquecidos.

##### 3.6.1.1. Variables de respuesta

- Las características físico-químicas: Peso, volumen, humedad, grasa, proteína, ceniza, fibra y carbohidratos.
- El análisis sensorial: Sabor, color. Textura y apariencia general.
- Digestibilidad del producto final: relación de eficiencia proteica PER.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Evaluación fisicoquímica, sensorial y digestibilidad del producto final

#### 4.1.1. Evaluación fisicoquímica

##### 4.1.1.1. Peso

El ANOVA en la Tabla 10 evidencia una diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre los valores de peso registrados por cada una de las formulaciones, con un nivel de confianza de 99%, es decir que existe diferencia entre los tratamientos de los panes elaborados.

**Tabla 10. Análisis de varianza ANOVA para el peso de los panes**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N. S.
Tratamientos	2	123.20	61.60	55.59	0.0001	**
Error	6	6.64	1.108			
Total correcto	8	129.85				

Sin embargo cuando realizamos la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 11, los panes con 10% de sustitución (T3) 36.88 g, y (T2) con 5% de adición 35.44g obtuvieron mayor peso, en tanto el pan común o testigo (T1) sin enriquecimiento logró 28.41 g valor bajo con respecto a los panes con sustitución parcial; corroborando que a mayor sustitución de harina de trigo por harina de tarwi mayor es el peso promedio de los panes.

El peso del pan fue aumentando gradualmente conforme se aumentó el porcentaje de adición de harina de tarwi, dicho comportamiento se atribuye a la tendencia de absorción del agua en el pan, empleo de mayor cantidad de agua para amasar conforme se eleva el nivel de sustitución de las mezclas; similar resultado fue obtenida por Pineda (1977) quien realizó un ensayo de panificación substituyendo harina de trigo por harina de tarwi, demostrando que los panes con enriquecimiento incrementaron su peso. Por su parte Pineda y Vásquez (2010) afirman que el peso de los panes aumenta proporcionalmente

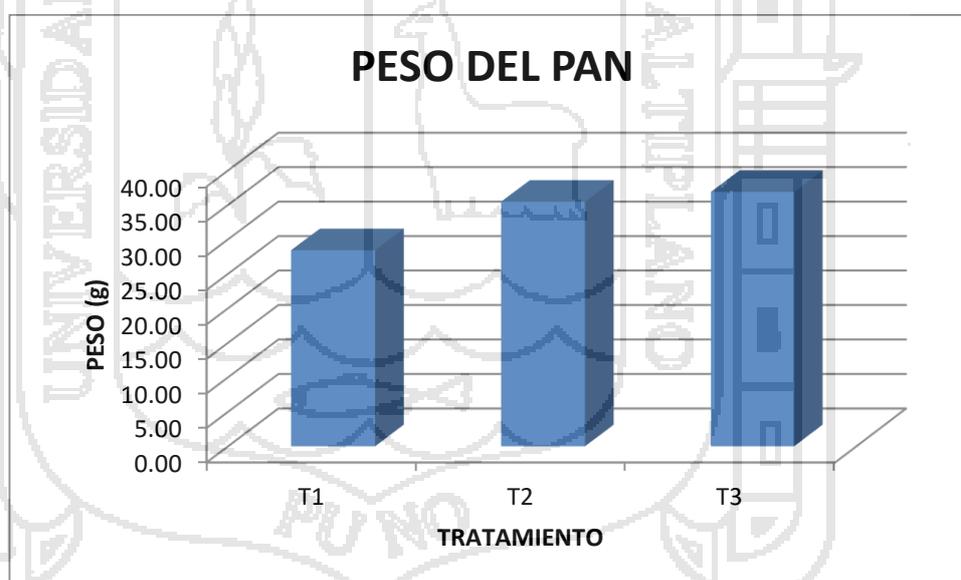
con la concentración de otras harinas, al estudiar la evaluación fisicoquímica y sensorial de pan suplementado con diferentes concentraciones de harina de papa.

**Tabla 11. Prueba de Duncan para el peso de los panes**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T3	36.88	3	a
T2	35.44	3	a
T1	28.41	3	b

En la Figura 3 se observa, a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución, se incrementa el peso de los panes, la gráfica se representa de acuerdo a las medias de desviación estándar Anexo 1d.

**Figura 3. Gráfica del peso del pan**



#### 4.1.1.2. Volumen específico

Desde el punto de vista estadístico Tabla 12 el ANOVA resultó altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ) entre las tres muestras planteadas, lo que indica que el grado de sustitución influye sobre el volumen de los panes elaborados.

**Tabla 12. Análisis de varianza ANOVA para el volumen de los panes**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N.S.
Tratamientos	2	164.66	82.33	18.07	0.0029	**
Error	6	27.34	4.55			
Total correcto	8	192.00				

En el cuadro Tabla 13 se reportan los resultados de la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), donde se aprecia que el volumen más alto registró, el pan sin enriquecimiento (T1) 45.00 mL, en tanto el tratamiento (T2) con 5% de sustitución 36.66 mL, y el tratamiento (T3) 35.33 mL, con bajo volumen, se puede precisar que los valores fueron disminuyendo conforme aumentaba la sustitución.

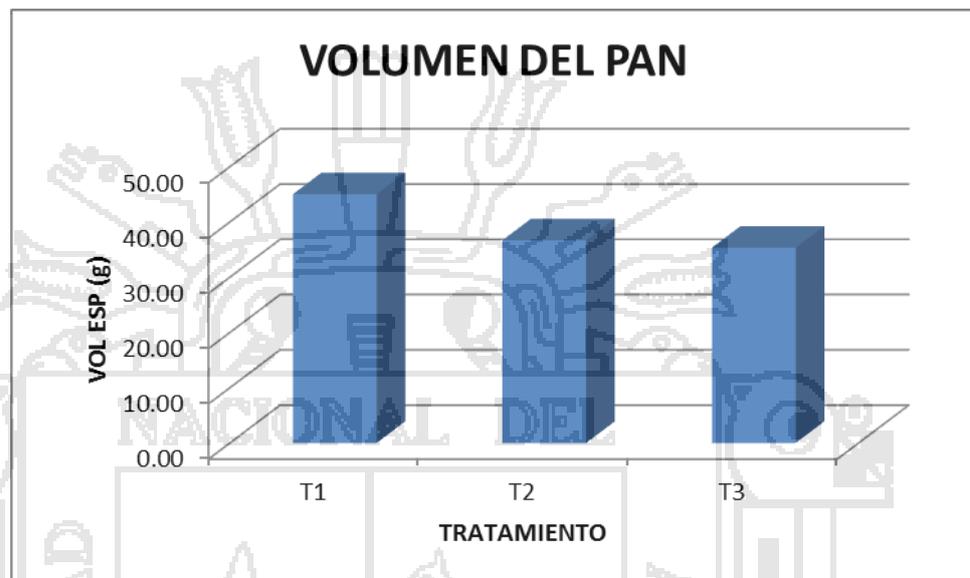
Se concluyó que a medida que aumenta el nivel de sustitución de harina de trigo por harina de tarwi, el pan adquiere una disminución en su volumen esto se debe en gran medida a la falta de gluten que no posee el tarwi, los panes con sustitución presentaron menor esponjamiento en relación al pan común o testigo; resultado semejante a la investigación que realizó Pineda (1977), en su estudio titulado ensayo de panificación con harina de tarwi, donde concluyó que existió una variación descendiente en el volumen de los panes con sustitución. Asimismo Pascual y Zapata, (2010) en su estudio denominado sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha usando el método directo esponja y masa en la elaboración del pan donde también con la adición de harina de kiwicha disminuyó el volumen.

**Tabla 13. Prueba de Duncan para el volumen de los panes**

Tratamientos	Media	Nº Observaciones	Duncan
TI	45.00	3	a
T2	36.66	3	b
T3	35.33	3	b

Podemos apreciar mejor el resultado, en el diagrama de barras Figura 4, donde el volumen del pan testigo (T1) es mayor en comparación a los panes con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, cuadro de medias en el Anexo 2d.

**Figura 4. Gráfico del volumen de los panes**



En el ANOVA de la Tabla 14, se observa que existe una diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre los valores de volumen específico para los tratamientos, es decir que existe diferencia entre los niveles de formulación con un 99% de nivel de confianza, por lo que fue necesario realizar la prueba de Duncan.

**Tabla 14. Análisis de varianza ANOVA para el volumen específico**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N.S.
Tratamientos	2	2.44	1.22	19.29	0.0024	**
Error	6	0.38	0.06			
Total correcto	8	2.82				

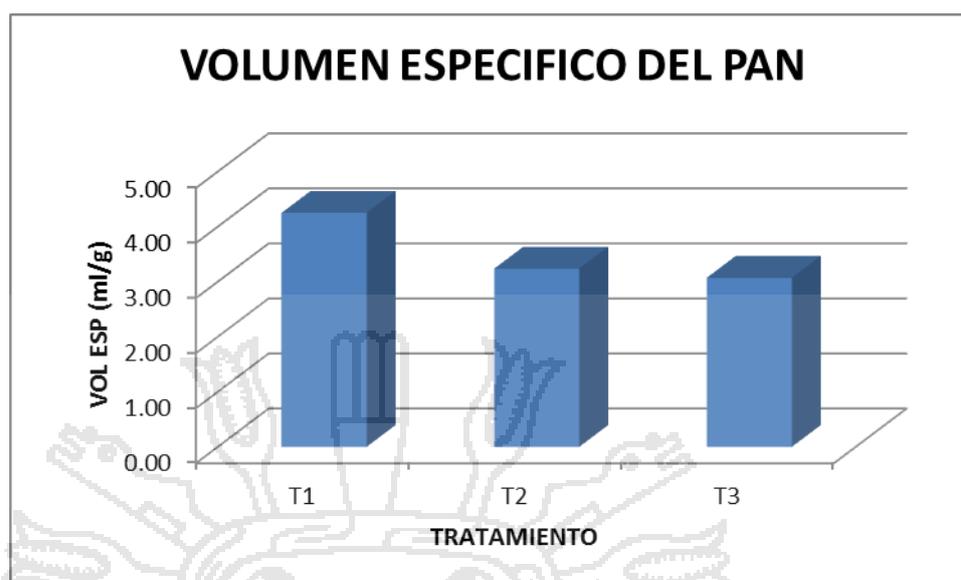
La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 15, para el pan sin sustitución testigo (T1) registró mayor volumen específico con 4.25 mL/g; mientras los enriquecidos (T2) y (T3) con 5% y 10% de sustitución parcial resultaron con valores de 3.20 mL/g y 3.05 mL/g respectivamente. El volumen de los panes sufrió una variación debido al incremento de proteínas en su composición que disminuye la actividad del gluten.

El volumen de los panes sufrió una variación en su volumen específico debido al incremento de proteínas en su composición que disminuye la actividad del gluten; la disminución de gluten presente en la masa, reduce la cantidad de gluten reduciendo la fortaleza de su estructura dentro de la hogaza. Así ante cambios súbitos de presiones internas la estructura cede, dejando escapar los gases por lo tanto disminuye el volumen específico del pan final. El volumen de los panes sufrió una variación debido al incremento de proteínas en su composición que disminuye la actividad del gluten. Según investigación de Mamani (2005) quien en su investigación demostró que a medida que el nivel de sustitución se incrementa con las harinas de maca y haba, en la elaboración del pan se presenta una disminución en el volumen específico, debido al incremento de proteínas en su composición que disminuye la actividad del gluten.

**Tabla 15. Prueba de Duncan para el volumen específico de los panes**

Tratamientos	Media	N° Observaciones	Duncan
T1	4.25	3	a
T2	3.23	3	b
T3	3.07	3	b

Según cuadro de medias de desviación estándar Anexo 2g, el volumen específico de los panes elaborados, disminuye con el ascenso de sustitución de harina de trigo por harina de tarwi el cual se representa en la figura 5.

**Figura 5. Gráfico del volumen específico de los panes****4.1.2. Análisis químico proximal**

En el Tabla 16 se presenta los resultados encontrados del análisis químico proximal, efectuadas a los panes elaborados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, de acuerdo a los tratamientos; (T1) 0% Testigo, (T2) 5% y (T3) 10%, los valores encontrados son expresados en g/100 gramos de alimentos siguiendo la metodología recomendado por AOAC (1980).

**Tabla 16. Composición químico proximal de las tres muestras de pan g/100g (% Base húmeda)**

Componentes	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
Humedad	26.82	23.44	21.97
Ceniza	1.31	1.99	2.06
Proteína	9.62	14.70	16.24
grasa	1.24	5.03	5.17
Fibra	1.08	2.15	2.38
Carbohidratos	59.93	47.53	45.83

#### 4.1.2.1. Humedad

En la Tabla 17, se muestra los resultados obtenidos de la prueba estadística ANOVA que se realizó para evaluar el efecto de la adición de harina de tarwi, resultando que existe diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para conocer los niveles de humedad, lo que indica que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi tiene efecto en la humedad de los panes elaborados.

**Tabla 17. Análisis de varianza ANOVA para humedad**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N. S.
Tratamientos	2	37.19	18.59	69.68	0.0001	**
Error	6	1.60	0.26			
Total correcto	8	38.79				

El promedio de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 18, para el tratamiento testigo (T1) es de 26.82% valor alto en relación al tratamiento (T2) 23.44% con 5% de sustitución, mientras el tratamiento (T3) con 10% de enriquecimiento reporta 21.97%, valor bajo con respecto al pan común del cual se resume; que a mayor sustitución de harina de trigo por harina de tarwi, disminuye la humedad en los panes elaborados.

Según MINSA (2010) de acuerdo a los criterios fisicoquímicos y los límites máximos permisibles de humedad en la industria panadera, comprende de (23% mínimo – 35% máximo) por tanto el tratamiento (T3) con 10% de sustitución no cumple el límite mínimo de humedad por presentar bajo promedio.

**Tabla 18. Prueba de Duncan para la humedad**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T1	26.82	3	a
T2	23.44	3	b
T3	21.97	3	c

**4.1.2.2. Ceniza**

En la Tabla 19 se presenta el análisis de varianza ANOVA altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre los valores de ceniza para los tratamientos es decir, que existe diferencia entre las formulaciones planteadas, donde la adición parcial de harina de tarwi tiene influencia en el contenido de cenizas en los panes elaborados.

**Tabla 19. Análisis de varianza ANOVA para ceniza**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N.S.
Tratamientos	2	1.03	0.51	65.71	0.0001	**
Error	6	0.04	0.00			
Total correcto	8	1.08				

En la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 20, se distingue dos grupos de la siguiente manera, con mayores promedios el (T3) con 10% de enriquecimiento 2.06%, y tratamiento (T2) 1.99% con 5% de sustitución, mientras el tratamiento (T1) sin sustitución 1.31%, donde el porcentaje de ceniza se incrementa conforme aumenta la adición de harina de tarwi.

Estos valores comparados con la norma NTP 206.001. (2011) donde establece 3% como máximo contenido de cenizas en panificación, el valor encontrado en las pruebas está dentro del rango establecido para la industria panadera.

**Tabla 20. Prueba de Duncan para cenizas**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T3	2.06	3	a
T2	1.99	3	a
T1	1.31	3	b

**4.1.2.3. Proteínas**

El nivel de proteínas Tabla 21, de acuerdo al ANOVA resultaron altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los valores de proteínas de los tratamientos, lo que indica que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi influye en los panes elaborados.

**Tabla 21. Análisis de varianza ANOVA para proteína**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N.S.
Tratamientos	2	72.16	36.08	85.41	0.0001	**
Error	6	2.53	0.42			
Total correcto	8	74.70				

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 22, reportó para el tratamiento (T3) 16.24% con un nivel de sustitución de 10% de harina de tarwi, mientras el tratamiento (T2) con 5% de enriquecimiento obtuvo 14.70%, en tanto el tratamiento testigo (T1) sin enriquecimiento tiene un valor de 9.62%, valor menor comparado con los dos tratamientos con sustitución. En concreto los resultados demostraron que los porcentajes de proteína ascienden con la sustitución de harina de trigo por harina de tarwi.

El incremento de proteínas en los diferentes tratamientos respecto al testigo aumentó en forma ascendente, es decir los panes con sustitución son más nutritivos por el alto contenido del mismo en la harina de tarwi; este parámetro se ajusta a la investigación de Pineda (1977) quien realizó una investigación de ensayo de panificación con harina de tarwi, obteniendo

similar cantidad de proteínas con 10% de sustitución. Asimismo Acevedo *et al.*, (1989), quien trabajó con otra leguminosa como el fréjol, donde el nivel de proteína en esta leguminosa posee más proteínas en comparación con la del trigo, esto por el alto contenido de proteína en la harina de frejol.

**Tabla 22. Prueba de Duncan para proteínas**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T3	16.25	3	a
T2	14.70	3	b
T1	9.62	3	c

#### 4.1.2.4. Grasa

El análisis de varianza presentado en el ANOVA Tabla 23, resultó que existe diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre los valores de grasa para los tratamientos, es decir que existe diferencia entre las formulaciones de sustitución, demostrando que la suplementación de harina de tarwi sí influye en los panes elaborados.

**Tabla 23. Análisis de varianza ANOVA para grasa**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N. S.
Tratamientos	2	24.39	12.19	212.76	0.0001	**
Error	5	0.28	0.05			
Total correcto	7	24.67				

En los resultados de la Tabla 24, la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) arrojó alto promedio para los tratamientos (T3) con 10% de adición 5.17% y tratamiento (T2) con 5% de enriquecimiento 5.03%, mientras el tratamiento testigo (T1) 1.24% logró promedio bajo en relación a los dos tratamientos; lo

que indica que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi causó un incremento del componente grasa en los panes elaborados por su alto contenido de grasa en la harina de tarwi.

El alto contenido de grasa en los panes con sustitución se debe al alto contenido de grasa en la harina de tarwi que nutricionalmente puede ser considerado altamente significativo. Según Pineda (1977) que estudió ensayo de panificación con harina de tarwi obtuvo igual valor con 10% de sustitución, por otro lado Mamani (2005) en su investigación demostró que a medida que el nivel de sustitución aumenta con harinas de maca y haba en la elaboración del pan el contenido de grasa aumenta; por su parte Brennan *et, al.*, (1980) en su investigación concluyó que las pérdidas de grasa durante el horneado están influenciados por la actividad del gluten, por el buen amasado, temperatura y tiempo de horneado.

**Tabla 24. Prueba de Duncan para la grasa de los panes elaborados**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T3	5.17	3	a
T2	5.03	3	a
T1	1.07	2	b

#### 4.1.2.5. Fibra

En cuanto a este componente conforme ANOVA Tabla 25, los tratamientos son altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los valores de fibra, lo que demuestra que la sustitución de harina de trigo por harina de tarwi influye en el contenido de la composición en los panes elaborados por lo que fue necesario realizar la prueba de Duncan.

**Tabla 25. Análisis de varianza ANOVA para fibra**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N. S.
Tratamientos	2	2.88	1.44	47.92	0.0002	**
Error	6	0.18	0.03			
Total correcto	8	3.06				

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 26, reportó promedios más altos para los tratamientos, (T3) 2.38% con 10% de adición de harina de tarwi y tratamiento (T2) 2.15%, con respecto al tratamiento testigo (T1) sin sustitución presentó 1.08% de promedio elevándose claramente la composición de fibra adquiriendo valores superiores; por lo que la adición de harina tarwi por su alto contenido de fibra en comparación a la harina de trigo causó aumento del componente en los panes elaborados .

Resultado similar encontrado por Acevedo *et, al.*, (1989), al trabajar con otra leguminosa como el fréjol en sustitución parcial de harina de trigo donde obtuvo el aumento de fibra en producto final elaborado.

**Tabla 26. Prueba de Duncan para la fibra**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T3	2.38	3	a
T2	2.15	3	a
T1	1.08	3	b

#### 4.1.2.6. Carbohidratos

El análisis de varianza ANOVA presentado en la Tabla 27 muestra que existe una diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ), entre los valores registrados por cada una de las formulaciones por lo que fue necesario realizar la prueba de Duncan.

**Tabla 27. Análisis de varianza ANOVA para carbohidratos**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N. S.
Tratamientos	2	355.46	177.73	291.28	<.0001	**
Error	6	3.66	0.61			
Total correcto	8	359.12				

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) reportó lo siguiente; Tabla 28 el tratamiento testigo (T1) sin sustitución logró 59.93% de promedio, el tratamiento (T2) con 5% de enriquecimiento 47.53%, y el tratamiento (T3) con 10% ostentó 45.83%; promedio bajo comparado con los dos tratamientos; traduciéndose que conforme aumenta la sustitución de harina de trigo por harina de tarwi, los carbohidratos tiende a disminuir en los panes.

Estos resultados se atribuye a que la harina de tarwi tiene menos contenido de carbohidratos que la de trigo, por conveniente disminuye el porcentaje del componente conforme aumenta la sustitución de harina de trigo por harina de tarwi. Los resultados obtenidos concuerda con la investigación realizada por Coloma, (2000) quien elaboró galletas de una mezcla de harinas de cañihua, cebada, quinua, tarwi y trigo.

**Tabla 28. Prueba de Duncan para carbohidratos**

Agrupamiento	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T1	59.93	3	a
T2	47.53	3	b
T3	45.83	3	c

## 4.2. Evaluación sensorial

Se planteó tres tratamientos, (T1) testigo, (T2) con 5% de sustitución y (T3) con 10% de sustitución de harina de trigo por harina de tarwi, la evaluación sensorial se realizó según ficha de evaluación organoléptica para cada tratamiento con jueces semientrenados, integrado por (30) jueces, bajo la prueba de la escala hedónica de Anzaldúa (1994), calificando sabor, color, textura, y apariencia general, posteriormente procesado estadísticamente bajo el diseño completo al azar (DCA) para establecer cuál de los tratamientos tiene mayor aceptación.

### 4.2.1. Sabor

En el ANOVA Tabla 29 se estimó que existe una diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ), entre los valores de esta variable, es decir que existe diferencia entre los tratamientos de panes elaborados, por lo que fue necesario realizar la prueba de Duncan, para conocer los efectos de la sustitución para los mencionados casos.

**Tabla 29. Análisis de varianza ANOVA para parámetro sabor**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N. S.
Tratamientos	2	22.86	11.43	15.59	<.0001	**
Error	27	19.80	0.73			
Total correcto	29	42.66				

La Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 30 reportó, para el tratamiento testigo (T1) sin enriquecimiento 4.00 puntos, tratamiento (T2) con 5% de sustitución 3.90, puntos formando un grupo que representa similitud de aceptación de los jueces, en tanto el tratamiento (T3) con 10% de adición de harina de tarwi, logró 2.10; por lo que se puede señalar las sustituciones de 0% y 5% tienen mayor aceptación de los jueces mientras el de 10%, presenta baja aprobación de los panelistas Tabla 30. Este resultado indica que a progresivo sustitución de harina de trigo por harina de tarwi el sabor tiende a obtener menor calificación.

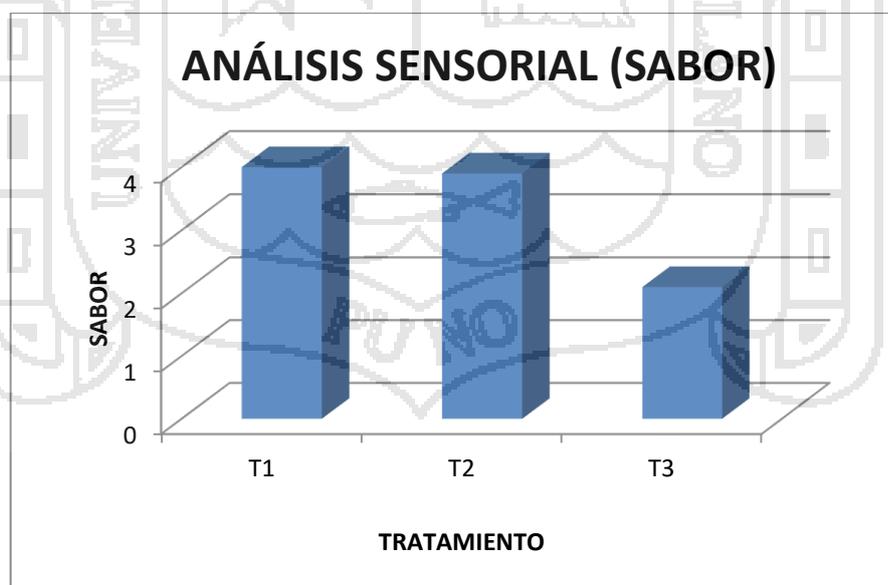
De los resultados obtenidos de esta variable se manifiesta que uno de los principales factores que enmarcaron los jueces, fue el contenido de alcaloides en la harina de tarwi que le confiere un sabor ligeramente amargo en los panes con sustitución de 10%. Debido a los alcaloides presentes en la harina de tarwi, que son principalmente la Lupanina, Lupinina y la Esparteína (Montes y Hurtado, 1984).

**Tabla 30. Prueba de Duncan para el de sabor de los panes elaborados**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T1	4.00	10	a
T2	3.90	10	a
T3	2.10	10	b

Las características del sabor de los panes elaborados en la Figura 6, gráfica de medias se observa que existe aceptabilidad de los panelistas en relación de la muestra testigo (T1) y (T2), mientras el tratamiento (T3) de 10% de sustitución presenta baja calificación de los jueces Anexo 10b.

**Figura 6. Gráfico de aceptabilidad del sabor**



#### 4.2.2. Color

Según la evaluación sensorial realizado por los panelistas en el análisis comparativo de varianza ANOVA ( $P \leq 0.01$ ) no se presentaron diferencias significativas por lo que la adición de harina de tarwi no influyó en el color de los panes elaborados, la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para las tres muestras Anexo 11b, presentó promedios para el (T2) con 5% de sustitución 4.60 de promedio, seguido del (T3) con 10% de adición 4.10 y pan común (T1) 3.80 puntos, demostrando que el color de la harina de tarwi de tono amarillo claro no tiene influencia en el color de los panes.

#### 4.2.3 Textura

En la Tabla 31 se observa que existe diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre los valores de textura con respecto a los niveles de sustitución, por lo que fue necesario la realización de la prueba de Duncan para los mencionados tratamientos y conocer el efecto de la adición de harina de tarwi sobre la textura de los panes.

**Tabla 31. Análisis de varianza ANOVA para parámetro textura**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N. S.
Tratamientos	2	13.26	6.63	7.56	0.0025	**
Error	27	23.70	0.87			
Total correcto	29	36.96				

En la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 32, el tratamiento (T2) con 5% de sustitución alcanzó 4.20 de puntos y el tratamiento testigo (T1) sin sustitución 4.70 puntos, los valores obtenidos de los dos tratamientos reveló semejanza entre el pan testigo y el pan con 5% de adición, por su parte el tratamiento (T3) obtuvo 2.70 puntos de promedio, que representó baja aceptación de los jueces.

Según resultados la textura de los panes con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, perdieron ligeramente su dureza y suavidad, por deficiencias en los contenidos de proteínas gliadinas- gluteninas en la harina de

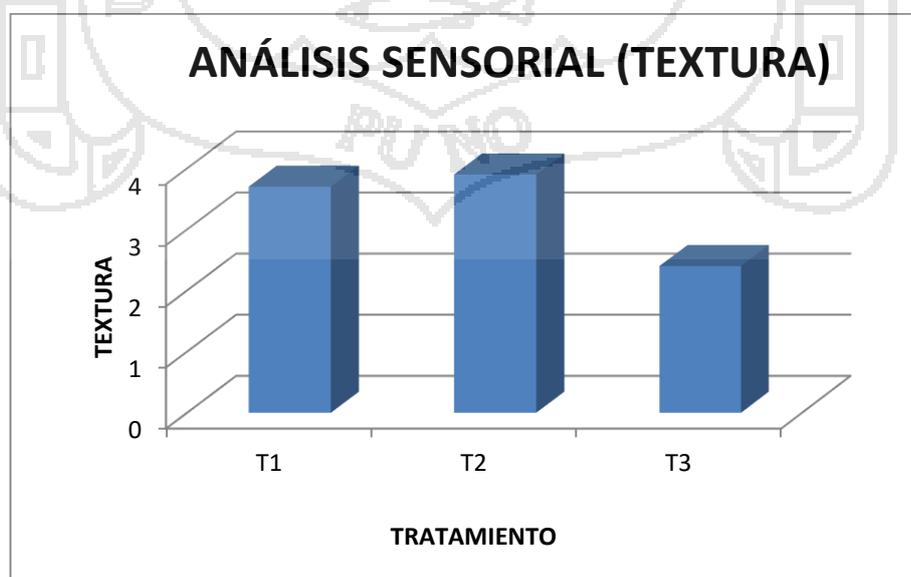
tarwi causantes de formar gluten se ve afectada ya que esta harina no posee dicho complejo, la falta de ello desmejoró los atributos de textura del pan en dureza por lo que al sustituir con porcentajes elevados de harina de tarwi; el pan pierde suavidad, haciéndose inferior conforme aumenta el porcentaje de sustitución en la mezcla, Tejero (2002) quien coincide en afirmar que cuando se presentan deficiencias en los contenidos del complejo de proteínas en la harina, causantes de formar el gluten, desmejoran los atributos de textura del pan, por lo tanto, al sustituir con porcentajes elevados de otras harinas, la textura del pan se ve afectada, en su investigación titulado evaluación Factores que influyen en la fuerza de la masa.

**Tabla 32. Prueba de Duncan para la textura de los panes elaborados**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T2	4.20	10	a
T1	4.00	10	a
T3	2.70	10	b

En la Figura 7, para esta característica de textura, los mejores promedios presentaron los tratamientos (T2) y (T1) testigo, según cuadro de medias, Anexo 12b.

**Figura 7. Gráfico de aceptabilidad en relación a la textura**



#### 4.2.4. Apariencia general

Para esta característica de Apariencia general ANOVA Tabla 33, señala que existe diferencias estadísticamente altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ), entre los niveles de sustitución y la apariencia general de los panes elaborados, lo que explica que la adición de harina de tarwi influye en la apariencia general de los panes por lo que fue necesario la prueba de Duncan, para conocer los efectos de la sustitución.

**Tabla 33. Análisis de varianza ANOVA para parámetro apariencia general**

F. de V.	GL	S.C	C.M.	Fc	P	N. S.
Tratamientos	2	13.26	6.63	15.71	<.0001	**
Error	27	11.40	0.42			
Total correcto	29	24.6				

La prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) Tabla 34, donde el tratamiento (T2) con 5% de sustitución alcanzó 3.90, el tratamiento (T1) testigo sin sustitución reportó 3.70 de promedio grupo que representa de más calificación, en tanto el tratamiento (T3) con 10% de adición de harina de tarwi logró 2.40 puntos, promedio bajo comparado con otros tratamientos; Esto señala que a más nivel de sustitución el pan tiende a perder ligeramente su apariencia general.

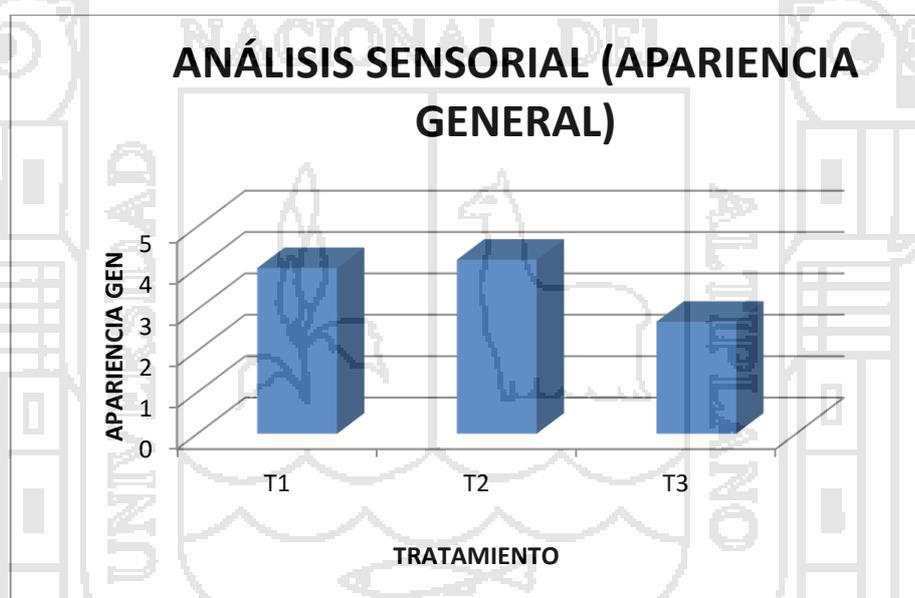
De los resultados la apariencia general con la inclusión de la harina de tarwi afectó el crecimiento del pan, con menor tamaño y esponjamiento en relación con el testigo, esto se debe en gran medida a la falta de gluten. Tejero (2002), comenta que el pan obtenido con harinas con demasiada fuerza tiene menos volumen, probablemente esta sea una de las razones por las cuales los tamaños de los panes con sustituciones del 20 y del 30% son relativamente menores comparados con el pan testigo. Mujica, (1990) hace un comentario que la harina de tarwi en la panificación prolonga la conservación del pan por la retrogradación del almidón.

**Tabla 34. Prueba de Duncan para la apariencia general de los panes elaborados**

Tratamientos	Media	Nro. Observaciones	Duncan
T2	3.90	10	a
T1	3.70	10	a
T3	2.40	10	b

En este atributo genérico Figura 8, se ve que el tratamiento 5% (T2) alcanza un promedio 3.9 puntos respecto a su aceptabilidad. Este nivel de sustitución se asemeja al tratamiento 0%, que es testigo Anexo 13b

**Figura 8. Gráfico de aceptabilidad en relación a la apariencia general**



#### 4.3. Relación de Eficiencia Proteica (PER)

Para la determinación de la calidad proteica de las muestras se tuvo como unidad de análisis animales de experimentación (9 ratas Albinas de raza Holtzman) que fueron distribuidas en 3 grupos experimentales, (Testigo) 0%, 5% y 10% de sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi, cuyos resultados obtenidos se muestran en la siguiente Tabla 35.

**Tabla 35. Resultados de la relación de eficiencia proteica (PER) en las tres muestras de pan.**

Características	0% (T1)	5% (T2)	10% (T3)
Número de animales	3	3	3
Peso inicial, g.	105,6	115.8	110.8
Peso final, g.	132.63	186.53	184.0
Ganancia de peso, g.	27.03	70.70	73.13
Consumo de alimento, g.	348.13	407.20	426.10
Materia seca del alimento, %.	90.23	97.03	97.9
Proteína en la dieta, %.	9.62	14.70	16.24
Proteína consumida g.	27.03	59.89	69.19
Relación de (PER)	0.80	1.19	1.05

Como se puede apreciar en la Tabla 35 el tratamiento (T2) - constituido por 95% de harina de trigo y 5% de harina de tarwi, presentó mayor promedio de relación de eficacia proteica PER = 1.19 seguida del tratamiento (T3) PER = 1.05 en tanto el tratamiento testigo (T1) PER = 0.80, Por lo que la muestra (T2) y (T3) si presentan un PER aceptable por encontrarse dentro de la escala de medición de 1- 4 para dicho método biológico, mientras el tratamiento (T1) no están dentro de la escala y es considerado como muestra de baja calidad proteica. Esto se reflejó en el incremento de peso de los animales del (T2) y (T3) durante la experimentación que tuvo una duración de 28 días, como se muestra en la (Tabla Anexo 18), el comportamiento de las ratas entre los dos tratamientos, (T2) y (T3), donde los animales del (T3) ganaron más peso y consumieron más alimento pero reportaron menor PER que el tratamiento (T2), este resultado indica que el tarwi es poco digestible por carencia de algunos aminoácidos esenciales. Finalmente el tratamiento (T2) con mayor PER=1.19 mejora el valor nutricional, comparando con la de caseína de la leche PER=2.54 mencionado por la (FAO/OMS).

De los resultados la harina de tarwi que contiene alto valor proteico carece de dos aminoácidos esenciales triptófano e histidina, pero realizando mezclas con otras harinas, si se puede llegar a los estándares requeridos. La harina de tarwi, es

deficiente en triptófano que es un aminoácido esencial para el hombre, es heterocíclico por un núcleo de indol y una cadena lateral de alanina, y tiene la función de regenerar cualquier tipo de tejido, es importante en la nutrición humana que involucra la liberación del neurotransmisor que implica la regulación del sueño, placer, ansiedad, insomnio y el estrés; el otro aminoácido limitante es la histidina que es absolutamente esencial en generación y mantenimiento de células, su deficiencia puede causar sordera, por lo que en el experimento los animales de experimentación mostraron algunas dificultades (Alcázar, 2002).

El PER determina la capacidad de la proteína dietaria para promover el crecimiento y cuanto mejor sea la calidad de la proteína mayor será la velocidad, se dice que la proteína utilizada con gran eficiencia por el organismo cuando al administrar en pequeñas cantidades aportan todos los aminoácidos en cantidades requeridas. En consecuencia se habla de una proteína balanceada que permite una máxima eficiencia para síntesis de proteínas corporales, lo que se observa en mejores valores del PER. Según Velásquez y Yanarico, (2010) que realizaron un estudio titulado; determinación de la calidad proteica del pan elaborado con mezclas de harina de trigo, quinua, cebada, haba y tarwi en ratas albinas de raza Wistar, donde la evaluación biológica de la (mezcla 01) Trigo, quinua, cebada; tarwi obtuvo PER= 1.26 (mezcla 02) trigo, Quinua; Cebada y Haba PER= 1.08 y testigo PER= 0.81, asimismo Coloma, (2000) estudio la elaboración de galletas a base de una mezcla de harinas cañihua, cebada, quinua, tarwi y trigo, donde reportó PER= 2.41 con una mezcla de 80% de sustitución. Asimismo Mamani, (2005) que en su investigación titulado enriquecimiento de pan utilizando como materia prima las harinas de trigo, maca y haba en la elaboración de pan obtuvo un valor de PER= 2.34. también Pascual y Zapata, (2010) realizaron estudio de sustitución parcial de harina de trigo por harina de kiwicha usando el método directo esponja y masa en la elaboración del pan, obtuvieron relación de eficacia proteica PER= 0.76, la prueba del PER presentó para los autores las siguientes desventajas; no considera necesidades de mantenimiento del animal de ensayo, el resultado varía con la ingesta de alimentos; no siempre es válido que la ganancia de peso corporal sea un indicador de los tejidos proteicos, es importante considerar que esta prueba tiende a sobreestimar la calidad proteica de fuentes de animales y vegetales.

#### 4.4. Evaluación de la composición químico proximal y las características de la materia prima (harinas)

##### 4.4.1. Composición químico proximal de la harina de trigo

En la Tabla 36 se presenta la composición proximal de la harina de trigo donde se observa que el contenido de humedad está por debajo de 15%, límite máximo recomendado por la Norma Técnica Peruana, ITINTEC (1986).

**Tabla 36. Composición química proximal de la harina de trigo**

Componentes (%)	Harina de Trigo	
	Base húmeda	Base seca
Humedad	13.20	0
Proteína	12.00	13.93
Grasa	1.23	1.43
Ceniza	0.48	0.67
Fibra	0.52	0.53
Carbohidratos	73.09	83.44

El contenido de proteína de la harina utilizada en la presente investigación, comprende una harina apta para panificación. Según el reglamento de la Comunidad Económica Europea, citado por la (FAO, 2002), el contenido de proteína (N x 6.25) referido a la materia seca debe ser superior o igual a la harina de trigo en el presente estudio según lo sugerido por (Collazos, White y White, 1996).

##### 4.4.2. Composición químico proximal de la harina de tarwi

Los valores encontrados para análisis químico proximal de la harina de Tarwi de variedad blanca como se ilustra en la Tabla 37 donde primero resalta, el alto contenido de proteína que tiene una alta digestibilidad en comparación con otras leguminosas cuando se procesa en condiciones adecuadas, Gross (1982).

**Tabla 37. Análisis químico proximal de la harina de tarwi con cascara (base seca)**

<b>Componentes</b>	<b>Base húmeda (%)</b>	<b>Base seca (%)</b>
Humedad	7.10	0
Proteína	43.02	44.30
Grasa	23.36	25.95
Fibra	10.83	12.03
Ceniza	1.93	2.14
Carbohidratos	13.76	12.08

Como se muestra la harina de tarwi posee un alto contenido de proteínas y grasas. El valor encontrado para proteína suele alcanzar hasta 46% en base seca, estos valores son muy cercanos a los obtenidos por (INCAP, 1961), que fue 44.3% en base húmeda. En cuanto a su contenido de grasa es inferior al valor reportado (28.5%) por la citada bibliografía.

Los factores que afectan en la composición química son múltiple pero las más importantes están en la variación genética, grado de madurez proceso de desamargado y tipo de molienda, que establece para harinas sucedáneas procedentes de leguminosas de grano alimentario, similar a los resultados obtenidos por Coloma (2000).

#### **4.4.3. Análisis granulométrico de la harina de tarwi**

Los resultados de análisis granulométrico de la harina de tarwi con cascara se muestran en la Tabla 38 donde se trabajó con tamices N° 18, 30, 45, 50, 60, 70, con diámetro (1.000, 0.595, 0.351, 0.295, 0.246, 0.208 mm.) obteniendo las siguientes particularidades.

**Tabla 38. Análisis del tamizado de la harina de tarwi con cascara**

Tamices Tyler Nº de malla	Diámetro de las partículas en mm	Fracciones en peso (g)	Fracciones que pasan por cada tamiz (%)
18	1.000	1.13	98.0
30	0.595	47.97	37.5
45	0.351	21.33	10.3
50	0.295	2.03	7.7
60	0.246	4.15	2.5
70	0.208	1.96	0.00
Plato		11.75	11.75

La harina de Tarwi por su alto contenido de grasa, no ha presentado una distribución normal en las mallas escogidas, en mayor proporción de las partículas se retienen en el intervalo de la malla N<sup>o</sup> 30 cuyo diámetro medio es de 0.595 milímetros, observándose pequeñas bolas por su alto contenido de grasa, estos resultados dependen de la diferencia o intervalo de tamaños y propiedades físicas, el análisis granulométrico obtenido fue similar al resultado efectuada por Coloma (2000).

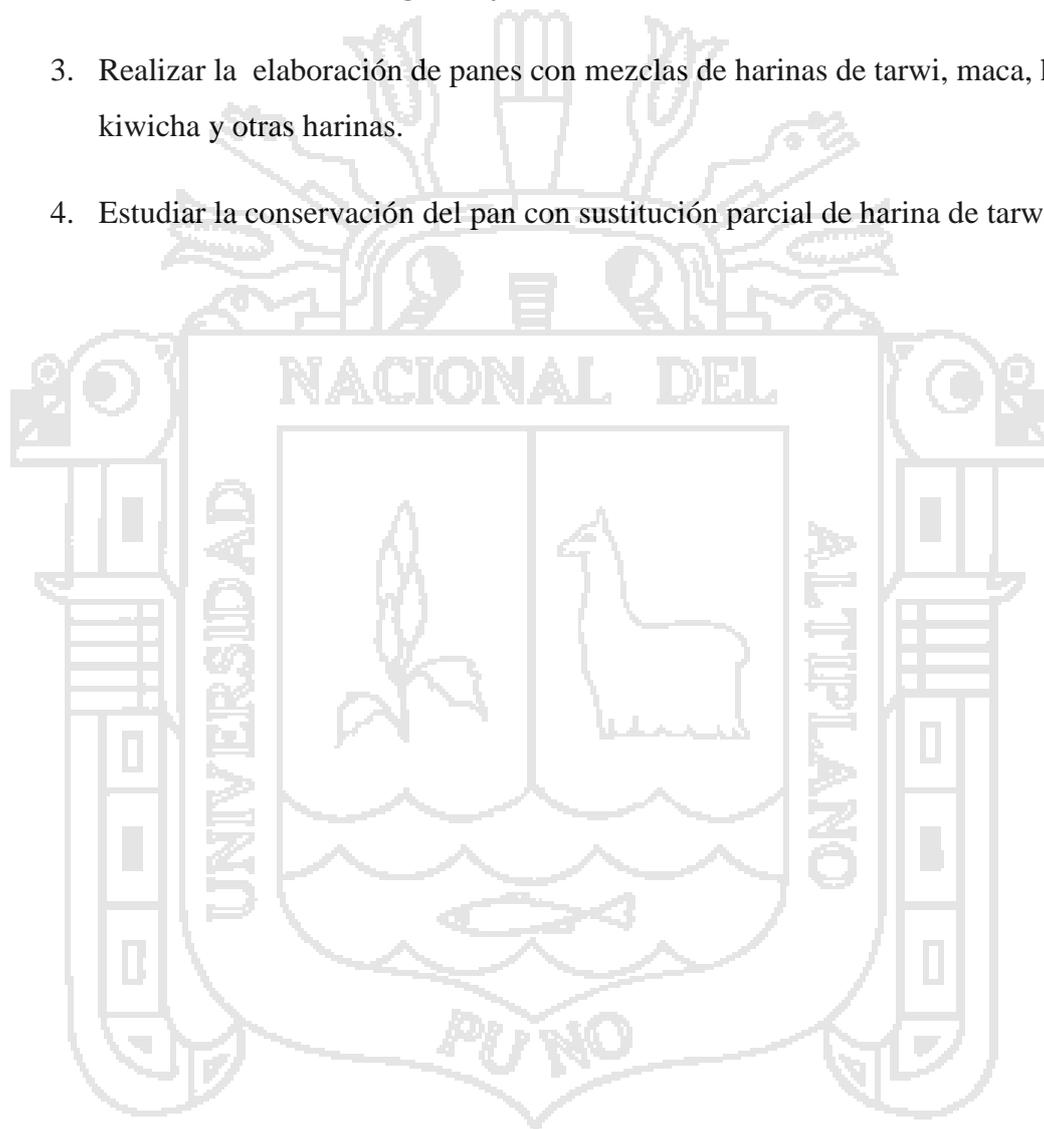
## V. CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados y discusiones obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El nivel de sustitución parcial más adecuado en la elaboración del pan resultó 10% (T3), el análisis fisicoquímico para el peso de los panes con enriquecimiento fue ascendente, en tanto los valores del volumen específico disminuyeron; el análisis proximal de la mejor mezcla presentaron valores de proteína (16.24%), humedad (21.97%), cenizas (2.06%), grasa (5.17%), Fibra (2.38%), y carbohidratos (45.83%) respectivamente, cotejando con pan común mejoró las cualidades nutritivas.
- Al evaluar sensorialmente el pan compuesto de harinas de trigo- tarwi, el tratamiento (T2) con 5% de sustitución obtuvo mayor aceptación de los panelistas por presentar mayor grado de satisfacción. En cuanto a la digestibilidad, relación de eficacia proteica con 5% (T2) de enriquecimiento presenta mayor valor PER= 1.19, por el cual se puede señalar que el pan con adición de harina de tarwi mejoró ligeramente en calidad proteica.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio de mercado para la comercialización del pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tarwi.
2. Ejecutar estudios orientadas al producto, a fin de lograr un producto competitivo en el mercado local, Regional y Nacional.
3. Realizar la elaboración de panes con mezclas de harinas de tarwi, maca, habas, kiwicha y otras harinas.
4. Estudiar la conservación del pan con sustitución parcial de harina de tarwi.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 1980. Official Methods of the Association for Analytical Chemists. E:U:A: (13a. Ed.) Washington. DC - USA.
- A.O.A.C. 1984. Official Methods of the Association for Analytical Chemists. E:U:A: (14ª. Ed.) Washington. D.C - USA.
- Acevedo, G. Cafati C. Reveco, V. Wulf, H. y Yáñez, E. 1989. Fortificación del pan con harina de fréjoles, Valor nutritivo del pan fortificado. Arch. Lat. Nutr.39 vol. 39 Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira - Cauca - Colombia.
- Alcázar, J. 2002. Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias, 2da. Edición. Lima - Perú.
- ALIM, 2013. "Asociación Latinoamericana de Industriales Molineros del Perú". Consumo per cápita de trigo a nivel de América Latina. (Consulta 14 de abril 2014). Lima - Perú.
- Anzaldúa, A. 1994. Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza - España.
- Arisaca, P. A. J. 2009. Evaluación de Pan Enriquecido y Fortificado con Hierro y Omega 3. Tesis Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.
- Bender, A. 1977. Nutrición y Alimentos Dietéticos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Brennan, G. Butters. R. Conwell, D. y Lilley, C. 1980. Las operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza - España.
- Brown, G. 1965. Operaciones Básicas de la Ingeniería Química. Editorial Marín S.A. Barcelona - España.
- Charley, L. y Kent, J. 1995. Química Moderna de los Cereales. S.A. Madrid - España.
- Coloma, A. 2000. Elaboración de Galletas a base de una mezcla de harinas de Cañihua, Cebada, Quinua, Tarwi y Trigo. Tesis Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- Collazos, C. White, P. y White, S. 1996. La Composición de los Alimentos. Peruanos. 4ta. Edición. Instituto Nacional de nutrición Lima - Perú.
- Cubero, J. 1983. Cultivos Andinos Cuatro Especies Principales de Tarwi, en distintos Países. Lima - Perú

- De Souza, E. 1989. Técnicas de la Panificación. Thomas de Quincey editores Ltda. Bogotá - Colombia.
- Díaz, T. 1999. Métodos de análisis de alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Eliasson, A. y Larsson, K. 1993. Cereales de Alto Peso Molecular. Editado por Eliasson, A. y Larsson, K. Marcel Dekker. USA – pp. 261 – 324.
- FAO, 2002. Principales Alimentos Producidos en los Países del Mundo. Boletín técnico OMS/ONU, Ginebra – Suiza 15/2002; 8 - 12.
- FAO/OMS, 1992. Evaluación de Calidad de Proteínas. Informe de una consulta a expertos. Bethesda, MD. USA.
- F.A.O, 1990. Cultivos Andinos Subexplotados, y su aporte a la alimentación. INIA. Pág. 205 Lima -Perú.
- FAO, 1985. Necesidades Nutricionales de Energía y de Proteínas en la alimentación. Informa de un Comité Mixto FAO/OMS expertos de Ginebra - Suiza.
- FAO, 1983. Educación Alimentaria en Poblaciones rurales. Guía editada por el consejo de la ONU/FAO. Ginebra - Suiza.
- FAO/OMS, 1982. Necesidad de Energía y Proteínas en la alimentación. Informe de un comité mixto. FAO/OMS de expertos. Ginebra - Suiza.
- FDA-EUU, 2003. Adición de Cantidades Específicas de determinados nutrientes. Administración de drogas y alimentos - USA.
- Frías, C. 1997. Mujeres: Tecnologías invisibles, experiencias desde América Latina. ITDG. Lima - Perú.
- González, J. Mosquera V. Vanegas y M. Barrera M. (2008). Influencia de las mezclas de harina de trigo y chachafruto en la composición y las características organolépticas del pan. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Colombia - Bogotá.
- Gross, R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi. Estudio Protección Vegetal, FAO. Roma - Italia - 36, Pág. 36-48.
- Gross, R. y Tuesta, V. L. 1981. Proyecto de Cultivo y Utilización de los Lupinos en el Perú. Informe Nro. 7. Lima - Perú.
- Hawthorn, T. 1983. Fundamentos de Ciencia de los Alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Huamán, del P, M. 1998. Interpretación de Resultados de un Análisis de micronutrientes. INASSA. Agosto – Setiembre. Lima - Perú.

- Ibáñez, V. 2009. Análisis y Diseño de Experimentos 1ra. Edición. Universidad Nacional del Altiplano Puno. FCA y FIEI. Puno- Perú.
- INCAP – ICNND, 1961. Tabla de Composición de alimentos para uso en América Latina.
- NTP, 206.001. 2011. Elaboración de galletas Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la propiedad intelectual, lima – Perú.
- ITINTEC, 1986. Norma Técnica Peruana; Productos de panificación. Lima – Perú.
- Kent, N. 1987. Tecnología de los cereales. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Kent, M. 1971. Tecnología de los Cereales Traducido por Catalán Manual Pág. 8. Zaragoza – España.
- Lock, O. 1994. Investigación fotoquímica P.U.C.P. 2da, Edición. Lima- Perú.
- Lescano, J. 1994. Genética y mejoramiento de Cultivos Andinos; Quinua, Cañihua, Tarwi, Kiwicha, Papa amarga, Olluco, Mashua y Oca. Programa Interinstitucional de Waruwaru, convenio INADE/PELT, COTESU Puno – Perú.
- Lescano, R. 1998. Genética y Mejoramiento de Cultivos Andinos, Cañihua, Quinua, kiwicha, Tarwi, Papa amarga, Olluco, y Oca” PINA PELT, Puno - Perú.
- Madrid, V. y Madrid J. 2001. Nuevo manual de industrias alimentarias. 3a edición. Editorial AMV – Madrid - España.
- Mamani, A. 2005. Enriquecimiento del pan con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maca y harina de haba Tesis Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- Mamani, O. 1995. Ensayo de Panificación de harina de trigo, Oca y Quinua Tesis Universidad Nacional del Altiplano – Puno – Perú.
- Marchese, P. 2011. La comida andina. Fecha de consulta 15/04/2014. Disponible en: [http://www.pasqualinonet.com.ar/la\\_comida\\_andina.htm](http://www.pasqualinonet.com.ar/la_comida_andina.htm).
- MINAG, 2011. Ministerio de agricultura, Servicio de Información agropecuaria Producción de tarwi (Consulta: 20 Enero del 2014). Lima - Perú
- MINAGRI, 2013. Ministerio de Agricultura y Riego, producción de trigo e importación de acuerdo a la Sociedad Nacional de Industrias (SIN), (consulta 13 de Junio del 2014). Lima – Perú.
- MINSA, 2010. Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería RM N°1020-2010.
- MINSA. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima – Perú.
- Montes, A. y Hurtado F.1984. Optimización del proceso de desamargado

- y desarrollo de una línea de fabricación de harina de tarwi a nivel rural proyecto Lupino- cebada de la GTZ. Lima- Perú.
- Mujica, A. 1990. Investigación y producción del tarwi en el Perú. INIA - PICA, Puno - Perú. Pág. 49.
- Mujica, A. 1991. Catálogo del Banco de Germoplasma de los Cultivos andinos Tarwi, Quinoa, Cañihua, Oca, Olluco y Mashua, UNA- Puno, Escuela de Postgrado. Puno – Perú.
- Muñoz, D. 1990. Manual Sobre Necesidades Nutricionales del hombre. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Olmo, V. 2010. El trigo, <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.aspx?art=255>. 20/03/2011.
- Palmetto, S. 2012. Las Leguminosas están al alcance de todos obtenido en: <http://www.alimentacionsana.com.ar/Portal%20nuevo/actualizaciones/leguminosas.htm>. 15/01/2012.
- Pascual, G. Zapata J. 2010. Sustitución Parcial de Harina de trigo por harina de kiwicha usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú.
- Pineda, C. 1977. Ensayo de panificación con harina de tarwi tesis Ing. Agronómica Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Pineda, B. y Vásquez L. 2010. Evaluación Físico-química y Sensorial de pan suplementado con diferentes concentraciones de harina de papa en el evento del Séptimo Congreso Nacional de Ciencia y tecnología de Alimentos, Guanajuato - Colombia 2010.
- Plasch, G, y Bingen S, 2008. Mezclas y Harinas Preparadas – Soluciones Prácticas. Alemania: Obtenida <http://www.muehlenchemie.de/downloadsexpertenwissen/mc-convenience-plasch-esp.pdf>.
- Plumer, D.1981. Introducción a la Bioquímica Práctica Editorial Latinoamérica S.A. Bogotá – Colombia.
- Primo, Y. 1997. Química de Alimentos. Editorial Síntesis S.A. Mexico.
- Pyler, E. 1988. Propiedades Físicas, Fisicoquímicas Sensoriales y Reológicas. 3ra. Edición. Sosland Publishing Company. Kansas, EEUU.
- Quaglia, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación. (2a.ed.). Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

- Repo - Carrasco, R. 1994. Cultivos Andinos usos y beneficios. Centro de estudios rurales andinos Bartolomé de las Casas. Cusco - Perú.
- Repo - Carrasco, R. 1992. Cultivos Andinos y la alimentación infantil comisión de Coordinación tecnológica andina (CCTA). Lima –Perú.
- Rodriguez, T. Shoenebeger, H. y. Gross, R. 1981. Establecimiento de las condiciones ópticas a nivel de laboratorio y de la planta piloto para la preparación de un aislado proteico de Lupino mutabilis Arch. Lat. Nutric. 31: 748.
- Salis, A. 1985. Cultivos Andinos ¿Alternativa Alimentaria popular? Centro de Estudios Rurales Andinos, Bartolomé de las Casas y Annette Salís. Cusco – Peru.
- Saravacos, G. y A. Kostaropoulos, 2002. Handbook of Food Processing Equipment Kluyer Academic / Plenum Publishers. EEUU.
- Scade, J. 1985. Cámara Nacional de la industria molinera de trigo. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
- Tapia, M. E. 1990. Cultivos Andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. (1a. Ed.). Lima -Perú
- Tapia, M. E. 1997. Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. (12a.Ed.). Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Tejero, F. 2002. Factores que influyen en la fuerza de la masa. [En línea].  
<http://www.molineriaypanaderia.com/técnica/Sproduc/factores.html> - España.
- USDA, 2005. National Nutrient Data base for Standard Reference: Disponible en: URL: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/>. (Consultado: 25 de noviembre 2011).
- Velásquez, C. y Yanarico, C. 2012. Determinación de la Calidad Proteica del pan elaborado con mezclas de harinas de Trigo, Quinoa, Cebada, Haba y Tarwi en ratas Albinas, tesis Facultad. Ciencias de la Salud, Escuela profesional de Nutrición humana. Universidad Nacional del Altiplano Puno - Perú
- Villacrés, E. Chaves, N. Peñalosa, C. 1998. Caracterización Física, Nutricional y funcional de las leguminosas. Mundi – prensa. (2a, Ed.) Madrid – España. Pág. 498.

# ANEXOS



**ANEXO 01. ANÁLISIS FÍSICOS, DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR  
(DCA)**

**1) PESO DE LOS PANES**

**Cuadro 1a. Peso de los panes elaborados con tres repeticiones**

Características	Repeticiones			
	1	2	3	Promedio
Muestras				
T1 (Testigo)	27.57	30.01	27.66	28.41
T2 (5%)	34.09	36.18	36.07	35.71
T3 (10%)	36.71	36.89	37.04	36.88

**Cuadro 1b. Peso promedio de los panes elaborados**

Características	T1 (Testigo)	T2 (5%)	T3 (10%)
Peso (g)	28.41	35.71	36.88
Peso %	100	125.6	129.8

**Cuadro 1c. C.V. Anexo de ANOVA peso de los panes**

R-cuadrado	Coef. Var.	Raiz MSE	PESO - Media
0.94	3.13	1.05	33.58

**Cuadro 1d. Desviación estándar del peso de los panes**

Tratamientos	Promedio		Desviación
T1	28.41	+/-	1.38
T2	35.45	+/-	1.18
T3	36.88	+/-	0.17

**2) VOLUMEN ESPECÍFICO**

**Cuadro 2a. Volumen de los panes método (desplazamiento de semillas)**

CARACTERÍSTICAS	REPETICIONES			
	1	2	3	Promedio
Muestras				
T1 (Testigo)	42	45	48	45
T2 (5%)	36	39	35	36.6
T3 (10%)	35	36	35	35.3

**Cuadro 2b. Resumen del promedio de volumen y volumen específico**

MUESTRAS	T1 (Testigo)	T2 (5%)	T3 (10%)
(ml/g)	4.25	3.20	3.05
ML	45	36	35
%	100.0	75.29	71.76

**Cuadro 2c. C.V. Anexo de ANOVA del volumen de los panes**

R-cuadrado	Coef. Var.	Raiz MSE	VOLUMEN – Media
0.85	5.47	2.13	39.00

**Cuadro 2d. Desviación estándar del volumen de los panes**

VOLUMEN	PROMEDIO		DESVIACION
T1	45.00	+/-	3.00
T2	36.67	+/-	2.08
T3	35.33	+/-	0.58

**Cuadro 2e. Volumen específico de los panes elaborados**

CARACTERÍSTICAS	REPETICIONES			Promedio
	1	2	3	
Muestras				
T1 (Testigo)	3.97	4.31	4.46	4.25
T2 (5%)	3.25	3.58	2.87	3.23
T3 (10%)	3.09	3.07	3.05	3.07

**Cuadro 2f. C.V. Anexo de ANOVA volumen específico de los panes**

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	VOL. ESP Media
0.86	7.15	0.25	3.52

**Cuadro 2g. Desviación estándar del volumen específico de los panes**

VOLUMEN ESPECÍFICO	PROMEDIO		DESVIACION
T1	4.25	+/-	0.25
T2	3.24	+/-	0.36
T3	3.07	+/-	0.02

**ANALISIS QUIMICO (ANVA) DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR  
(DCA)**

**3) HUMEDAD**

**Cuadro 3a. C.V. Anexo de ANOVA humedad**

<b>R-cuadrado</b>	<b>Coef. Var.</b>	<b>Raiz MSE</b>	<b>HUMEDAD - Media</b>
0.95	2.14	0.51	24.08

**4) CENIZA**

**Cuadro 4a. C.V. Anexo de ANOVA ceniza**

<b>R-cuadrado</b>	<b>Coef. Var.</b>	<b>Raiz MSE</b>	<b>CEN – Media</b>
0.95	4.96	0.08	1.78

**5) PROTEINAS**

**Cuadro 5a. C.V. Anexo de ANOVA proteína**

<b>R-cuadrado</b>	<b>Coef. Var.</b>	<b>Raiz MSE</b>	<b>PROTEINA - Media</b>
0.96	4.80	0.649974	13.52

**6) GRASA**

**Cuadro 6a. C.V. Anexo de ANOVA grasa**

<b>R-cuadrado</b>	<b>Coef. Var.</b>	<b>Raiz MSE</b>	<b>GRASA – Media</b>
0.988386	5.85	0.239416	4.092500

**7) FIBRA**

**Cuadro 7a. C.V. Anexo de ANOVA fibra**

<b>R-cuadrado</b>	<b>Coef. Var.</b>	<b>Raiz MSE</b>	<b>FIBRA – Media</b>
0.94	9.28	0.17	1.87

**8). CARBOHIDRATOS**

**Cuadro 8a. C. V. Anexo de ANOVA carbohidratos**

<b>R-cuadrado</b>	<b>Coef. Var.</b>	<b>Raiz MSE</b>	<b>CARB-Media</b>
0.98	1.52	0.78	51.09



**ANEXO 09: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL**

FORMATO DE PRUEBA DE ANALISIS SENSORIAL DEL PAN ELABORADO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE TARWI.

PRUEBA DE ESCALA HEDÓNICA

Nombre:.....Fecha.....

Producto:.....

INSTRUCCIONES: Ud. recibirá muestras debidamente codificadas, evalúe y ubique en la escala que se acompaña la intensidad de agrado o desagrado de cada muestra, marcando tan solo una de las alternativas con una aspa o (x).

ESCALA	SABOR	COLOR	TEXTURA	APARIENCIA GENERAL
(5) Me gusta mucho				
(4) Me gusta ligeramente				
(3) Ni me gusta ni me disgusta				
(2) Me disgusta ligeramente				
(1) Me disgusta mucho				

Observaciones:.....  
 .....  
 .....

**ANALISIS ESTADISTICO DE LA RELACION DE ATRIBUTOS (ANOVA)  
DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA)**
**10) SABOR**
**Cuadro 10a. C.V. Anexo de ANOVA sabor**

R-cuadrado	Coef. Var.	Raiz MSE	SABOR Media
0.53	25.69	0.85	3.33

**Cuadro 10b. Desviación estándar sabor**

SABOR	PROM		DESV
T1	4	+/-	1.05
T2	3.9	+/-	0.56
T3	2.1	+/-	0.86

**11) COLOR**
**Cuadro 11a.tabla ANOVA color**

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	N.S.
TRAT	2	3.26	1.63	2.96	0.0688	NS
Error	27	14.90	0.55			
Total correcto	29	18.16				

**Cuadro 11b. C.V. Color**

R-cuadrado	Coef. Var.	Raiz MSE	COLOR Media
0.17	17.82	0.74	4.16

**Cuadro 11c. Prueba de significancia Duncan para variable color**

TRATAMIENTOS	Media	Nro. Observaciones	DUNCAN
T2	4.60	10	a
T3	4.10	10	b a
T1	3.80	10	b

**Anexo 11d. Desviación estándar de la variable Color**

COLOR	PROM		DESV
T1	3.8	+/-	0.91
T2	4.6	+/-	0.51
T3	4.1	+/-	0.73

## 12) TEXTURA

Cuadro 12a. C.V. Anexo de ANOVA textura

R-cuadrado	Coef. Var.	Raiz MSE	TEXTURA Media
0.35	25.78	0.93	3.63

Anexo 12b. Desviación estándar textura

TEXTURA	PROM		DESV
T1	4	+/-	0.81
T2	4.2	+/-	0.78
T3	2.7	+/-	1.15

## 13) APARIENCIA GENERAL

Cuadro 13a. C.V. Anexo de ANOVA apariencia general

R-cuadrado	Coef. Var.	Raiz MSE	AP_GEN Media
0.53	19.49	0.64	3.33

Anexo 13b. Desviación estándar apariencia general

APAR. GEN.	PROM		DESV
T1	3.7	+/-	0.67
T2	3.9	+/-	0.56
T3	2.4	+/-	0.69

**FICHAS DE CONTROL, GANANCIA DE PESO, ALIMENTO BRINDADO,  
ALIMENTO CONSUMIDO, Y ALIMENTO RESIDUAL DE LAS TRES  
MUESTRAS DE PAN**

**ANEXO 14. FICHA DE GANANCIA DE PESO (g) DIARIO DURANTE 28 DIAS  
(PER)**

GRUPO		EXPERIMENTO 1 PATA POSTERIOR IZQUIERDO AZUL (T1)			EXPERIMENTO 2 CABEZA PINTADA VERDE (T2)			EXPERIMENTO 3 PATA ANTERIOR DERECHO ROJO (T3)		
FECHA	DIA	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3
29/11/2012	1	109.2	100.3	107.3	127.3	119.1	101.1	107.2	108.3	117.1
30/11/2012	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/12/2012	3	108.1	102.0	104.0	141.0	127.3	113.1	121.4	130.0	127.4
2/1/22012	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/12/2012	5	113.5	109.6	110.1	149.3	132.8	117.9	124.3	134.4	133.9
4/12/2012	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5/12/2012	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6/12/2012	8	116.0	114.4	118.0	160.4	140.0	120.7	129.7	138.5	138.0
7/12/2012	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8/12/2012	10	117.0	112.0	121.6	165.0	149.2	128.0	136.1	147.2	141.2
9/12/2012	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/12/2012	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11/12/2012	13	116.4	117.0	124.7	165.2	157.3	136.1	143.7	154.4	157.0
12/12/2012	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/12/2012	15	121.8	123.4	126.5	179.4	162.0	141.2	145.5	166.0	159.5
14/12/2012	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/12/2012	17	123.0	123.2	125.0	185.5	168.0	141.5	159.0	172.1	159.7
16/12/2012	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/12/2012	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/12/2012	20	122.7	125.0	128.5	187.5	166.0	153.0	159.4	181.7	171.2
19/12/2012	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/12/2012	22	130.5	127.5	130.0	191.6	177.5	155.1	169.5	185.7	172.5
21/12/2012	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22/12/2012	24	128.7	128.2	132.0	193.6	182.3	157.3	171.3	188.2	174.3
23/12/2012	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/12/2012	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25/12/2012	27	132.1	129.1	133.0	196.1	188.1	167.5	173.3	191.2	179.1
26/12/2012	28	133.0	130.2	134.7	198.0	192.4	169.2	175.2	194.5	182.3
<b>TOTAL GANANCIA PESO</b>		<b>23.8</b>	<b>29.9</b>	<b>27.4</b>	<b>70.7</b>	<b>73.3</b>	<b>68.1</b>	<b>68.0</b>	<b>86.2</b>	<b>65.2</b>
<b>GANANCIA DE PESO PROMEDIO</b>		<b>T1=27.03</b>			<b>T2=70.70</b>			<b>T3=73.13</b>		

**ANEXO 15. PESO INICIAL Y FINAL DE LOS ANIMALES EXPERIMENTALES**

GRUPO		EXPERIMENTO 1 PATA POSTERIOR IZQUIERDO AZUL (T1)			EXPERIMENTO 2 CABEZA PINTADA VERDE (T2)			EXPERIMENTO 3 PATA ANTERIOR DERECHO ROJO (T3)		
CARACTERÍSTICAS	DIA	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3
PESO INICIAL	1	109.2	100.3	107.3	127.3	119.1	101.1	107.2	108.3	117.1
PROMEDIO		<b>T1 =105.60</b>			<b>T2=115.83</b>			<b>T3=110.86</b>		
PESO FINAL	28	133.0	130.2	134.7	198.0	192.4	169.2	175.2	194.5	182.3
PROMEDIO		<b>T1=132.63</b>			<b>T2=186.53</b>			<b>T3=184.00</b>		

**ANEXO 16. FICHA DE ALIMENTO BRINDADO (g) DIARIO DURANTE 28 DIAS**

GRUPO		EXPERIMENTO 1 PATA POSTERIOR IZQUIERDO AZUL (T1)			EXPERIMENTO 2 CABEZA PINTADA VERDE (T2)			EXPERIMENTO 3 PATA ANTERIOR DERECHO ROJO (T3)		
FECHA	DIA	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3
29/11/2012	1	15	15	15	15	15	15	15	15	15
30/11/2012	2	15	15	15	15	15	15	15	15	15
1/12/2012	3	25	25	25	25	25	25	25	25	25
2/12/2012	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/12/2012	5	20	20	20	20	20	20	20	20	20
4/12/2012	6	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5/12/2012	7	20	20	20	20	20	20	20	20	20
6/12/2012	8	20	20	20	20	20	20	20	20	20
7/12/2012	9	20	20	20	20	20	20	20	20	20
8/12/2012	10	25	25	25	25	25	25	25	25	25
9/12/2012	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/12/2012	12	20	20	20	20	20	20	20	20	20
11/12/2012	13	20	20	20	20	20	20	20	20	20
12/12/2012	14	20	20	20	20	20	20	20	20	20
13/12/2012	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14/12/2012	16	20	20	20	20	20	20	20	20	20
15/12/2012	17	25	25	25	25	25	25	25	25	25
16/12/2012	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/12/2012	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20
18/12/2012	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
19/12/2012	21	20	20	20	20	20	20	20	20	20
20/12/2012	22	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21/12/2012	23	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22/12/2012	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25
23/12/2012	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/12/2012	26	20	20	20	20	20	20	20	20	20
25/12/2012	27	20	20	20	20	20	20	20	20	20
26/12/2012	28	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>TOTAL ALIMENTO BRINDADO</b>		<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>	<b>490</b>

**ANEXO 17. FICHA DE ALIMENTO CONSUMIDO (g) DIARIO DURANTE 28  
DIAS**

GRUPO		EXPERIMENTO 1 PATA POSTERIOR IZQUIERDO AZUL (T1)			EXPERIMENTO 2 CABEZA PINTADA VERDE (T2)			EXPERIMENTO 3 PATA ANTERIOR DERECHO ROJO (T3)		
FECHA	DIA	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3
29/11/2012	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/11/2012	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/12/2012	3	53.7	49.5	53.8	53.7	52.2	54.6	53.7	54.7	54.2
2/12/2012	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/12/2012	5	12.9	17.9	16.1	15.5	15.1	19.4	18.3	14.0	19.1
4/12/2012	6	8.2	11.3	9.1	17.0	18.1	18.8	17.1	17.0	17.3
5/12/2012	7	10.7	16.9	10.3	18.3	17.7	19.1	16.2	18.1	16.6
6/12/2012	8	9.7	15.5	11.1	18.7	16.9	9.3	17.0	17.3	15.7
7/12/2012	9	15.1	8.9	13.8	19.3	18.3	8.8	19.0	16.8	16.1
8/12/2012	10	24.5	15.2	24.1	22.9	24.7	19.6	22.1	23.2	20.9
9/12/2012	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/12/2012	12	11.3	12.8	12.7	16.4	19.3	12.7	18.6	17.2	18.1
11/12/2012	13	10.9	10.5	13.5	16.6	19.5	9.0	17.5	18.1	11.8
12/12/2012	14	15.1	9.3	14.9	18.2	19.1	12.9	18.2	17.1	15.1
13/12/2012	15	16.8	8.8	10.8	18.7	18.3	11.7	18.8	18.3	13.7
14/12/2012	16	11.0	17.7	13.2	17.6	18.1	11.0	19.2	18.1	14.0
15/12/2012	17	18.9	23.0	22.3	21.6	23.0	23.7	23.0	24.3	23.7
16/12/2012	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/12/2012	19	12.8	11.9	16.1	18.1	16.8	15.5	17.3	18.0	18.1
18/12/2012	20	14.9	12.6	13.7	18.3	15.8	11.5	18.1	17.6	11.8
19/12/2012	21	16.0	16.7	15.3	16.5	18.2	0.4	16.8	18.1	16.1
20/12/2012	22	14.8	13.9	16.2	17.9	17.7	9.6	17.8	17.7	17.7
21/12/2012	23	16.2	14.9	14.3	16.8	19.1	8.8	18.3	17.8	15.3
22/12/2012	24	18.8	15.3	20.7	23.2	21.3	14.6	21.8	18.2	18.8
23/12/2012	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/12/2012	26	15.2	12.2	13.6	19.3	18.2	12.2	18.7	18.1	11.8
25/12/2012	27	10.7	11.1	17.2	16.8	17.5	16.4	19.1	17.8	15.5
26/12/2012	28	12.1	17.5	16.8	17.2	19.2	19.3	18.3	18.3	16.2
<b>TOTAL A.C.</b>	<b>28</b>	<b>331.4</b>	<b>343.4</b>	<b>369.6</b>	<b>438.6</b>	<b>444.1</b>	<b>338.9</b>	<b>444.9</b>	<b>435.8</b>	<b>397.6</b>
<b>PROMEDIO ALIM CONS.</b>		<b>348.13</b>			<b>407.20</b>			<b>426.10</b>		

**ANEXO 18. FICHA DE ALIMENTO RESIDUAL (g) DIARIO DURANTE 28  
DIAS**

GRUPO		EXPERIMENTO 1 PATA POSTERIOR IZQUIERDO AZUL (T1)			EXPERIMENTO 2 CABEZA PINTADA VERDE (T2)			EXPERIMENTO 3 PATA ANTERIOR DERECHO ROJO (T3)		
FECHA	DIA	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 1	RATA 2	RATA 3
29/11/2012	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/11/2012	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/12/2012	3	1.3	5.5	1.2	1.3	2.8	0.4	1.3	0.3	0.8
2/12/2012	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/12/2012	5	7.1	2.1	3.9	4.5	4.9	0.6	1.7	6.0	0.9
4/12/2012	6	11.8	8.7	10.9	3.0	1.9	1.2	2.9	3.0	2.7
5/12/2012	7	9.3	3.1	9.7	1.7	2.3	0.9	3.8	1.9	3.4
6/12/2012	8	10.3	4.5	8.9	1.3	3.1	10.7	3.0	2.7	4.3
7/12/2012	9	4.9	11.1	6.2	0.7	1.7	11.2	1.0	3.2	3.9
8/12/2012	10	0.5	9.8	0.9	2.1	0.3	5.4	2.9	1.8	4.1
9/12/2012	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/12/2012	12	8.7	7.2	7.3	3.6	0.7	7.3	1.4	2.8	1.9
11/12/2012	13	9.1	9.5	6.5	3.4	0.5	11.0	2.5	1.9	8.2
12/12/2012	14	4.9	10.7	5.1	1.8	0.9	7.1	1.8	2.9	4.9
13/12/2012	15	3.2	11.2	9.2	1.3	1.7	8.3	1.2	1.7	6.3
14/12/2012	16	9.0	5.3	6.8	2.4	1.9	9.0	0.8	1.9	6.0
15/12/2012	17	1.1	2.0	2.7	3.1	2.0	1.3	2.0	0.7	1.3
16/12/2012	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17/12/2012	19	7.2	8.1	3.9	1.9	3.2	4.5	2.7	2.0	1.9
18/12/2012	20	5.1	7.4	6.3	1.7	4.2	8.5	1.9	2.4	8.2
19/12/2012	21	4.0	3.3	4.7	3.5	1.8	16.0	3.2	1.9	3.9
20/12/2012	22	5.2	6.1	3.8	2.1	2.3	10.4	2.2	2.3	2.3
21/12/2012	23	3.8	5.4	5.7	3.2	0.9	11.2	1.7	2.2	4.7
22/12/2012	24	6.2	9.7	4.3	1.8	3.7	10.4	3.2	1.8	6.2
23/12/2012	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/12/2012	26	4.8	7.8	6.4	0.7	1.8	7.8	1.3	1.9	8.2
25/12/2012	27	9.3	8.9	2.8	3.2	2.5	3.6	0.9	2.2	4.5
26/12/2012	28	7.9	2.5	3.2	2.8	0.8	0.7	1.7	1.7	3.8
<b>TOTAL ALIM. RESIDUAL</b>		<b>134.7</b>	<b>149.9</b>	<b>120.4</b>	<b>51.1</b>	<b>45.9</b>	<b>147.5</b>	<b>45.1</b>	<b>49.2</b>	<b>92.4</b>
<b>PROMEDIOS</b>		<b>135.0</b>			<b>81.5</b>			<b>62.2</b>		

## Anexo 19. ANALISIS PER

Tabla de resumen de promedio de digestibilidad de los panes elaborados

N°	TRATAMIENTOS	Alimento residual	Consumo del alimento	Ganancia de peso	Consumo de proteína	PER	PER Promedio
7	(T1) 0% Testigo	134.7	331.4	23.8	31.88	0.74	
8	(T1) 0% Testigo	149.9	343.4	29.9	33.03	0.90	
9	(T1) 0% Testigo	120.4	369.6	27.4	35.53	0.77	0.80
1	(T2) 5% sustitución	51.1	438.6	70.7	64.47	1.09	
2	(T2) 5% sustitución	45.9	444.1	73.3	65.40	1.12	
3	(T2) 5% sustitución	147.5	338.9	68.1	49.81	1.36	1.19
4	(T3) 10% sustitución	45.1	444.9	68.0	72.25	0.94	
5	(T3) 10% sustitución	49.2	435.8	86.2	70.77	1.21	
6	(T3) 10% sustitución	92.4	397.6	65.2	64.57	1.00	1.05

**ANEXO 20. PANEL DE FOTOS DE LA INVESTIGACIÓN**



Molienda de Harina de Tarwi “MOLINO EL SOL PUNO”.



Molienda de Harina de Tarwi “MOLINO EL SOL PUNO”.



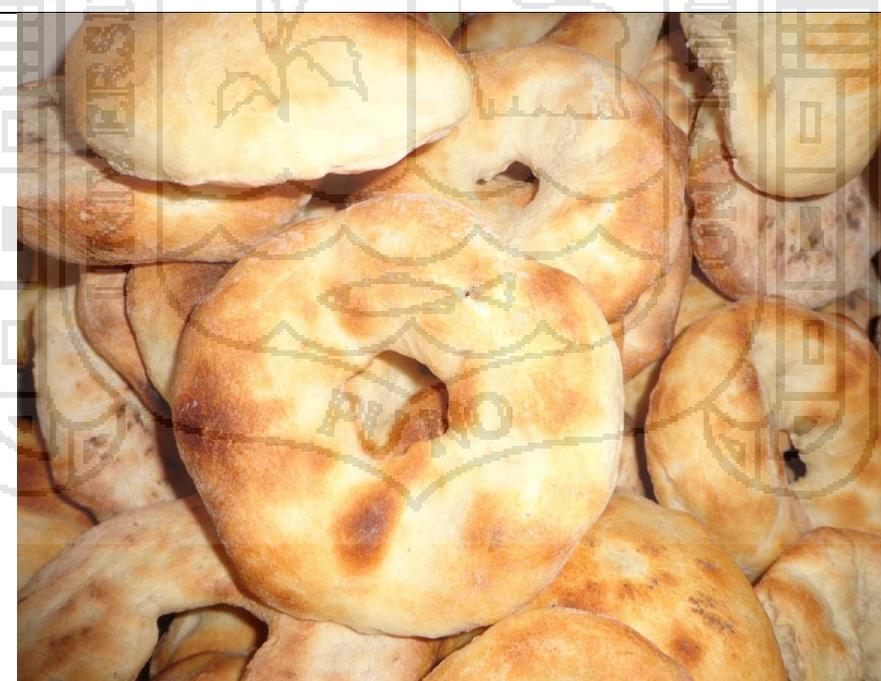
Analizando la Finura de la harina de Tarwi Molino” El Sol”  
PUNO



Tamizado de la harina de Tarwi laboratorio de I.A. UNA PUNO.



Panes en proceso de producción PANIFICADORA “URPI”  
Salcedo – Puno.



Producto final (Panes roscas) PANIFICADORA “URPI”



Panes T1, T2, T3, PANIFICADORA "URPI"



Producto final (Panes roscas) PANIFICADORA "URPI"



Determinación de Volumen específico de los panes (Mediante desplazamiento de semillas)



Determinando el volumen específico, método de desplazamiento de semillas de nabo



Análisis biológico de digestibilidad: Laboratorio de Bioterio  
Universidad Católica Santa María - Arequipa en foto con ratas albinas  
de raza Holtzman.



Observación diaria: En la Foto Técnico. Justo Ayta Aragón  
responsable del Centro Bioterio UCSMA - Arequipa