



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TESIS**

Evaluación de los porcentajes de arroz ñelen, pallar y algarroba en la formulación de un complemento alimenticio extruido para preescolares

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR:**

**Bach.: Capuñay Lluén Karen Gianella**

**Bach.: Rojas Colichón Paola Nataly**

**ASESOR:**

**Ing. MSc. Juan Francisco Robles Ruiz.**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2020**

---



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E  
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TESIS**

Evaluación de los porcentajes de arroz ñelen, pallar y algarroba en la  
formulación de un complemento alimenticio extruido para preescolares

**ELABORADO POR:**

**Bach.: Capuñay Lluén Karen Gianella**

**Bach.: Rojas Colichón Paola Nataly**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**APROBADO POR:**

---

**Dr. Tarcila Cabrera Salazar**

**PRESIDENTE**

---

**Dr. Luis Pozo Suclupe**

**SECRETARIO**

---

**Ing. Julio Humberto Tirado Vásquez**

**VOCAL**

---

**Ing. MSc. Juan Francisco Robles Ruiz**

**ASESOR**

---

## **DEDICATORIA**

*A **Dios**. Por haberme permitido guiado y dado fuerzas para llegar a cumplir mis metas, quien con su bendición dirige cada uno de mis pasos para seguir adelante.*

*A mi madre **ROSARIO COLICHON CHUNGA***

*Por haberme apoyado en cada momento, quien gracias a su esfuerzo y dedicación diaria he logrado muchas cosas porque siempre creyó en mí. A mi padre **FERNANDO ROJAS BARRIOS**, quien me enseña a no rendirme y siempre luchar por mis sueños a pesar de los miedos.*

*A mi hermana **Yulissa Angélica Rojas Colichón** Por brindarme su confianza y permitirme ser su ejemplo, por cada consejo y ayuda para alcanzar mis objetivos.*

*A cada uno de mis familiares y compañeros. Porque sin su apoyo y comprensión este camino hubiera sido aún más difícil y por creer y confiar siempre en mí.*

---

## **DEDICATORIA**

***A mis padres: CAPUÑAY CHANAMÉ MARCO ANTONIO Y CAPUÑAY LLUEN LEONOR CATALINA. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su infinito amor y comprensión.***

***A mis hermanos: ERICK CAPUÑAY LLUEN Y JHON JAIRO CAPUÑAY LLUEN, mi abuela MARÍA CAPUÑAY SENMACHE: Por sus consejos, sus valores, su ejemplo y su inmenso amor, lo cual fue de mucha ayuda en mi formación profesional.***

## **AGRADECIMIENTO**

***A DIOS SU*** *Por haberme permitido llegar hasta este punto y haber guiado mi camino para lograr mis objetivos tanto personales como profesionales, además de su inmensa bondad y amor.*

***A todos mis familiares.*** *Porque gracias a cada uno de ellos he llegado hasta este punto y este camino hubiera sido aún más difícil, por su cariño y amor infinito.*

---

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	01
II. MARCO TEÓRICO	05
2.1 Antecedentes	05
2.2 Base Teórica	09
2.2.1 Extrusión	09
2.2.1.1 Factores que influyen en la extrusión	11
2.2.1.1.1 Condiciones de operación que influyen en la extrusión	12
2.2.1.1.2 Propiedades fisicoquímicas de la materia prima	13
2.2.1.1.3 Propiedades organolépticas que influyen en la extrusión	18
2.2.1.2 Efectos y cambios químicos en la materia prima durante el proceso de extrusión	19

---

2.2.1.2.1	Carbohidratos	20
2.2.1.2.2	Fibras	21
2.2.1.2.3	Lípidos	21
2.2.1.2.4	Proteínas	22
2.2.1.2.5	Vitaminas y minerales	22
2.2.1.3	Calidad nutricional de los extruidos	23
2.2.1.3.1	Desnaturalización de las proteínas	23
2.2.1.3.2	La gelatinización del almidón	24
2.2.1.4	Ventajas del proceso de extrusión	25
2.2.1.5	Tipos de extrusores	26
2.2.1.5.1	Extrusores en caliente	26
2.2.1.5.2	Extrusores en frío	27
2.2.1.5.3	Extrusores de tornillo único	27
2.2.1.5.4	Extrusores de tornillo doble	27
2.2.1.6	Caracterización de los productos extruidos	28
2.2.1.6.1	Pruebas físicas	28
2.2.1.6.2	Metodología para cuantificar la modificación del almidón	29
2.2.1.6.3	Metodología para cuantificar la modificación de la proteína	30

---

2.2.2	Pallar	30
2.2.2.1	Generalidades del pallar	30
2.2.2.2	Taxonomía	31
2.2.2.3	Morfología	32
2.2.2.4	Producción nacional de pallar	34
2.2.2.5	Composición química del pallar	35
2.2.3	El arroz	37
2.2.3.1	Generalidades	37
2.2.3.2	Taxonomía	39
2.2.3.3	Estructura del grano de arroz	40
2.2.3.3.1	Corteza, pericarpio o salvado	40
2.2.3.3.2	Germen	41
2.2.3.3.3	Endospermo	41
2.2.3.4	Composición química	41
2.2.3.5	Sub productos del arroz	43
2.2.3.5.1	Composición química de los subproductos del arroz	44
2.2.3.5.2	Arroz ñelen	45
2.2.4	Harina de Algarroba	47

---

2.2.4.1 Definición	47
2.2.4.2 Generalidades	47
2.2.4.3 Valor nutritivo	49
2.2.4.3.1 Carbohidratos	49
2.2.4.3.2 Proteínas	50
2.2.4.3.3 Fibras	50
2.2.4.3.4 Minerales	50
2.2.4.3.5 Vitaminas	50
2.2.4.3.6 Grasas	51
2.2.5 Evaluación sensorial	52
2.2.5.1 Aspectos generales de la evaluación sensorial	53
2.2.5.2 Aspecto sensorial de las barras energéticas	55
2.2.5.3 Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial	57
2.2.5.4 Los jueces	58
III. MARCO METODOLÓGICO	59
3.1 Área de ejecución	59
3.2 Tipo de investigación	59
3.3 Población y muestra	59

---



3.3.1	Población	59
3.3.2	Muestra	60
3.4	Variables	60
3.4.1	Variables independientes	60
3.4.2	Variables dependientes	60
3.4.3	Formulaciones	61
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	62
3.5.1	Equipos e instrumentos	62
3.5.2	Materiales	64
3.5.3	Reactivos y soluciones	64
3.5.4	Materiales e instrumentos para la recolección de datos	65
3.5.5	Método de análisis	65
3.5.5.1	Análisis físico químico	65
3.5.5.2	Análisis Sensorial	66
3.5.5.3	Relación de expansión	67
3.5.5.4	Índice de solubilidad en agua (WSI) e índice de absorción de agua (WAI)	68
3.6	Metodología Experimental	68

---

3.6.1	Obtención de los gritz de frijol pallar	68
3.6.2	Obtención del complemento alimenticio extruido	69
3.6.2.1	Recepción de materia prima	69
3.6.2.2	Selección	71
3.6.2.3	Tamizado	71
3.6.2.4	Pesado	71
3.6.2.5	Mezclado	71
3.6.2.6	Extrusión	71
3.6.2.7	Enfriado	72
3.6.2.8	Molienda y tamizado	72
3.6.2.9	Envasado	72
3.6.2.10	Evaluación	72
3.6.3	Análisis estadístico	72
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	74
4.1	Resultados	74
4.1.1	Análisis químico proximal de las materias primas	74
4.1.2	Diseño y formulación del complemento alimenticio extruido	74
4.1.3	Evaluación de los tratamientos y obtención del producto obtenido	

---

a partir de la mezcla de insumos	75
4.1.3.1 Evaluación de los tratamientos	75
4.1.3.1.1 Evaluación del aporte proteico y energético	75
4.1.3.1.2 Evaluación sensorial de los tratamientos	75
4.1.3.1.2.1 Apariencia	75
4.1.3.1.2.2 Sabor	78
4.1.3.1.2.3 Color	80
4.1.3.1.2.4 Olor	82
4.1.3.2 Obtención del producto	85
4.1.4 Caracterización del producto obtenido	86
4.1.4.1 Análisis físico químico	86
4.2 Discusiones	87
4.2.1 Análisis químico proximal de las materias primas	87
4.2.2 Diseño y formulación del complemento alimenticio extruido	88
4.2.3 Evaluación de los tratamientos y obtención del producto obtenido	
a partir de la mezcla de insumos	88
4.2.3.1 Evaluación de los tratamientos	88
4.2.3.1.1 Evaluación del aporte proteico y energético	88

---

4.2.3.1.2	Evaluación sensorial de los tratamientos	89
4.2.3.1.2.1	Apariencia	89
4.2.3.1.2.2	Sabor	90
4.2.3.1.2.3	Color	91
4.2.3.1.2.4	Olor	92
4.2.3.2	Obtención del producto	93
4.2.4	Caracterización del producto obtenido	93
4.2.4.1	Análisis físico químico	93
V.	CONCLUSIONES	94
VI.	RECOMENDACIONES	95
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	96
VIII.	ANEXOS	108
ANEXO 1.	Métodos de análisis químico proximal	109
ANEXO 2.	Pruebas de medición del grado de satisfacción	123
ANEXO 3.	Determinación del índice de absorción de agua (IAA) el índice de solubilidad en agua (ISA)	128
ANEXO 4.	Determinación del tamaño de partícula	129
ANEXO 5.	Recomendaciones de la FAO sobre necesidades diarias	

---

de nutrientes	131
ANEXO 6. Norma técnica: Harina de Algarroba	132
ANEXO 7. Tomas fotográficas	144
ANEXO 8. Comparación de nuestro producto con un alimento extruido convencional	146



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Pallar seco por región según variables productivas Marzo 2015/2016	35
Tabla 2. Composición química del pallar (por 100 gramos de alimento)	36
Tabla 3. Tabla nutricional por cada 100 g de Arroz Blanco	42
Tabla 4. Composición química del arroz y los productos de su molienda	45
Tabla 5. Análisis Físico – Químico del arroz ñelén	46
Tabla 6. Composición químico proximal del arroz	46
Tabla 7. Análisis Proximal de Harina de Algarroba en base a 100g	51
Tabla 8. Minerales en la Harina de Algarrobo	52
Tabla 9. Propiedades sensoriales	54
Tabla 10. Formulación 1 de la mezcla (60% arroz ñelén, 25% gritz de pallar y 15% harina de algarroba).	61
Tabla 11. Formulación 1 de la mezcla (70% arroz ñelén, 20% gritz de pallar y 10% harina de algarroba).	62

---

Tabla 12. Formulación 1 de la mezcla (65% arroz ñelén, 15% gritz de pallar y 20% harina de algarroba).	62
Tabla 13. Métodos de análisis físico químicos	66
Tabla 14. Análisis de varianza para los tratamientos	73
Tabla 15. Resultado de Análisis químico proximal de las materias primas: gritz de frijol pallar, arroz ñelén y harina de algarroba	74
Tabla 16. Ingredientes para la formulación del complemento alimenticio extruido en base a 100g	74
Tabla 17. Composición químico proximal de las formulaciones en base a 100 g.	75
Tabla 18. Pruebas de efectos inter-sujetos para variable Apariencia	76
Tabla 19. Prueba de comparaciones múltiples para atributo apariencia	76
Tabla 20. Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos Homogéneos	77
Tabla 21 Pruebas de efectos inter-sujetos para variable Sabor	78
Tabla 22. Prueba de comparaciones múltiples para atributo sabor	78
Tabla 23. Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos Homogéneos	79

---

Tabla 24. Pruebas de efectos inter-sujetos para variable color	80
Tabla 25. Prueba de comparaciones múltiples para atributo color	80
Tabla 26. Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos	
Homogéneos	81
Tabla 27. Pruebas de efectos inter-sujetos para variable Olor	82
Tabla 28. Prueba de comparaciones múltiples para atributo color	82
Tabla 29. Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos	
Homogéneos	83
Tabla 30. Comparación de Análisis sensorial y físico químico de	
los resultados	84
Tabla 31. Composición físico química de la formulación F3 en base a 100 g.	86
Tabla 32 Valores diarios (% VD) de los componentes del alimento	





## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Diseño genérico de un extrusor de tornillo simple	10
Figura 2. Pallar ( <i>Phaseolus lunatus</i> )	33
Figura 3. Diagrama de bloques de los diferentes tratamientos	61
Figura 4. Esquema del diseño experimental comparativo de las formulaciones	70
Figura 5. Comparación de medias para atributo apariencia del complemento extruido	77
Figura 6. Comparación de medias para atributo sabor del Complemento extruido	79
Figura 7. Comparación de medias para atributo color del complemento Extruido	81
Figura 8. Comparación de medias para atributo color del complemento Extruido	83
Figura 9. Flujo de Operaciones para la obtención de un complemento extruido a base de arroz ñelén, griz de frijol pallar y harina de algarroba	85

---

## RESUMEN

La presente investigación realizada en la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, tiene como objetivo: Evaluar los porcentajes adecuados de arroz ñelen, pallar y algarroba en la formulación de un complemento alimenticio.

El trabajo inicialmente consiste en caracterizar las materias primas mediante análisis químico proximal, formulando tres tratamientos, los mismos que fueron evaluados fisicoquímicamente para conocer su composición y aporte proteico, así como también se evaluó con los factores de Atwater de 4,9 y 4 Kcal/g. correspondiente a proteína, grasa y carbohidratos respectivamente para encontrar la formulación con mayor aporte energético. Encontrándose que la formulación (F3) con 65% de arroz ñelén, 15% de gritz de frijol pallar y 20% de harina de algarroba es la que aporta 12,08% de proteína y 339,4 Kcal en 100 g de ración y calificada sensorialmente a través de los atributos de apariencia, color, olor y sabor como la mejor con un puntaje promedio de 6,73 en los atributos evaluados; la misma que fue caracterizada fisicoquímicamente presentando: 8,1% de humedad, 11,6% de proteína, 76,4% de carbohidratos, 1,8% de grasa, 7,2% de fibra y 2,1% de ceniza. Así mismo presentó un índice de solubilidad en agua de 62% y un índice de absorción de agua de 78.

---

## **ABSTRACT**

The present research was conducted at the Pedro Ruíz Gallo National University and aimed to evaluate the appropriate percentages of ñelen, pallar and carob rice in the formulation of a food supplement.

The work initially consisted of characterizing the raw materials by means of proximal chemical analysis, then three treatments were formulated, the same ones that were evaluated physicochemically to know their protein composition and contribution, as well as evaluated with the Atwater factors of 4.9 and 4 Kcal / g corresponding to protein, fat and carbohydrates respectively to find the formulation with the highest energy intake. Finding that the formulation (F3) with 65% of ñelen rice, 15% of pallar bean gritz and 20% of carob flour is the one that provides 11,6% protein and 339,4 Kcal in 100 g of ration and sensory rated at through the attributes of appearance, color, smell and taste as the best with an average score of 6.73 in the evaluated attributes; the same one that was characterized physicochemically presenting: 8.1% humidity, 11,6% protein, 76,4% carbohydrates, 1,8% fat, 7,2% fiber and 2,1% ash. It also presented a 62% water solubility index and a water absorption index of 78.

---

## **I. INTRODUCCIÓN**

En el Perú más de la mitad de la población infantil sufre de desnutrición por diversas razones: Consumo de dietas carentes de algunos nutrientes esenciales o con un excesivo valor calórico, falta de acceso a alimentos, el nivel de clase social de la población, prácticas inadecuadas de lactancia materna y alimentación infantil complementaria, adicionalmente la falta de higiene y enfermedades propias de lugares pobres e insalubres (Gallardo, 2008).

El Jefe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Dr. García Zanabria José Alberto reveló que en el periodo 2013-2018, la desnutrición crónica infantil en niños menores de cinco años disminuyó en 5,3 %, pasando de 17,5 a 12,2 puntos porcentuales, según revela la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES 2018) del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Así mismo, el jefe del INEI, José García Zanabria, informó que el departamento de Huancavelica presentó el mayor índice de desnutrición (32,0 %), seguido de Cajamarca, Huánuco, Amazonas, Ayacucho, Apurímac y Loreto cuyos índices fluctuaron entre 20 % y 29 %.

En la etapa preescolar los hábitos de alimentación y salud adquiridos son determinantes para el futuro. Una adecuada alimentación en este período favorece que el niño y la niña alcancen su máximo potencial de crecimiento, desarrollo motor y cognitivos. Complementariamente hay que tener en cuenta que la alimentación buena o mala del niño depende de factores como el cultural, regional, religioso y económico que influyen

directamente en la calidad nutricional del niño durante los primeros meses de vida. Para que un alimento se considere adecuado es necesario que en él estén presentes vitaminas, minerales los cuales ayudan al niño en el desarrollo sano y activo.

El gobierno peruano a través del MIMDES desarrolla el Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma, cuya finalidad es contribuir a elevar el nivel nutricional de la población en pobreza crítica así como ayudar a la seguridad alimentaria en el país, es así que la presente investigación, puede ser utilizada como alternativa de un complemento nutricional en la preparación de los alimentos de Qali Warma para los niños de la ciudad de Chiclayo.

Por otro lado, la mayoría de las proteínas de origen vegetal carecen de algunos aminoácidos esenciales, pero esto se mejora efectuando mezclas de cereales y leguminosas FAO/OMS (1992). El arroz y los frijoles son alimentos nutritivos y baratos que cuando se combinan forman una proteína completa. La utilización de estas materias primas como el arroz ñelen, frijol pallar y algarroba propios del departamento de Lambayeque proporcionan al estudio la dimensión necesaria, pues por un lado se beneficia al consumidor y por otro ayuda en la economía Nacional.

Las materias primas de la presente investigación: arroz ñelen, subproducto de la industrialización del arroz, contiene elevada cantidad de carbohidratos que proporciona gran fuente de energía, además es un cereal bajo en sodio, rico en fibra insoluble y gluteninas. Sin embargo, este no contiene todos los aminoácidos esenciales. El aminoácido del que carece el arroz es la lisina. Las legumbres, son complementos nutricionales para los cereales (el arroz) y ayudan a completar el perfil de aminoácidos.

Por otro lado, el frijol pallar (*Phaseolus lunatus*) es importante debido, bajo contenido en grasas y rico en almidones, Una ventaja nutricional es su riqueza proteica, cien gramos de pallar cocido aporta 19 g de proteína (cantidades similares a las carnes) y presenta casi todos los aminoácidos esenciales. Y finalmente la algarroba (*Prosopis pallida*) es una leguminosa que proporciona hidratos de carbono, vitaminas y minerales que ayuda a los niños a combatir el cansancio y al fortalecimiento del sistema inmunológico.

Así también para cumplir con los requerimientos de alimentos seguros y reducción del impacto ambiental la presente investigación plantea una de las tecnologías más versátiles en la agroindustria alimentaria como la extrusión, pues permite una cocción rápida, continua y homogénea del producto, mediante un proceso termo mecánico durante un tiempo corto; esta tecnología permite mejorar o modificar propiedades funcionales como la solubilidad, formación de emulsión, la gelatinización en los alimentos, induce la formación de complejos entre lípidos y carbohidratos mejorando textura y características sensoriales; de igual forma es una tecnología que genera pocos residuos y su consumo de agua es mínimo. De esta manera se pretende obtener un complemento alimenticio extruido con las mejores características sensoriales y nutricionales, utilizando arroz de ñelen, pallar y algarroba en proporciones adecuadas.

Por lo expuesto se plantea los siguientes objetivos: Evaluar de los porcentajes adecuados de arroz ñelen, pallar y algarroba en la formulación de un complemento alimenticio extruido, Caracterizar físicoquímicamente las materias primas como el ñelen, pallar y algarroba, Determinar parámetros tecnológicos del proceso de elaboración, Determinar

el mejor tratamiento a través de la evaluación químico proximal y sensorial y  
Caracterizar fisicoquímicamente al mejor tratamiento para obtener un complemento  
alimenticio extruido.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Barallat (2017), en su investigación “Harinas extruidas en la industria alimentaria”, menciona que la extrusión es un proceso complejo multivariable que requiere un minucioso control en los parámetros que influyen en el proceso, gracias al cual la industria alimentaria puede garantizar una mayor aceptabilidad de los alimentos en la población diana.

La aplicación del proceso de extrusión a las harinas de cereales y legumbres induce los siguientes cambios y/o modificaciones:

- ❖ El proceso de extrusión modifica la textura del alimento. Se debe controlar la humedad (<15%) y el contenido graso (<5%) para conseguir una textura agradable y una mayor estabilidad por parte del consumidor.
- ❖ Con la extrusión se mejora la digestibilidad del almidón (hidrólisis y gelatinización) y de las proteínas (desnaturalización). La lisina es el aminoácido que sufre mayores reducciones, por ser el más reactivo en la reacción de Maillard y es sensible a la humedad. La suplementación de las harinas con alimentos como legumbres y frutos secos, incrementa la disponibilidad de este aminoácido.



- ❖ La extrusión induce cierta pérdida de vitaminas, especialmente de la tiamina. Sin embargo, se podría contrarrestar incorporando en la formulación alimentos ricos en tiamina (pistachos, avellanas, judías blancas, etc.).
- ❖ El empleo de altas temperaturas disminuye el contenido en algunos compuestos indeseables y/o tóxicos (antinutrientes y micotoxinas). El uso de ciertos aditivos como el metabisulfito de sodio potencia el efecto de la extrusión sobre las micotoxinas, especialmente las fumomisininas y aflatoxinas.

Todo ello hace que del proceso de extrusión sea una técnica fundamental y beneficiosa para la industria alimentaria en todos los aspectos, tanto nutricionalmente como sensorialmente.

Aylas (2017), en su investigación “Desarrollo de una mezcla alimenticia en polvo de balanceado valor proteico y libre de gluten, a base de cereales y leguminosas”, desarrolló una mezcla alimenticia en polvo para complementar el requerimiento proteico de personas mayores de 11 años que deben eliminar el gluten y/o la leche de vaca de su alimentación; a través de la combinación de harinas extruidas de arroz, quinoa y lupino dulce con la adición de grasa vegetal en polvo y micronutrientes. El porcentaje de cada harina en la mezcla se determinó mediante la optimización por programación lineal; la mezcla debía alcanzar un contenido de proteína mayor al 15%, una composición de aminoácidos esenciales numéricamente semejante al patrón de la FAO/OMS y ser de menor costo posible.

La combinación de harinas quedó conformada por 31,35% de arroz, 6,96% de quinoa y 61,69% de lupino dulce. La mezcla alimenticia final fue formulada con un 87% de la

combinación de harinas, un 12% de grasa vegetal y 1% de micronutrientes (vitaminas y minerales). La caracterización microbiológica de la mezcla alimenticia final indicó ausencia de microorganismos patógenos, el análisis proximal indicó un aporte de 27% de proteína. El cómputo químico se obtuvo de comparar el perfil de aminoácidos esenciales cuantificados por HPLC con los requerimientos establecidos por la FAO/OMS, siendo este de 16% que corresponde a los aminoácidos sulfurados (Metionina + Cisteína). Para conocer la aceptabilidad de la mezcla alimenticia con el grupo objetivo, se realizó un estudio exploratorio de consumo en 31 hogares, los resultados indicaron una aceptabilidad de 5,7 (81%) medido en una escala de 7 puntos, la intención de compra positiva alcanzó un 62%, siendo los supermercados el lugar preferido para adquirir el producto. El aporte de proteínas encontrado supera al de otros productos de características similares disponibles en el mercado, logrando complementar un 18,5% del requerimiento diario de proteínas para personas mayores de 11 años.

Rodríguez, Crovetto, González, Morant y Santibáñez (2011), en su investigación “Consumo de suplementos nutricionales en gimnasios, perfil del consumidor y características de su uso, mencionan que la gran oferta de suplementos nutricionales (SN) dispuestos en el mercado”, ha llevado a que el uso de estos productos no sea adquirido únicamente por deportistas, sino que por parte importante de la población relacionada con la actividad física. El objetivo de este estudio es conocer las características de los consumidores de SN, evaluando su consumo en 314 usuarios (198 hombres y 116 mujeres) de 6 gimnasios de la ciudad de Viña del Mar. Los resultados

revelan que más de la mitad de los usuarios consumen SN (54,5%). De los hombres consumidores, un 69,4% lo realiza para aumentar masa muscular, mientras que el total de las mujeres, un 62,2% lo utiliza para disminuir grasa corporal. Los cinco tipos de SN más consumidos en relación a su composición de nutrientes y otras fuentes fueron: proteínas (55,6%), aminoácidos (25,9%), vitaminas y minerales (25,1%), sustitutivos de comida (6,4%), cafeína (6,4%) y L- carnitina (6,4%). El perfil del consumidor, está representado por individuos jóvenes, de sexo masculino, los que siguen una dieta especial de alimentación, con largo tiempo de práctica en gimnasio y que se ejercitan varios días y horas a la semana. Gran parte de los consumidores no presentó una adecuada asociación entre el SN utilizado y el objetivo de consumo de estos suplementos (p. 164).

Salgar (2011), en su investigación Propuesta de un producto alimenticio complementario excelente fuente de proteína, para niños menores de dos años, desarrollado mediante conservación por calor y vacío, indica que desarrollar un producto alimenticio complementario, mediante conservación por calor y vacío fuente de proteína animal, se pueda producir de manera semi industrial, adecuado para dos etapas de la alimentación complementaria de niños entre 8 y 24 meses de edad, y que se ajuste a la normatividad nacional e internacional vigente. El producto debía responder a las necesidades nutricionales y habilidades motoras de niños en las etapas de alimentación complementaria 8-11 meses y 12-24 meses, también dice que los productos A y B hacen una contribución importante a la ingesta diaria recomendada

para niños colombianos de 8 a 24 meses, de proteína, hierro, vitamina A y vitamina C y también, aunque en menos cantidad, de zinc (p. 29).

## **2.2 Base Teórica**

### **2.2.1 Extrusión**

La extrusión es un proceso que combina una serie de operaciones unitarias sucesivas como: mezclado, amasado, ruptura por cizalla, transporte, calentamiento, enfriamiento, moldeado, secado parcial e inflado dependiendo del alimento y del equipo empleado. Además, el producto mejora la calidad preparado en tiempos cortos de cocción, así mismo tiene una menor destrucción de los nutrientes sensibles al calor (Guy, 2009). Por su parte Schmiele (2009), menciona que el proceso de extrusión combina operaciones unitarias tales como: mezcla, acondicionamiento, transporte, homogenización, cocción, eliminación de humedad, desgasificación, estabilización enzimática, texturización, pasteurización, esterilización los cuales generan productos de alta calidad.

La cocción por extrusión ha sido definida, como un proceso de humidificación, expansión de almidones y/o proteínas, con la combinación de humedad, presión, calor y fricción mecánica, que provoca la elevación de la temperatura de la masa, dando como resultado la gelatinización de los almidones y la expansión exotérmica.

Durante la extrusión en caliente las mezclas con alto contenido de almidón a elevadas temperaturas y a intensas fuerzas de cizalla, provoca el hinchamiento y absorción de

agua de los gránulos de almidón en un 16%, proceso que se denomina gelatinización. Por lo tanto, su estructura macromolecular se expande dando lugar a una masa viscosa, plástica y más soluble (Fernández, 2010).

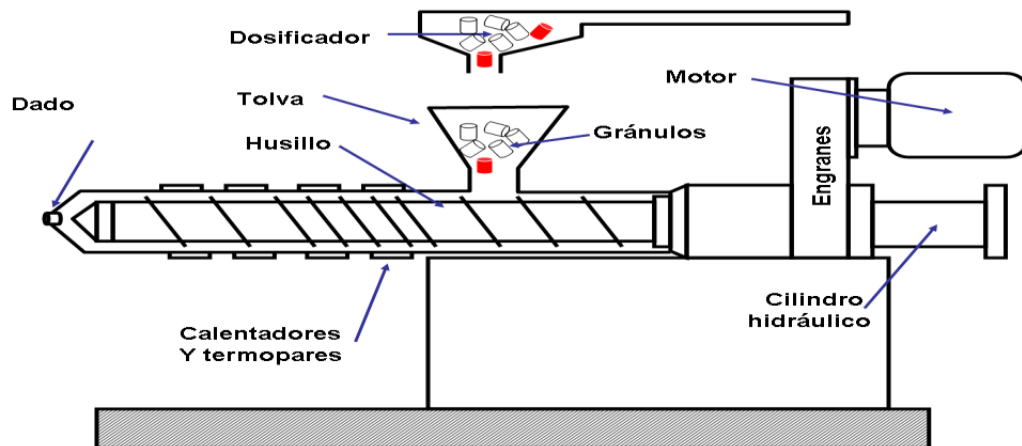


Figura 1 Diseño genérico de un extrusor de tornillo simple, Recuperado de Fernández (2010)

Es importante que las materias primas tengan un adecuado grado de hidrólisis para maximizar la expansión del producto final. Una buena cocción durante la extrusión está definida por la combinación de temperatura, tiempo de residencia y contenido de humedad, entre otros.

En términos físicos, la extrusión es un tratamiento termo-mecánico, en el cual los biopolímeros como la proteína y almidón se hacen plásticos, en primer lugar, por la adición de agua para obtener un grado de corte mecánico aceptable. De esta manera, el alimento puede alcanzar características de calidad totalmente diferentes a las de las materias primas originales (Pérez, 2012).

El sistema de alimentación debe ser constante sin interrupción pues es fundamental para el correcto funcionamiento del extrusor así mismo para que obtener productos extruidos homogéneos. El tornillo es una de las partes más importantes del sistema ya que esta se encarga de dar el cocimiento es decir la gelatinización del almidón lo cual tienen que ver con la calidad del producto final. La caja de la extrusora donde el tornillo gira tiene ranuras internas para mejorar el grado de cocimiento del material a procesar estas pudiendo ser paralelas o en forma de espiral. Las ranuras en forma de espiral aumentan el grado de gelatinización de material. La cocción o cizallamiento es altamente influenciado por la proporción de la longitud y el diámetro del cilindro. ( $L/D$  – longitud/diámetro). Para cilindros  $L/D$  menor que 10 ocurre una alta cocción, característica deseada en los productos extruidos ya que requiere menor tiempo de residencia de material (Fellows, 2000).

Se combinan operaciones unitarias en el proceso de extrusión tales como mezcla, acondicionamiento, transporte, homogenización, cocción, eliminación de humedad, desgasificación, estabilización enzimática, texturización, pasteurización esterilización los cuales generan productos de alta calidad (Schmiele, 2009).

#### **2.2.1.1 Factores que influyen en la extrusión**

Los parámetros de extrusión que influyen sobre los productos extruidos son: las condiciones de operación del extrusor (temperatura, presión, diámetro de los orificios de la boquilla y la velocidad de tornillo) y las propiedades físicas químicas (humedad,

proteína, grasa y almidón), de las materias primas e insumos. El funcionamiento del extrusor debe ser en condiciones adecuadas, esto permite la obtención de un producto uniforme con las características deseadas. Ya que pequeñas variaciones de las variables pueden generar grandes cambios en el producto terminado (Larrea, Chang y Bustos, 2005).

#### **2.2.1.1.1 Condiciones de operación que influyen en la extrusión**

##### **Temperatura**

La temperatura de extrusión en caliente varía de 99°C a 200°C, según el tipo de extrusor. Por lo tanto, los extrusores de menor capacidad de alimentación, tiene una relación directa con la temperatura del producto. Por otra parte, los extrusores de grandes capacidades pueden ser inversos, pues al calentar la pared, disminuye la viscosidad de la masa, el esfuerzo cortante y la capacidad de bombeo del tornillo, en tanto que la conducción de calor al interior de la masa es muy pequeña por la presencia de flujos laminares (Huber, 2010).

##### **Velocidad de tornillo**

La velocidad del tornillo es un factor principal en el proceso de extrusión, ya que afecta el tiempo de residencia del producto, la cantidad de calor generado por fricción, las velocidades de transmisión de calor y las fuerzas de cizalladura en el producto. El incremento en la velocidad del tornillo causa también un incremento en la relación de expansión para extruidos (Martínez, 2012).

## **Presión**

En el proceso de extrusión las presiones altas generan pérdida de agua por vaporización, obteniendo un producto con baja actividad de agua, por lo tanto, más duradero. Por el contrario, si se trabaja con baja presión, el producto que sale del troquel será de alto contenido en humedad y alta densidad, sin embargo, precisará otros tratamientos como el secado (Huber, 2010).

## **Diámetro de orificio**

La extrusión a menor diámetro de orificio de los dados, incrementa el grado de expansión del producto; la humedad de la mezcla es importante para la crujencia o textura, el incremento del contenido de proteína en la mezcla reduce las posibilidades de una extrusión con expansión (Cadena, 2010).

### **2.2.1.1.2 Propiedades fisicoquímicas de la materia prima**

Las propiedades físico - químicas de las materias primas que alimentan al extrusor tienen influencia en las características organolépticas del producto final. Las características físico-químicas más importantes son:

## **El almidón**

El almidón es el componente más importante en el proceso de extrusión, ya que los cambios que sufre afectan a la expansión y textura del producto extruido. Debido a que el almidón es una macromolécula compuesta de dos polisacáridos, la amilosa, un polímero lineal soluble que ofrece una textura quebradiza y la amilopectina molécula



de almidón que contiene ramificaciones y promueve el inflado en el producto extruido (Kent, 2013).

El almidón, a niveles de 60% maximiza la expansión, textura y mejora la digestibilidad de la proteína del producto extruido. Y a niveles menores del 60 % afectan la característica física química y organoléptica del producto. Por otra parte, para obtener un producto inflado y quebradizo, es conveniente tener de 5 a 20 % de amilasa. Sin embargo, también se agrega almidones modificados, a fin de dar mayor resistencia y dureza a la superficie del producto.

De esta manera, la extrusión es un proceso, que puede provocar modificaciones en la estructura del almidón, en consecuencia, se puede mejorar el valor nutritivo de los productos extruidos, ya que existe la actividad enzimática (Pérez, 2012).

### **Proteínas**

La extrusión de productos con elevado contenido proteico se realiza generalmente para controlar los inhibidores del crecimiento, que están contenidos en las materias primas. Por otra parte, estos procesos consiguen por un lado el mínimo contenido en factores antitripsicos y por otro la máxima lisina disponible en el producto. Debido a que la lisina es un aminoácido muy reactivo y el proceso que sea menos agresivo será el mejor desde el punto de vista nutritivo las proteínas, crean elasticidad limitando así la expansión del producto extruido. Se debe controlar la temperatura del tratamiento térmico para disminuir el porcentaje de pérdida de nutrientes y la desnaturalización de la proteína durante la extrusión (García, 2012).

La extrusión produce la separación de las cadenas proteicas vegetales. Debido a que las moléculas se alinean a largo de la matriz. Además, el bajo porcentaje de almidón en la cocción por extrusión reduce la solubilidad de la proteína cuando la temperatura aumenta. Por lo que se debe controlar las altas temperaturas en el proceso de extrusión para evitar un exceso de pérdida de proteínas en el producto (Ponce, 2010).

### **Grasas**

La grasa actúa como un lubricante, reduciendo así la conversión mecánica de energía en el extrusor, así como su expansión. Sin embargo, es importante controlar el nivel de grasas, en algunos casos, una pequeña variación de grasa puede afectar drásticamente el producto. La grasa también puede debilitar la estructura celular, causando fusión y porosidad (Fernández, 2010).

Los aceites que contienen los cereales y las leguminosas, al ser extruido sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa al ser recubiertas por los almidones y proteínas, quedando la grasa encapsulada. Para realizar la determinación correctamente es necesario emplear el método de hidrólisis ácida y extracción posterior, puesto que con el método de Extracto Etéreo no se consiguen los resultados que corresponden en realidad al producto (Fernández, 2010).

La grasa al ser emulsionada es más digerible por los jugos digestivos de los animales, aumentando por tanto la energía del producto. Generalmente las lipasas y peroxidasas son inactivadas durante el proceso de extrusión en condiciones normales, mejorando la estabilidad posterior del producto.

## **Azúcares**

Los azúcares, se licúan y actúan como lubricantes, reduciendo la conversión mecánica de energía y grado de expansión del producto extruido. También los porcentajes altos de azúcar en el proceso de extrusión requieren de mayor tiempo de residencia para su cocción. Cuando los niveles son altos, la reducción de la actividad del agua en el extrusor de tornillo sinfín puede ocasionar un incremento en la viscosidad. El azúcar, generalmente, coadyuva a crear una estructura celular más suave y más fina (Fernández, 2010).

## **Vitaminas**

Cada vitamina tiene sus propias características de estabilidad durante los procesos térmicos. Los efectos en la estabilidad en las vitaminas durante la extrusión son complicados debido a la acción de la humedad, fricción, altas temperaturas y presiones. Las vitaminas liposolubles A, D y E, en general, son razonablemente estables durante la extrusión. El nivel de humedad del producto durante la extrusión tiene el mayor efecto sobre la retención de vitaminas. Como norma general, el alto nivel de humedad en el proceso da más vitaminas retenidas. Las vitaminas hidrosolubles, como la vitamina C o del grupo B, pueden perder estabilidad durante la extrusión. La extrusión húmeda produce una pérdida de vitamina C y tiamina (Martel, 2011).

## **Contenido de humedad**

El porcentaje de humedad en la masa afecta significativamente la viscosidad aparente, la expansión y la resistencia a la rotura del producto extruido. El mayor contenido de

humedad y las temperaturas elevadas causan la gelatinización del almidón y aumenta la viscosidad del producto. Además, se alcanza índices de absorción y de solubilidad de agua, a los niveles más bajos de humedad, hecho que se atribuye a la modificación del almidón (Guy, 2009).

La cocción por extrusión es una forma especializada, y única en el procesado de materiales amiláceos debido a que se trata de una cocción a relativamente de bajos niveles de humedad, comparado con el horneado convencional o la cocción de masas y pastas. Los niveles normales de humedad utilizados están en el intervalo de 10-40%, a pesar de estos bajos valores de humedad el material se transforma en un fluido (Túpaca, 2012).

Salas (2012), menciona que el contenido de humedad mayor al 40% en la mezcla afecta, la expansión, la resistencia a la rotura del producto y la textura. Una menor humedad del producto después del extrusor da como resultado una mejor crujencia, además, a menor humedad después de la extrusión, se requiere menor tiempo de secado posterior.

### **Tamaño de la partícula**

El tamaño de la partícula depende del tipo de extrusor y del producto que se desea obtener. El tamaño óptimo de las partículas en la extrusión no es estándar, depende de la configuración del equipo y de la materia prima; por ello es necesario conocer el diseño del extrusor previo al acondicionamiento de las materias primas, ya que el tamaño de partícula del producto a extruir es relevante para el procesamiento y es preferible trabajar con tamaños gruesos (debido a que retrasan la gelatinización hasta justo antes

de salir del dado), siendo no recomendable trabajar con harinas o partículas muy pequeñas ya que éstas se funden rápidamente y no favorecen el transporte del material al interior del extrusor (Túpaca, 2012).

El extrusor usado en la investigación, no permite trabajar con harinas muy finas debido a que causan problemas en la zona de alimentación, ni con partículas muy gruesas ya que posee un dado con abertura de salida de diámetro aproximado de 3 mm; partículas superiores a éste provocarían la obstrucción del mismo y retarda la gelatinización hasta antes de la descarga del dado de salida. Las partículas finas dan una pronta gelatinización y una baja viscosidad del fluido, propiedades que no son convenientes. Esto se corrige reduciendo la humedad para demorar la gelatinización (Túpaca, 2012).

La presencia de cascara da como resultado una masa no homogénea que se pega a los orificios hasta que la presión en la cámara de extrusión se asemeja a un flujo taponado. Afecta también a la cocción, pues resulta insuficiente la penetración de calor en las partículas grandes durante el corto tiempo de permanencia en el extrusor (Salas, 2012).

### **Formulación de la mezcla**

El sabor, color, funcionalidad, valor nutricional, etc. Depende de la formulación específica empleada en el proceso de extrusión. Almidones de distinta procedencia pueden dar resultados muy diferentes.

#### **2.2.1.1.3 Propiedades organolépticas que influyen en la extrusión**

Gran parte de los compuestos volátiles se pierden en la atmosfera. Sin embargo, a la salida del troquel, la masa a elevada presión se expande lo que supone una salida de

gases y vapor de agua que puede arrastrar compuestos aromáticos que se hayan concentrado en las vacuolas de gas por efecto de la presión y temperatura. Las pérdidas son importantes, por lo que se añaden colorantes y saborizantes después de la extrusión. Es posible controlar el desarrollo del aroma y color de los productos extruidos mediante un control estricto de las condiciones de proceso (Narvaez, 2010).

El cambio en las propiedades organolépticas del alimento viene dado por el tipo de extrusión que se lleva a cabo. Aplicando altas temperaturas el producto perderá más cantidad de agua, con lo que se obtendrán productos con menor humedad y, por lo tanto, con más vida útil. Por el contrario, trabajando en frío se obtendrán productos con más actividad de agua, pero con una menor pérdida de cualidades (Túpaca, 2012).

#### **2.2.1.2 Efectos y cambios químicos en la materia prima durante el proceso de extrusión**

Durante el proceso de extrusión, el material sólido con baja humedad se transforma en un fluido de alta viscosidad. Como en el caso de las harinas durante el proceso se destaca los cambios en la estructura y composición inicial del endospermo, degradación térmica, polimerización de fragmentos y la complejidad de las moléculas. Sin embargo, algunas sustancias no sufren ninguna degradación y permanecen como partículas dentro de la fase dispersa (Lassa, 2008).

Los cambios que experimenta el alimento al pasar a través del extrusor involucran toda su estructura interna y externa, de modo que, si hablamos de los cambios que afectan

internamente, podríamos decir que desnaturaliza a las proteínas volviéndolas más digeribles y si hablamos de los cambios que sufre de manera externa la expansión sería el principal cambio (Lázaro y Sotelo, 2017).

#### **2.2.1.2.1 Carbohidratos**

Durante el proceso de extrusión ocurre la gelatinización parcial o total de las partículas de almidones en presencia de agua, calor y tiempo de retención dentro del extrusor. Varía de acuerdo a la granulometría ya que a partículas menores ocurre una mayor absorción de agua por tanto resulta productos de diferentes grados de cocción (Ferreira, Ramírez y Piler, 2014). El almidón sufre cambios ya que en el proceso sufre el hinchamiento de los gránulos, la pérdida de la cristalinidad y Birrefringencia resultando la disminución de la viscosidad y la solubilización de la amilosa (Schmiele, 2009).

La gelatinización de almidón ocurre en cantidades reducidas de agua (Aprox. 12-22%) en relación con otros procesos convencionales de cocimiento. Existen varias propiedades en productos extruidos que podemos analizar y controlar tales como IAA (Índice de absorción de agua), ISA (índice de solubilidad en agua), IE (índice de expansión), viscosidad de pasta y propiedades de textura (Lázaro y Sotelo, 2017).

El contenido de la amilosa y amilopectina también influyen sobre todo en el índice de expansión en función de la temperatura utilizada así la amilosa necesita temperaturas próximas a 225C° para la máxima expansión y en cuando a la amilopectina es a 135C° ambos con aproximadamente 14 % de humedad. A mayor concentración de amilopectina resultan extruidos con células menores en la estructura y menor densidad

especifica en cuanto a los valores altos de amilosa resultan con menores índices de expansión, mayor dureza y mayor resistencia a la absorción de agua (Schmiele, 2009).

#### **2.2.1.2.2 Fibras**

Las condiciones de extrusión no afectan las cantidades de fibra total presente en la materia prima, pero si la fracción soluble aumenta (Túpaca, 2012).

#### **2.2.1.2.3 Lípidos**

Los productos con alto contenido en grasas no son procesados en el extrusor, pero si en presencia de cantidades menores que 3% que no afecta la expansión del producto, pero si se usa en cantidades mayores que 5% produce una reducción de la expansión. (Lázaro y Sotelo, 2017).

El tipo de almidón y lípido presente en la materia prima influencia en el proceso de formación del complejo amilosa-lípido, siendo los ácidos grasos libres y monosacáridos los más propensos a la formación del complejo en relación a los triglicéridos (Reyes *et. al.*, 2003).

Al analizar diferentes granulometrías del grano de maíz, Sémola M80 y Grits de Maíz, reportaron un contenido grasas de 0.7 % y 4.1 % respectivamente, con lo cual concluyeron que el tamaño de la partícula y sobre todo la parte del grano, de donde provenga influyen en el contenido de grasa que tiene la muestra, y este afecta al proceso de extrusión al actuar como lubricante entre las partículas alimentadas y el tornillo del extrusor (Guy, 2001).



#### **2.2.1.2.4 Proteínas**

Las proteínas son biopolímeros que contienen grandes números de agrupaciones químicas en relación a los polisacáridos por tanto son más reactivos y sufren diversas alteraciones durante el proceso de extrusión siendo lo más importante la desnaturalización (Guy, 2002).

La mayoría de las enzimas pierden su actividad después de ser sometidas al proceso de extrusión debido a altas temperaturas en la cocción. Ya que ocurre la ruptura de la matriz proteica y la liberación de proteínas, las interacciones hidrofóbicas y electrostáticas favorecen a la formación de agregados insolubles los cuales favorecen a la textura de los extruidos, los productos con alto contenido en proteínas siendo procesadas a altas temperaturas favorecen a la reacción de Maillard (Ramos, 2002).

#### **2.2.1.2.5 Vitaminas y minerales**

Las vitaminas siendo el componente más sensible a tratamientos térmicos y por tanto sufren degradación, dentro de las vitaminas liposolubles, las vitaminas D y K son más estables sin embargo las vitaminas A y E (están presentes en carotenoides y tocoferoles) presentan menor estabilidad térmica en presencia del oxígeno (Lázaro y Sotelo, 2017).

Por ser un proceso HTST las vitaminas se pierden durante el proceso. Así las vitaminas hidrosolubles son más susceptibles a la degradación térmica como por ejemplo la tiamina (vitamina o complejo B) teniendo una pérdida entre el 5-100%. Otras vitaminas como el caso de la Riboflavina y niacina sufren alteraciones, así como la vitamina C altamente sensible al calor pierde su valor (Schmiele, 2009).

En un estudio realizado a harinas de maíz y garbanzo extruido se encontraron que las muestras presentan un contenido de cenizas del 2.01 % y 3.13% respectivamente y la mezcla optimizada (50 % de Harina de Maíz y 50 % Harina de Garbanzo) de ambos obtuvo un porcentaje de 3.09 % (Gutiérrez *et. al.*, 2008).

### **2.2.1.3 Calidad nutricional de los extruidos**

Las pérdidas de las propiedades nutricionales en los alimentos extruidos dependen del tipo de materia prima, contenido en agua, tiempo y la temperatura en el proceso, sin embargo, las condiciones de la extrusión con cocción y el enfriamiento rápido del producto a la salida de la boquilla, hacen que la disminución de vitaminas y aminoácidos esenciales sean relativamente pequeñas (Fernández, 2010).

#### **2.2.1.3.1 Desnaturalización de las proteínas**

La alteración de una proteína que modifique su conformación nativa se denomina desnaturalización; este cambio provoca la alteración o desaparición de sus funciones. En una proteína se produce la desnaturalización al perder su estructura secundaria, terciaria y cuaternaria, conservándose la primaria (covalente). En el estado desnaturalizado los niveles de estructuración superior de la conformación nativa se encuentran al azar, es decir la proteína altamente ordenada queda reducida a un polímero estadístico formado por una cadena de aminoácidos. La existencia de enlaces disulfuros en una proteína aumenta su resistencia a la desnaturalización (Huber, 2010).

#### **2.2.1.3.2 La gelatinización del almidón**

La gelatinización del almidón es el colapso o ruptura del orden molecular del granulo de almidón manifestando cambio “irreversible” en las propiedades como hinchamiento granular, fusión de las regiones cristalinas, perdida de birrefringencia y solubilización del almidón en agua. El punto inicial de gelatinización y el rango de temperatura en la cual ocurre es gobernado por la concentración del almidón en la suspensión, método de observación, tipo granular y la heterogeneidad de la población de gránulos bajo observación (Fernández, 2010).

A continuación, se indican los puntos críticos del proceso de gelatinización:

- Rompimiento del orden molecular.
- Es dependiente de la humedad y temperatura.
- Se incrementa el tamaño granular, sufre un hinchamiento con el incremento de temperatura.
- Difiere con respecto a la velocidad de calentamiento, el pH y porción de sólidos.
- Difiere con respecto a la fuente botánica del granulo y la porción de amilosa y amilopectina.

#### **2.2.1.4 Ventajas del proceso de extrusión**

Según Guy (2001) y Fellow (2000), las mayores ventajas de proceso se extrusión en la industria son:

## **Versatilidad**

Dentro de los factores que contribuyen a la versatilidad del proceso de extrusión se puede mencionar los diseños específicos del extrusor, las variables de operación, la variedad de materias primas que se pueden procesar y las diferentes características que pueden obtenerse en los productos terminados (formas, colores, sabores, texturas).

## **Costo**

Bajo costo de producción comparado con una alta productividad.

## **Productividad**

Proceso continuo con alto rendimiento y totalmente automatizado.

## **Proceso "amigo" de la naturaleza**

El proceso no produce efluentes, reduciendo costos y evitando la contaminación ambiental.

## **Calidad de producto**

Por ser considerado como un proceso HTST (alta temperatura a corto tiempo) preserva los componentes sensibles a altas temperaturas, aumenta la digestibilidad de proteínas y almidones, también puede inactivar factores anti nutricionales (ejemplo inhibidores de la tripsina), enzimas (lipasa y la lipoxinasa) y microorganismos.

## **Velocidad de producción**

La naturaleza de los diferentes tipos de extrusores que actualmente son usados a nivel mundial implica que la extrusión sea un proceso continuo, que a su vez fomenta altas producciones en comparación con algunos otros procesos. La capacidad de los equipos de extrusión varía desde equipos a escala de laboratorio (1 a 5 kg/h) hasta extrusores que pueden producir 5 a 10 ton/h de materiales poco densos (0.5 a 0.7 g/cm<sup>3</sup>) y dado que son equipos continuos, se tiene un buen control del proceso y se obtienen productos uniformes (Huber, 2010).

### **2.2.1.5 Tipos de extrusores**

Los extrusores se clasifican según su funcionamiento en caliente o en frío y según su construcción son de tornillo simple o tornillos gemelos (tornillos idénticos paralelos que rotan en el mismo sentido en dirección opuesta).

#### **2.2.1.5.1 Extrusores en caliente**

En estos extrusores el alimento se calienta por contacto con las paredes del cilindro o barril que rodea al tornillo del extrusor y/o por contacto con el tornillo del extrusor calentando internamente por la dicción directa de vapor de agua. En los extrusores en caliente es posible utilizar materias primas con elevado contenido en grasa, como por ejemplo para el procesado de habas de soja, puesto que el propio aceite lubrica el paso por la matriz. Este procedimiento de extrusión en seco tiene el inconveniente de alcanzar

temperaturas muy elevadas, a diferencia del proceso en húmedo, con lo que disminuye la lisina disponible (Huber, 2010).

#### **2.2.1.5.2 Extrusores en frío**

En este tipo de extrusores el alimento se extruye en tiras sin cocción ni expansión. En estas máquinas la materia prima está sometida a la mínima fricción de los tornillos: los que a su vez rotan en un tubo de superficie interna lisa (Cadena, 2010).

#### **2.2.1.5.3 Extrusores de tornillo único**

Estos extrusores se clasifican de acuerdo con la intensidad de la fuerza de cizalla que ejercen. Por lo cual se consideran de elevada, moderna y baja fuerza de cizalla. Este tipo de extrusores no funcionan adecuadamente para mezclas que tengan una humedad mayor al 40% y grasa mayor al 10% en su composición físico química (Guy, 2009).

#### **2.2.1.5.4 Extrusores de tornillo doble**

Este tipo de extrusores se clasifican de acuerdo con su sentido de rotación y por la forma en que los tornillos giran entre sí. Los extrusores más utilizados en la industria alimentaria son los de tornillo cortante debido a que el movimiento de rotación impulsa el material a través del extrusor.

Cuenta con dos tornillos enlazados que pueden girar en sentido contrario o en el mismo sentido, eficaces para una gran gama de productos y distintas humedades, son más costosos, pero con mayor versatilidad (Remache, 2016).

#### **2.2.1.6 Caracterización de los productos extruidos**

Los métodos incluyen determinaciones físicas, grado de gelatinización del almidón ó grado de cocción, desnaturalización de proteínas, inactivación de enzimas y modificación de lípidos.

La evaluación nutricional y la aceptabilidad del producto involucran determinaciones de cambios en la digestibilidad, calidad de la proteína, contenido de vitaminas y la evaluación organoléptica

##### **2.2.1.6.1 Pruebas físicas**

Entre éstas tenemos:

##### **La expansión**

Que es expresada como una relación entre el área de la sección transversal del producto moldeado en forma de tubo y el área de orificio de salida del dado.

##### **Índice de Absorción de agua (WAI)**

Es el peso del gel obtenido por gramo de muestra seca; fue originalmente desarrollado como una medida de la energía de esponjamiento ó hinchamiento del almidón (Linko, Colonna y Mercier, 1981).

Durante la extrusión en caliente de los alimentos almidonosos, su humedad se incrementa por adición de agua y el almidón es sometido a elevadas temperaturas y a intensas fuerzas de cizalla.

Como consecuencia de ello los gránulos de almidón se hinchan, absorben agua y se gelatinizan, dando como consecuencia una masa viscosa y plástica. Este cambio en la estructura macromolecular hace que el almidón, sin apenas degradarse, se torne más soluble.

Los cambios que se producen en su solubilidad a diferentes condiciones de temperatura é intensidad de fuerza de cizalla se miden mediante el Índice de absorción de agua.

### **Índice de solubilidad en agua (WSI)**

Expresado como un porcentaje de los sólidos secos originales, es la cantidad de materia seca recuperada después de evaporar el supernadante de la determinación de la absorción de agua. El WSI es una medida de la dextrinización (Linko, Colonna y Mercier, 1981).

### **Textura.**

La textura de los extruidos que es de difícil medición. Mercier y Feillet (1975) citados por (Linko, Colonna y Mercier, 1981) determinaron la consistencia al rompimiento de los extruidos y lo expresan en  $\text{KJ/m}^2$  para detectar la diferencia en la fragilidad y rigidez de dichos productos.

#### **2.2.1.6.2 Metodología para cuantificar la modificación del almidón**

El Índice de gelatinización del almidón es un indicativo del grado de digestión que tendrá el alimento una vez consumido.



La susceptibilidad del almidón a la hidrólisis enzimática por amilasa de *Bacillus subtilis*, por a amilasa pancreática, por bamilasa o por glucoamilasa han sido frecuentemente usados para ilustrar el grado de modificación del almidón (Linko, Colonna y Mercier, 1981).

#### **2.2.1.6.3 Metodología para cuantificar la modificación de la proteína**

El índice de solubilidad de nitrógeno (NSI) es una medida de cuanto de proteína es desnaturalizada. El NSI fue originalmente desarrollado para productos de soya con un contenido mucho más alto de proteínas que los cereales base de los extruidos. Un índice de 100, significa que toda la proteína ha sido desnaturalizada. Para elaborar similares de carne el NSI deberá ser preferible de 90 y no menos de 60.

El valor nutritivo de la proteína ha sido generalmente expresado por la digestibilidad y por el valor biológico. El valor nutritivo es determinado mediante la tasa de crecimiento de animales experimentales, usualmente ratas y es expresado como la relación de eficiencia proteica (Protein Efficiency Ratio) o PER (Linko, Colonna y Mercier, 1981).

### **2.2.2 Pallar**

#### **2.2.2.1 Generalidades del pallar**

El pallar, cuyo nombre científico es *Phaseolus lunatus*, es una leguminosa de gran importancia por su agradable sabor y sus características culinarias de cáscara delgada, de fácil y rápida cocción y sumado a su alto valor nutritivo lo convierte en un producto único de la región, y a nivel Nacional e Internacional como uno de los alimentos nativos

más completos que posee el Perú. Alcanza fácilmente una antigüedad de 2000 años, un hecho de mucha importancia es el descubrimiento de pallares de diferentes colores (rojo, negro, blanco y jaspeados o pintado) como parte del ajuar funerario en las tumbas Paracas y Nazca.

Es por estas razones en noviembre de 2007, INDECOPI da la denominación de origen al pallar de Ica, ya que actualmente el pallar es exportado a Japón, España y a los Estados Unidos (INDECOPI, 2011).

#### **2.2.2.2 Taxonomía**

La Taxonomía del pallar según Veli, (1999).

Orden : Fabales

Familia : Fabaceae

Subfamilia : Papilionaceae

Tribu : Phaseoleae

Sub- Tribu : Phaseolinae

Género : Phaseolus

Especie : Phaseolus lunatus

Clasificación del pallar de acuerdo a sus variedades (Baudet, 1977):

- P. lunatus L. Var. Silvestre, para la forma silvestre

- *P. lunatus* L. Var. *Lunatus*, para la forma cultivada con tres cultigrupos.

Cv-gr Big Lima

Cv-gr Sieva. Grano pequeño de forma arriñonada

Cv-gr Patato. Grano pequeño de forma redonda

### **2.2.2.3 Morfología**

El pallar posee una raíz pivotante con abundantes raíces secundarias, 85% de las cuales se ubican entre los 0.8 a 1.0 m de profundidad del suelo. Su tallo puede ser herbáceo o leñoso, delgado, trepador o recto según la variedad (rastrera o erecta). La longitud de tallo varía desde 0.5 m en variedades erectas hasta 4 m en variedades rastreras. Su hoja es trifoliada, compuesta, de pecíolo grande y de foliolos ovales o ligeramente acuminados, con o sin pubescencia según la variedad. Su flor es pequeña, cuyo color va de blanco a blanco verdoso en las alas y quillas amarillas, agrupadas en racimo. Su fruto es una vaina, cuya longitud es de 5-15 cm dependiendo de la variedad. En cada vaina hay de 3 a 5 granos rectos o curvados, y pueden o no presentar dehiscencia (Velásquez, 2007).

Su semilla es semicircular (subglobosa), con estrías radiales hacia los bordes y de color blanco a rojo, jaspeado en el paliar gigante.

Existen dos grupos de variedades: a) las decumbentes o rastreras, tienen crecimiento indeterminado con flores axilares. Requieren de veranos largos y un cultivo intensivo.

Sus granos son grandes, medianos o pequeños, dependiendo de la variedad. Su color también varía y puede ser blanco, coloreado o moteado. El pallar criollo es de largo período vegetativo (250-270) días, cuya floración se inicia a los 75-95 días después de la siembra; b) las variedades arbustivas o erectas son de crecimiento determinado, con flores terminales. Requieren de verano corto y un cultivo extensivo. Su grano puede ser grande a pequeño. Las variedades de pallar bebé son de corto período vegetativo (160 días, a los 36 días ya entra en floración).



Figura 2. Pallar (*Phaseolus lunatus*), recuperado de Laureano y Avellaneda (2018)

#### **2.2.2.4 Producción nacional de pallar**

El pallar es una importante leguminosa de grano para el Perú y para el Departamento de Ica, por las condiciones agroecológicas ideales para este cultivo; por ello, le aporta más del 95% de la producción nacional.

Los valles de la región Ica, reúnen condiciones agroecológicas apropiadas para cultivar el pallar en sus diferentes variedades, las de hábito de crecimiento indeterminado postrado o semi postrado o determinado; siendo una interesante alternativa económica para los productores, pues ahora más que antes, pueden colocar sus granos a mejores precios, ya que esta menestra es fuente importante de proteína vegetal; sin embargo, los rendimientos mantienen cifras bajas, que no superan los 2,000 kg en promedio, debido a un inadecuado manejo del suelo, del agua, de los nutrientes, de las plagas y enfermedades (Melgar, 2012).

Tabla 1. Pallar seco por región según variables productivas Marzo 2015/2016

Region	Superficie cosechada (ha)				Producción (t)				Rendimiento (kg/ha)		
	2015	2016	var. %	Part. % 2016	2015	2016	Var. %	Par. % 2016	2015	2016	Var.%
Nacional	20	102	407,5	100,0	58	182	216,2	100,0	2880	1794	-37.7
Amazonas	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Ancash	0	18	-	17,7	0	0	0		0	0	0
Apurimac	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Arequipa	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Ayacucho	0	2	-		0	0	0		0	0	0
Cajamarca	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Callao	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Cusco	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Huancavelica	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Huanuco	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Ica	20	80	297,5	78,3	58	148	157,1	81,3	2880	1863	-35.3
Junin	0	0	-		0	0	0		0	0	0
La Libertad	0	2			0	0	0		0	0 3,000	0
Lambayeque	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Lima	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Lima Metropolitana	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Loreto	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Madre de Dios	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Moquegua	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Pasco	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Piura	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Puno	0	0	-		0	0	0		0	0	0
San Martin	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Tacna	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Tumbes	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Ucayali	0	0	-		0	0	0		0	0	0

Nota. Minagri (2016)

#### 2.2.2.5 Composición química del pallar

El pallar tiene un alto porcentaje de almidón (56 a 60%) y de proteína (26%). El nivel de amilosa en el almidón de pallar es mayor (32,5%) que en cereales y tubérculos

almidones, y puede ser utilizado en preparación de productos procesados a altas temperaturas ya que mantiene la consistencia del producto durante el procesamiento (Betancur, 2001).

Tabla 2. Composición química del pallar (por 100 gramos de alimento)

Componente	Pallar seco
Energía (Kcal)	331
Agua (g)	11.6
Proteínas(g)	19.4
Grasas(g)	1.2
Carbohidratos totales(g)	59.4
Fibra cruda (g)	3.8
Cenizas (g)	5.4
Calcio (mg)	70
Fósforo (mg)	318
Tiamina (mg)	0.28
Riboflavina (mg)	0.28
Niacina (mg)	3.20

Nota MINSA (2017)

El contenido de amilosa del gránulo de almidón es determinante en las propiedades funcionales (viscosidad, capacidad de retención de agua, solubilidad, poder de

hinchamiento y gelatinización) que desarrolle y es un excelente material para modificar la textura de los alimentos (Miranda, Marrugo y., Montero *et. al.*, 2013).

Dentro del grupo de las leguminosas que poseen semillas comestibles, destaca el frijol lima (*Phaseolus lunatus*), debido a sus propiedades nutritivas: contenido de proteína cercana al 29%. Teniendo en cuenta lo anterior, la leguminosa *Phaseolus lunatus* puede considerarse como una opción para la elaboración de productos con alto contenido de proteína (González, Maldonado y Hernández, 2015; Borjórquez, 2013).

### **2.2.3 El arroz**

#### **2.2.3.1 Generalidades**

A lo largo de este siglo, el arroz se ha convertido gradualmente en un alimento de primera necesidad en los regímenes alimentarios de consumidores de América Latina tropical. El consumo per cápita de arroz en LAC fue de 10 kilogramos en los años 1920 y cerca de 30 kilogramos en los años noventa. En el año 2006, el arroz fue uno de los cereales más importantes para consumo humano en la mayoría de los países latinoamericanos tropicales y del Caribe (LAC) ya que suministra 15% de calorías y el 13% de proteínas. Debido a la importancia del arroz en los regímenes alimentarios de consumidores urbanos y rurales en los países de LAC, se encuentra entre los alimentos de primera necesidad que reciben una atención principal en políticas alimentarias, investigación y trabajo de extensión de cultivos (Lentini, 2006).



Por otro lado, el cultivo de arroz bajo condiciones inundadas es utilizado por muchas especies de aves acuáticas funcionando como una humedad artificial y brindando hábitat para alimento, refugio, descanso y/o reproducción en algunos casos (Blanco, López, Dias, Azpiroz y Rilla, 2006).

En el Perú, la influencia de la Cordillera de los Andes, la Corriente de Humboldt y el anticiclón Pacífico Sur, determinan las características climáticas de las distintas regiones geográficas. La región Costa es extremadamente seca, con precipitaciones anuales inferiores a 40 mm desde Chimbote hasta Tacna y de 400 mm en el extremo norte. En la Sierra, la latitud, la altitud, la presencia de vientos locales y el efecto pantalla de la cordillera dan lugar a diferentes condiciones climáticas. En general, las temperaturas decrecen al aumentar la altitud, mientras que la precipitación lo hace de norte a sur y de este a oeste. Durante la estación húmeda (diciembre-marzo), las precipitaciones más altas se dan en el norte y en el flanco este de la cordillera. Las temperaturas varían poco estacionalmente, siendo la oscilación térmica diaria (hasta 22°C en un mismo día, mucho mayor que la estacional. La Selva o Montaña presenta un clima tropical cálido y húmedo, con precipitaciones durante todo el año, aunque con mayor intensidad entre diciembre y enero, y con una oscilación térmica estacional muy pequeña (FAO, 2007).

El cultivo de arroz fue introducido en Perú por los españoles en la segunda mitad del siglo XVI, localizándose en los valles costeros del sur del país (FAO, 2007).

En Perú se han desarrollado en los últimos 30 años importantes proyectos hidráulicos de múltiples propósitos, especialmente en la costa, orientados al mejoramiento del riego y la ampliación de la frontera agrícola. El área bajo riego en los Distritos de Riego (DR)

era de 1.025.228 ha, de la cual la mayor parte se ubicaba en la Costa, donde dadas las condiciones climáticas, no se puede desarrollar una agricultura sin riego. Adicionalmente, existe una superficie de riego a pequeña escala, fundamentalmente en la vertiente occidental de la Sierra (cuenca media-alta), proveniente de corrientes superficiales, manantiales y lagunas, estimada en 170.000 ha. Actualmente, la superficie potencial de riego, considerando la aptitud de los suelos y los recursos climáticos, se estima en 1.200.000 ha (FAO, 2007).

#### **2.2.3.2 Taxonomía**

Según Aranda y Bocanegra (2018), la taxonomía del arroz es:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Genero	: Oryza
Especie	: Sativa

El arroz es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia de las gramíneas. Existen 19 especies, siendo el arroz común (*Oryza sativa* L.) la especie más importante para la alimentación humana. Su cultivo comenzó hace alrededor de 10,000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Se piensa que existieron varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (Rives, 2006).

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando su textura desde arenosa a arcillosa. Se acostumbra a cultivar en suelos de textura fina y media, que son propios del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. La textura del suelo desempeña un papel importante en el manejo del riego y los fertilizantes (Zhu *et. al.*, 2000).

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial; se considera el más importante del mundo por la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de personas que dependen de su cosecha. Constituye uno de los cereales más ampliamente cultivados en el mundo, con una producción promedio anual de aproximadamente 476 millones de toneladas métricas (FAO, 2004).

### **2.2.3.3 Estructura del grano de arroz**

#### **2.2.3.3.1 Corteza, pericarpio o salvado**

Es una vaina de color castaño. Contiene minerales, proteínas y fibras (Bolet, 2010).

#### **2.2.3.3.2 Germen**

Abundan las proteínas de alto valor biológico, contiene las grasas y vitaminas que se pierden en parte durante los procesos de refinación (Bolet, 2010).

#### **2.2.3.3.3 Endospermo**

Está compuesto por almidón y es el grano propiamente dicho. Los valores nutricionales del arroz integral son muy superiores al arroz pulido o blanco (Bolet, 2010).

La diferencia entre los dos tipos de arroz (el arroz integral y el arroz blanco) es el contenido nutricional, ya que varias vitaminas y minerales se pierden en el proceso de pulido o blanqueado como las vitaminas B1, B3, el hierro y el magnesio. Una taza de arroz integral contiene 84 mg de magnesio, mientras que la de arroz blanco solamente 19 mg, lo que se ha tenido en cuenta para el tratamiento de la osteoporosis (Bolet, 2010).

Es muy importante además destacar que este arroz ayuda a disminuir las cifras de colesterol de baja densidad (LDL colesterol). Además de tener un valor nutricional mayor que el arroz blanco, el arroz integral es mejor digerido y evita la constipación por su contenido en fibra dietética (Bolet, 2010).

#### **2.2.3.4 Composición química**

El arroz es el cereal de mayor consumo humano y de gran importancia económica mundial. Sus granos están constituidos por 90% de almidón y solo 10% de proteínas. A pesar del bajo contenido, su importancia nutricional se debe a la calidad proteica, ya que posee un elevado índice de aminoácidos esenciales (del 60%), superior al de otros granos de amplio consumo como el maíz y el trigo (con valores de 40 y 43%,

respectivamente). Las proteínas de reserva en las semillas de arroz están constituidas por albúminas (5%), globulinas (10%), prolaminas (5%) y glutelinas (80%) (FAO, 2007).

Tabla 3. Tabla nutricional por cada 100 g de Arroz Blanco

<i>Parámetro</i>	<i>Arroz Blanco</i>
Energía(Kcal)	358
Energía(KJ)	1500
Agua(g)	13.4
Proteínas(g)	7.8
Grasas Total(g)	0.7
Carbohidratos Totales(g)	77.6
Carbohidratos disponibles(g)	77.6
Fibra Cruda(g)	0.4
Fibra Dietaria(g)	-
Cenizas(g)	0.5
Calcio(mg)	6
Fosforo(mg)	134
Zinc(mg)	1.51
Hierro(mg)	1.04
β caroteno (ug)	-
Retinol(ug)	-
Vitamina A(ug)	-
Tiamina(mg)	0.11
Riboflavina(mg)	0.04
Niacina(mg)	2.19
Vitamina C(mg)	0.9

Nota. Reyes, Sánchez, Espinoza, Bravo, y Ganoza, (2009)

La caracterización bioquímica de estas proteínas permite identificar genotipos con propiedades nutricionales importantes, por ejemplo: el índice de aminoácidos esenciales

(IAE), el cual está determinado por la cantidad de aminoácidos que necesita el cuerpo humano, pero que no es capaz de metabolizar por sí mismo, y por tanto, requiere, su ingestión. Este índice es directamente proporcional al contenido de la fracción de globulinas, que en las leguminosas representa entre el 75 y el 95% de la proteína total (Freitas, Ferreira y Teixeira, 2000).

Tradicionalmente, el mejoramiento genético del arroz se ha enfocado hacia las características agronómicas del cultivo, incrementar la producción por unidad de superficie, inducir su resistencia a problemas fitosanitarios y a mejorar las características de industrialización, con el fin de aumentar el rendimiento del grano entero. En la actualidad existen nuevos retos; la demanda de productos nutraceuticos, es cada vez mayor, lo que conduce a la necesidad de investigar aún más, con el propósito de que las propiedades nutricionales sean superiores y de reducir los problemas alergénicos específicos de los cereales (Sinagawa *et. al.*,2004).

#### **2.2.3.5 Sub productos del arroz**

El procesamiento en los molinos es canalizado para la obtención ya sea de arroz pulido blanco o arroz moreno y brinda a su vez una serie de subproductos que incluyen a la pajilla, polvillo, arrocillo y ñelén. El arroz pulido blanco es la forma más común como se consume este cereal, mientras el arroz moreno pese a su alto contenido de tiamina se consume en menores proporciones, dado a que presenta un alto contenido graso, el cual

es susceptible a la oxidación y enranciamiento (Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT), 1999).

La pajilla está constituida por las cáscaras del grano que provienen del proceso de molienda del mismo y se emplea para la fabricación de detergentes y como combustible en ciertos tipos de calderos, mientras el polvillo está compuesto de partículas que se originan en el proceso de blanqueado y pulido del grano y proceden por lo general de la cutícula de estos. El arrocillo es el producto formado por granos quebrados libres de ñelén y de polvillo. Su composición química es la misma que del arroz pulido ya que son los mismos endospermos pero quebrados (CIAT, 1999).

Finalmente, el ñelén es el conjunto formado por los granos partidos menores a  $\frac{1}{4}$  de su longitud normal y que atraviesan los tamices de 2 mm de apertura. Se emplea como materia prima auxiliar en la industria cervecera y también en la alimentación del ganado (CIAT, 1999).

#### **2.2.3.5.1 Composición química de los subproductos del arroz**

El contenido en energía del grano de arroz es elevado en todas las especies animales, debido a su alto contenido en almidón y a la ausencia de factores anti nutricionales (Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal (FEDNA), 2012).

Tabla 4. Composición química del arroz y los productos de su molienda

Producto	Componentes (% bs)				
	Proteínas	Grasa	Fibra	Cenizas	Glúcidos
Arroz blanco (58%)	8,1-8,4	0,3-0,6	0,3-0,5	0,5-0,6	90,1-90,6
Cascarilla (20%)	2,2,-4,8	0,4-0,8	47,3-53	15,3-20,3	26,0-34,2
Salvado (7 %)	12,9-16,8	14,5-17,0	9,4-10,3	8,6-9,3	47,4-52,9
Germen (2 %)	19,2-26,4	19,9-23,8	3,0-4,8	7,1-10,1	39,8-49,2
Medianos (quebrados) (14 %)	7,2-9,7	0,4-2,8	1,2-4,7	0,5-3,5	78,2-90,2

Nota. Brumovsky (2011)

#### 2.2.3.5.2 Arroz ñelen

El denominado arroz ñelén de la variedad Naylamp que se encuentra por arroz partido cuyas fracciones de grano, son menores de  $\frac{1}{4}$  de la longitud normal del grano entero, con aproximadamente 2mm – 4mm de longitud. Es un sub-producto del Proceso Industrial del pilado de arroz (Reque, 2007).

El arroz ñelén, presenta inicialmente una baja humedad (13,5%) necesaria para su equilibrio y mejor conservación durante el almacenamiento, que evita crecimiento de hongos y su posterior putrefacción. Al mismo tiempo, esta propiedad le confiere una dureza evidente que es un inconveniente para la molienda; ya que el grano más duro se



rompe con mayor dificultad y esto es debido a que el grano pulido conserva gran parte de la capa de aleurona (Reque, 2007).

Tabla 5. Análisis Físico – Químico del arroz ñelen

Análisis	Valor Obtenido
Tamaño de grano	2mm - 4mm
Partículas extrañas	1,5%
Humedad inicial	13,5%
Almidón	76,8%

Nota. Rivera (2014)

Tabla 6. Composición químico proximal del arroz ñelen

Componentes	%
Humedad	12,9
Proteínas	7,0
Grasas	0,6
Fibra	1,2
Cenizas	0,6
Carbohidratos	77,6
Almidón	76,9

Nota. Reque (2007)

En la tabla 6 nos muestra la composición Químico -Proximal que presenta (arroz ñelén). El contenido de humedad presente en este producto es de 12,95% considerándolo como una humedad normal, pues si bien el arroz blanco (pulido) fluctúa en un rango entre 11,8 a 13% de humedad, el ñelén es aquel que es descartado para la comercialización y consumo humano, estando estos varios días ensacados donde absorbieron humedad del medio ambiente debido a su alta higroscopicidad que este grano posee (Reque, 2007).

#### **2.2.4 Harina de Algarroba**

##### **2.2.4.1 Definición**

Según la Norma Técnica Peruana - NTP 209.602:2007 la harina de algarroba se define como el producto obtenido por molienda de vainas de algarroba (*Prosopis pallida*), sanas, previamente lavadas, de las que se han eliminado el carozo y gran parte de las semillas, y secadas hasta una humedad apropiada que permita la molienda fina, hasta obtener una harina de granulometría establecida (Fernández y Vera, 2014).

##### **2.2.4.2 Generalidades**

Prokopíuk, Cruz, Grados, Garra y Chiralt (2001), nos indica que durante la molienda y tamizado de las algarrobas secas de *Prosopis alba* y *P. pallida* se obtuvieron cuatro fracciones, con rendimientos en pulpa del 54,5% y 55%, respectivamente. La harina de pulpa de *P. pallida* también puede usarse para obtener almíbar "algarrobína". Al estar finamente molida, la extracción es más rápida que en el proceso tradicional de obtención

de "algarrobina" (de frutos enteros), y además no requiere tanto calor. La torta de filtro que queda de la extracción, lavada y secada, puede usarse para enriquecer productos alimenticios con fibra dietética (Cruz, 2002). Se han caracterizado estos almíbares y fibras dietéticas, procesados bajo diferentes condiciones (Bravo, Grados y Saura-Calixto, 1994).

Se puede, de acuerdo con un ensayo realizado en la Argentina, reemplazar la harina de trigo por harina de *Prosopis alba*, hasta el 4% en la obtención de pan francés y pan de molde, y hasta el 12% en el caso de galletitas dulces (Rozycki, Baigorria, Bernardi, Zannier y Osella, 1998). La harina puede ser incorporada dentro de una variedad de productos alimenticios incluyendo pan, bizcochos y tortas. La ausencia de almidón es sin embargo una limitación para los niveles de harina de *Prosopis* en las formulaciones del pan (Cruz, 2002). Se ha estudiado el comportamiento reológico de las harinas compuestas por *P. pallida* y trigo, con porcentajes de algarroba de: 5 a 10% en pan; y hasta 25% en galletas (Cruz, 2002). En el pan se ha determinado que la harina de algarroba aumenta la elasticidad de la masa, pero le resta resistencia, con lo cual, el pan leudado es más suave, pero con menor volumen. El pan que contiene 5% de harina de *P. pallida* se ha calificado como aceptable, tanto en textura como en sabor. En galletas, la sustitución de harina de trigo por harina de algarroba tiene efecto positivo, pues reemplaza parte del azúcar en la formulación, y confiere sabor y aroma muy agradables. Algunas personas han reportado un ligero gusto amargo después de consumir estos productos, pero otras, sin embargo, lo encuentran agradable (Cruz, 2002).

Estudios preliminares muestran que se puede obtener un polvo soluble instantáneo de las harinas finas de *Prosopis alba* y *P. pallida* remoliendo y tamizando a través de una malla de 0, 15 mm, que podría usarse como sucedáneo de cacao (Prokopíuk, Cruz, Grados, Garra y Chiralt, 2001). Se han llevado a cabo mejoras de las propiedades nutricionales y sensoriales de harina de pulpa de *P. pallida* mezclándola con otras harinas de cereales y con cacao (Grados y Cruz, 1994).

En Perú, se están desarrollando nuevos productos alimenticios de las vainas de *P. pallida* adaptando tecnologías de proceso a situaciones rurales. Se produce un polvo llamado "algarropolvo" a partir de frutos enteros finamente molidos en un pequeño molino rural procesador de vainas (Cruz, 2002).

#### **2.2.4.3 Valor nutritivo**

Según Díaz. (2001), menciona:

##### **2.2.4.3.1 Carbohidratos.**

Se destaca la presencia de entre un 40 y 50% del azúcares naturales (fructosa, glucosa y sacarosa) que hacen innecesaria la adición de azúcar refinada que requiere el cacao. Esto hace que sea un alimento energético por excelencia: 313 Kcal cada 100 gramos.

##### **2.2.4.3.2 Proteínas**

Su aporte es significativo, sobre todo al mezclarse con otras harinas, como el trigo, el maíz u otros cereales. Si bien la harina sola no puede reemplazar a la carne o a los

quesos, al mezclarse con un cereal se puede lograr un equivalente al valor de la proteínas animales.

#### **2.2.4.3.3 Fibras**

Díaz (2001), menciona que la harina de algarrobo es muy abundante, sobre todo en las de cernido grueso. Durante el proceso de la digestión y junto con los hidratos de carbono produce una lenta transformación de azúcares.

#### **2.2.4.3.4 Minerales**

Posee una cantidad muy alta de minerales. Se destacan:

- ✓ Calcio, en cantidades similares a las del queso, seis veces más que el cacao
- ✓ Hierro, que en el algarrobo blanco son similares al hierro del hígado.
- ✓ Fosforo, magnesio, zinc, silicio, potasio y bajo contenido de sodio, siendo inclusive siete veces menor que el cacao

#### **2.2.4.3.5 Vitaminas**

Se encuentran las siguientes vitaminas: retinol (A), tiamina (B<sub>1</sub>), riboflavina (B<sub>2</sub>) y calciferol (D).

#### **2.2.4.3.6 Grasas**

Si bien aparecen en pequeñas cantidades, son de excelente calidad. Su porcentaje es menor en proporción a la harina integral del trigo. Además, no posee gluten, por lo cual es apto para celíacos

Tabla 7. Análisis Proximal de Harina de Algarroba en base a 100g

<b>Análisis Proximal (%)</b>	<b>Harina de Algarrobo</b>
Energía Kcal	313
Agua	5.60
Proteínas	11
Grasa	3
Fibra cruda	12.5
Cenizas	2.98
Carbohidratos	65
Totales	100.00

Nota. Prama (2006)

Las grandes cantidades de sales minerales son un aporte valioso a las necesidades de regulación de nuestro organismo sobre todo si se toma la precaución de completar su consumo con algunas frutas o verduras frescas para el aporte de vitamina A y C. Con estas precauciones podemos considerar las harinas de estas leguminosas como alimentos casi completos (Estévez, 2004).

Tabla 8. Minerales en la Harina de Algarrobo

<b>CONTENIDO DE MINERALES EN LA HARINA DE ALGARROBA</b>	
Calcio	1,4 mg/g.
Hierro	0,07 mg/g
Potasio	0,9 mg/g
Sodio	0,13 mg/g
Zinc	0,015 mg/g

Nota. Prama (2006)

### **2.2.5 Evaluación sensorial**

El Institute of Food Technologists (IFT) (1975), citado por Grández (2008), definió a la evaluación sensorial como: “una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones de aquellas características de los alimentos y materiales tal como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y audición”. Está constituida por dos partes: el análisis sensorial y el análisis estadístico. El primero tiene por finalidad recabar correctamente las percepciones de un jurado o panel de evaluadores (parte subjetiva) y el segundo, transforma y analiza los datos (parte objetiva).

Según Sancho (2002), caracteriza al análisis sensorial como: La valoración sensorial es una función que la persona realiza desde la infancia, y que la lleva, consciente o inconscientemente, a aceptar o rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos, sin embargo, las sensaciones que motivan este rechazo o aceptación depende de la persona, y el entorno que lo rodea.

El análisis sensorial es una disciplina muy útil para conocer las propiedades organolépticas de los alimentos, se realiza con los sentidos y desde el momento que se prueba algún producto se reconoce las características del mismo y a su vez se puede emitir algún criterio acerca de este, por ejemplo, si le gusta o le disgusta (Bautista, 2013).

El sistema sensitivo del ser humano es una herramienta muy útil para el control de calidad de los productos de diversas industrias. En la industria alimentaria la vista, el

olfato, el gusto y el oído son elementos idóneos para determinar el color, aroma, gusto, sabor y textura, ya que aportan al buen aspecto y calidad del alimento, características propias con las que los podemos identificar (Bautista, 2013).

Cuando nos referimos a un análisis sensorial lo que buscamos es una conducta es decir la respuesta a la bebida o estímulo que se le brinda a la persona.

#### **2.2.5.1 Aspectos generales de la evaluación sensorial**

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que son percibidos por nuestros sentidos. En la tabla 14, se aprecia las propiedades sensoriales más comunes relacionadas a cada sentido humano (Mamani, y Quiroz, 2017).

**El color:** Es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto. Los cuerpos blancos reflejan la luz de todas las longitudes de onda, los cuerpos negros absorben todas las longitudes de onda. La medición del color se puede hacer utilizando escalas de color de manera visual o mediante un colorímetro. El color puede influir en la percepción de otro sentido, por ejemplo: un color desagradable puede ser asociado con un sabor desagradable.

**La apariencia o impresión visual:** Es el aspecto exterior que muestran los alimentos, como expresión resultante del color, el tamaño, la forma y el estado del alimento.

**El olor:** Es la percepción por el olfato de sustancias volátiles liberadas por los objetos. Existe una relación especial entre el olor y el tiempo de percepción. Después de haber



retirado una sustancia olorosa, el olfato aún es capaz de percibir el olor por cierto tiempo.

**El aroma:** Se refiere a la percepción de un alimento oloroso después de colocarse en la boca. La muestra es disuelta en la mucosa del paladar y faringe y llega a los centros sensores del olfato, es decir, el aroma no es detectado en la nariz sino en la boca. El aroma es una de las propiedades más importantes de los alimentos.

Tabla 9. Propiedades sensoriales

Propiedades sensoriales	
Propiedad sensorial	Sentido
Color	Vista
Apariencia	Vista
Olor	Olfato
Aroma	Olfato
Gusto	Gusto
Sabor	Olfato/Gusto
Temperatura	Tacto
Peso	Tacto
Textura	Olfato, vista, tacto
Rugosidad	Olfato, vista, tacto

Nota. Reglero (2011)

**El gusto:** Puede ser ácido (agrio), dulce, salado o amargo o una combinación de los cuatro. Esta propiedad es percibida por el órgano de la lengua. La habilidad de las personas para detectar cualquier tipo de gusto servirá para que participen en pruebas de sabor.

**El sabor:** Esta propiedad combina tres propiedades: el olor, el aroma y el gusto. De allí que su evaluación sea compleja de medir. El factor diferenciador entre un alimento y

otro está en el sabor. Ésta es la razón por la cual es necesario que los jueces evaluadores tengan su nariz, garganta y lengua en buenas condiciones (Mamani, y Quiroz, 2017).

#### **2.2.5.2 Aspecto sensorial de las barras energéticas**

La evaluación sensorial del alimento se define frecuentemente por el término cata o degustación. Cuando se come un alimento, se percibe una variedad entera de características diferentes relacionadas con la apariencia, aroma y textura del alimento. Para la investigación de las propiedades sensoriales de los alimentos se hallan disponibles numerosas herramientas, y la información necesaria debe ser definida cuidadosamente y seleccionar los ensayos adecuados. El desarrollo sistemático de nuevos productos dependerá inevitablemente de la utilización de diferentes herramientas de evaluación en las distintas etapas del ciclo de desarrollo (Rosenthal, 2001).

La aplicación del Análisis Sensorial dependerá del objetivo concreto que se busque. Así, en función de la finalidad que se pretenda conseguir, se puede dividir en forma general el Análisis Sensorial en: Análisis de Calidad y Análisis de Aceptación.

En los Análisis de Calidad se debe examinar el producto y clasificar objetivamente los distintivos característicos.

En los Análisis de Aceptación, lo que se pretende es dictaminar el grado de aceptación que tendrá un producto, siendo a veces deseable conocer la reacción subjetiva o impulsiva del catador. En este último tipo de análisis, las pruebas las pueden realizar

personas poco expertas en el análisis sensorial, pero que respondan al medio social o cultural al que va destinado el producto, ya que la finalidad de la prueba es conocer si el producto será o no aceptado por el consumidor (Soteras, 2011).

Degustar un alimento es probarlo con la intención de valorar su cualidad organoléptica global en función de un modelo psicológico y real establecido a priori, con la posibilidad de que el modelo sea diferente según el lugar dónde se ensaye.

La cata o degustación comprende, en resumen, las siguientes funciones: Estudiar, Analizar, Describir, Definir, Juzgar y Clasificar, pudiéndose puntualizar que la Degustación es un caso particular del Análisis Sensorial en el que se trabaja sobre modelos pre-establecidos (Sancho, 2002).

#### **2.2.5.3 Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial**

En cuanto a la selección de los procedimientos adecuados de análisis sensorial, las metodologías de pruebas sensoriales se incluyen en tres grandes tipos:

- ✓ **Pruebas de discriminación/diferencia (¿Existe diferencia?):** Son las que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón. Además deben permitir cuantificar la diferencia significativa.
- ✓ **Pruebas descriptivas (¿Cuál es la diferencia? y ¿Como es la diferencia?):** Son las que permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías o tipos (patrones) definidos previamente.

- ✓ **Pruebas de aceptación/hedónicas (¿A quién le gusta? y ¿Por qué le gusta?):** En éstas el equipo o panel de catadores clasifica las muestras con relación a la preferencia que sienten por ella o a su nivel de satisfacción.

Las dos primeras clases son bastante diferentes de la tercera. Son analíticas, y su propósito es la utilización de sujetos humanos como una forma de instrumento para medir las propiedades del alimento. Las pruebas hedónicas miden la respuesta de las poblaciones de consumidores de alimento en términos de gustos o aversiones. Además, se utilizan para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado y aunque su realización parece rutinaria, el planteo es muy complejo y debe hacerse con rigor para obtener datos significativos. Suelen responder a requerimientos de mercado y normalmente pretenden apreciar tendencias de consumo: Se quiere saber si un determinado producto es el idóneo para el consumo en un grupo de población, si es competitivo con otros ya existentes o si alguna de sus características llega a producir agotamiento tras un cierto consumo. El propio grupo de individuos consumidores (que siempre deben ser catadores inexpertos), pueden ser elegidos al azar o bien seleccionados por aspectos concretos: edad, sexo, capacidad económica, hábitos sociales o de consumo, etc. (Sancho, 2002).

La mayoría de los desarrollos de nuevos productos requiere ensayos sensoriales con un contenido de información mucho más alto que las pruebas de diferencias, y la perfilación descriptiva es la clase de ensayo disponible más poderoso (Rosenthal, 2001).

#### **2.2.5.4 Los jueces**

Una prueba sensorial es el procedimiento que se lleva a cabo en la evaluación sensorial de alimentos mediante la cual se recaba de manera ordenada y sistemática, la información del producto de las observaciones o percepciones humanas dentro de un panel de evaluadores. Los evaluadores pueden ser entrenados o no, de serlos tendrán que pasar por una explicación respecto del producto a evaluar y criterios básicos al procedimiento de evaluación (Mamani y Quiroz, 2017).

### **III. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Área de ejecución**

El presente trabajo se desarrolló en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en las instalaciones de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias (Laboratorios de Control de Calidad, Tecnología de alimentos, fisicoquímica y química orgánica) y Facultad de Ciencias Biológicas (Laboratorio de Bromatología y Microbiología) – proceso de extrusión en el Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI).

#### **3.2 Tipo de investigación**

Investigación experimental y aplicada.

#### **3.3 Población y muestra**

##### **3.3.1 Población**

Estuvo constituida por:

Arroz ñelen expendido en el molino “El Agricultor” ubicado en carretera Lambayeque.

Frijol pallar obtenido en mercado modelo del distrito de Chiclayo.

Algarroba obtenida en el distrito de Olmos.

### **3.3.2 Muestra**

Las muestras estuvieron constituidas por 25 Kg de arroz ñelén, 20 kg de frijol pallar y 10 kg de harina de algarroba, asegurando realizar 3 corridas por cada formulación, de 3 Kg cada una, que fueron acondicionados de forma correcta para los tratamientos posteriores.

## **3.4 Variables**

### **3.4.1 Variables independientes**

Son variables independientes:

Arroz ñelén: 60%, 70% y 65%

Gritz de pallar: 25%, 20% y 15%

Harina de algarroba: 15%, 10% y 20%

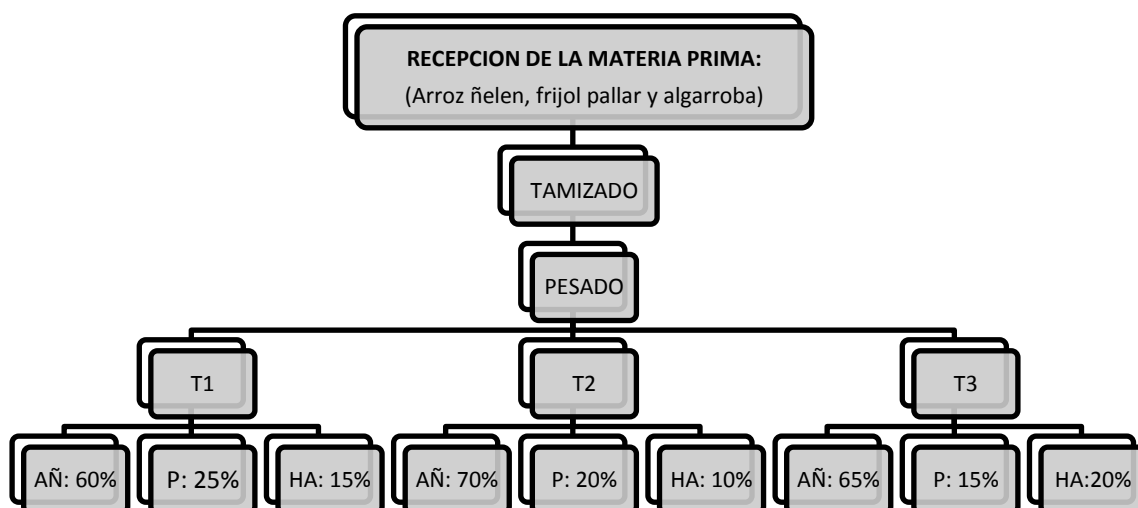
### **3.4.2 Variables dependientes**

Son variables dependientes:

Contenido de proteína

Valor energético

Evaluación sensorial (sabor, apariencia, olor y textura)



**Figura 3. Diagrama de bloques de los diferentes tratamientos, elaboración propia (2019)**

### 3.4.3 Formulaciones

Las formulaciones se realizaron en base a 3kg de mezcla, a continuación se detallan en las tablas 10, 11 y 12.

**Tabla 10. Formulación 1 de la mezcla (60% arroz ñelén, 25% gritz de pallar y 15% harina de algarroba).**

Ingrediente	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Arroz ñelén	1800	60
Gritz de pallar	750	25
Harina de algarroba	450	15

Nota. Elaboración propia (2019)



Tabla 11. Formulación 2 de la mezcla (70% arroz ñelén, 20% gritz de pallar y 10% harina de algarroba).

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Arroz ñelén	2100	70
Gritz de pallar	600	20
Harina de algarroba	300	10

Nota. Elaboración propia (2019)

Tabla 12. Formulación 3 de la mezcla (65% arroz ñelén, 15% gritz de pallar y 20% harina de algarroba).

<b>Ingrediente</b>	<b>Cantidad (g)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Arroz ñelén	1950	65
Gritz de pallar	450	15
Harina de algarroba	600	20

Nota. Elaboración propia (2019)

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.5.1 Equipos e instrumentos**

- Balanza semianálítica, marca Ohaus sensibilidad 0,1g.
- Balanza analítica electrónica Ohaus Modelo Ap 2103 serial # 113032314, sensibilidad 0,0001 g.
- Baño maría Memmert serie li-X-S, rango de temperatura 0° a 95°C.
- Congeladora Faeda.

- Cronómetro digital marca crow.
- Estufa marca Memmert electric tipo IR-202.
- Extractor tipo Soxhlet.de capacidad de balón de 250 ml
- Potenciómetro rango 0 a 14 digital Marca HANNA.
- Refractómetro de mano, ATAGO graduado de 0 a 100% de sacarosa.
- Estufa Memmert de aire forzado UF de 30 L
- Equipo Extrusor:
  - ✓ Tipo: Extrusor de tornillo simple de acero inoxidable.
  - ✓ Tipo de tornillo: Con filete continuo de paso variable y profundidad constante.
  - ✓ Motor de transmisión: Trifásico de 24 HP y 1165 rpm.
  - ✓ Sistema de transmisión: Poleas
  - ✓ Sistema de calentamiento: Collar externo de resistencia eléctrica.
  - ✓ Diámetro interno barril: 72 mm.
  - ✓ Diámetro de tornillo: 70 mm.
  - ✓ Longitud total del tornillo: 1000 mm.
  - ✓ Espacio radial libre del tornillo (radial screwclearance ): 1 mm
  - ✓ Ancho de canal de tornillo (channelweidth):
  - ✓ Zona de alimentación: 20 mm.
  - ✓ Zona de transición: 8 mm.
  - ✓ Zona cocción final: 8 mm.
  - ✓ Ancho de cresta del tornillo: 4.5 mm (flightwidth).
  - ✓ Diámetro de orificio de dado: 7 mm.

### **3.5.2 Materiales**

- Baguetas
- Balones de digestión
- Buretas de 10, 25 y 50 ml.
- Crisoles.
- Cuchillos de acero inoxidable.
- Embudos de vidrio y porcelana.
- Equipo de titulación.
- Fiolas de 50, 100, 250 y 500 mL.
- Lunas de reloj
- Matraces de 100, 250 y 500 ml
- Placas Petri

### **3.5.3 Reactivos y soluciones**

- Ácido clorhídrico Q.P.
- Ácido sulfúrico Q.P.
- Agua destilada.
- Alcohol etílico al 96% de pureza.
- Glucosa anhidra grado reactivo
- Hexano Q.P.
- Solución alcohólica de Fenoltaleína al 1%

- Solución de Hidróxido de sodio 0,1 y 1 N
- Tiosulfato de sodio  $5\text{H}_2\text{O}$  Q.P.
- Otros reactivos usados en los análisis fisicoquímicos

#### **3.5.4 Materiales e instrumentos para la recolección de datos**

- Hojas bond
- Lapiceros
- Formatos de evaluación sensorial
- Cámara fotográfica
- Cartuchos de tinta
- Computadora personal
- Impresora
- USB

#### **3.5.5 Método de análisis**

##### **3.5.5.1 Análisis físico químico**

Los métodos que se emplearon durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, se presentan en la tabla 13, cabe mencionar que el detalle de los pasos que sigue cada método se presenta en el anexo 1.

Tabla 13. Métodos de análisis físico químicos

Análisis fisicoquímico	Fórmula	Norma
<b>Humedad</b>	$\%HUMEDAD = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100$	Método AOAC 925.10, 2005.  AOAC 935.36, 18th Ed
<b>Ceniza</b>	$\%CENIZAS = \frac{C_3 - C_1}{C_2 - C_1} \times 100$	Método AOAC 923.03, 2005  AOAC 935.39, 18th Ed.
<b>Proteínas</b>	$\%N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$ $\%PROTEINA = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times FACTOR}{m \times 1000}$ <p>V= 50 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N - gasto NaOH 0.1 N o gasto de HCl 0.1 N m= masa de muestra, en gramos</p>	Método AOAC 2001.11, 2005
<b>Grasa</b>	$\% GRASA CRUDA = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$ <p>m = peso de la muestra m<sub>1</sub> = tara de matraz solo m<sub>2</sub> = peso matraz con grasa</p>	Método AOAC 920.85, 2005
<b>Acidez</b>	$\% ACIDEZ (como ácido sulfurico) = \frac{V_s - N_s}{Pm} \times 4.9$	Método de acidez titulable con NaOH 0,1 N y expresada como ácido cítrico (%), AOAC (1995)
<b>Fibra</b>	$\%Fibra = \left( \frac{P_2 - P_3}{P_1} \right) \times 100$ <p>P1= peso de la muestra (g) P2= peso de la muestra insoluble (g) P3= peso de las cenizas</p>	NTP 205.003:1980 reemplazada por la NTP 205.003:2016

Nota. Elaboración propia (2019)

### 3.5.5.2 Análisis Sensorial

Las escalas hedónicas verbales recogen una lista de términos relacionados con el agrado o no del producto por parte del consumidor. Pueden ser de cinco a once puntos variando

desde el máximo nivel de gusto al máximo nivel de disgusto y cuenta con un valor medio neutro, a fin de facilitar al juez la localización de un punto de indiferencia.

Se efectuó teniendo en cuenta los atributos de sabor, olor, textura y apariencia para lo cual se utilizó una escala hedónica de 9 puntos (me gusta muchísimo – me disgusta muchísimo), los que fueron evaluados por 30 panelistas semi entrenados (Espinosa, 2007). El formato empleado se muestra en el anexo 2.

#### **Escala Hedónica de nueve puntos**

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Me gusta muchísimo	9
Me gusta mucho	8
Me gusta bastante	7
Me gusta ligeramente	6
Ni me gusta ni me disgusta	5
Me disgusta ligeramente	4
Me disgusta bastante	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta muchísimo	1

#### **3.5.5.3 Relación de expansión**

La relación de expansión de acuerdo a Kowalski, Medina, Thapa, Murph y Ganjyal, (2016), se determinó midiendo el tamaño de los extruidos y obteniendo la media de 10 extruidos con un pie de rey electrónico (stainless hardened) y luego dividir por el diámetro final de la matriz de 8 mm.

#### **3.5.5.4 Índice de solubilidad en agua (WSI) e índice de absorción de agua (WAI)**

WAI y WSI de los extruidos se determinó de acuerdo con Anderson, Conway, Pfeifer y Griffin. (1969). Anexo 3.

### **3.6 Metodología Experimental**

Se hizo uso de un diseño experimental comparativo, el cual consiste en establecer distintas proporciones de arroz ñelén, gritz de pallar y harina de algarroba, estas proporciones fueron establecidas teniendo en cuenta la composición química de las materias primas, en especial el contenido de almidón para obtener un producto con adecuadas características tecnológicas (ISA y IAA), así como un adecuado contenido de proteínas, energético y sensorialmente apropiado. Tal como se muestra en las figuras 4 y 5 que se muestran a continuación

#### **3.6.1 Obtención de los gritz de frijol pallar**

Los gritz de pallar se emplearán para la formulación de cada tratamiento y se almacenarán hasta que se requieran. Para el secado se utilizó un secador de bandejas a una temperatura de 70° C por seis horas hasta lograr un secado homogéneo. Así mismo en la figura 4 se puede observar que hubo una merma de 2% durante la molienda, este valor es debido a la pérdida de producto al suelo y retención de otro tanto en el tornillo sinfín del molino.

### **3.6.2 Obtención del complemento alimenticio extruido**

La extrusión consistió en un proceso donde el producto alimenticio es forzado a fluir a través de un tornillo sinfín de acuerdo a las condiciones de mezcla, la inducción de calor a elevada temperatura en un corto tiempo (cocción) y de corte por un troquel que fue diseñado para dar forma al producto.

La elaboración del producto extruido se realizó en la Planta Piloto de cerveza de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El procedimiento para la obtención de las tres muestras del producto extruido según el nivel de mezcla fue el siguiente:

#### **3.6.2.1 Recepción de materia prima**

Las materias primas (arroz ñelén, frijol pallar y harina de algarroba) se recibieron y almacenaron adecuadamente hasta su uso. Adicionalmente se evaluó el estado sanitario de las materias recepcionadas.



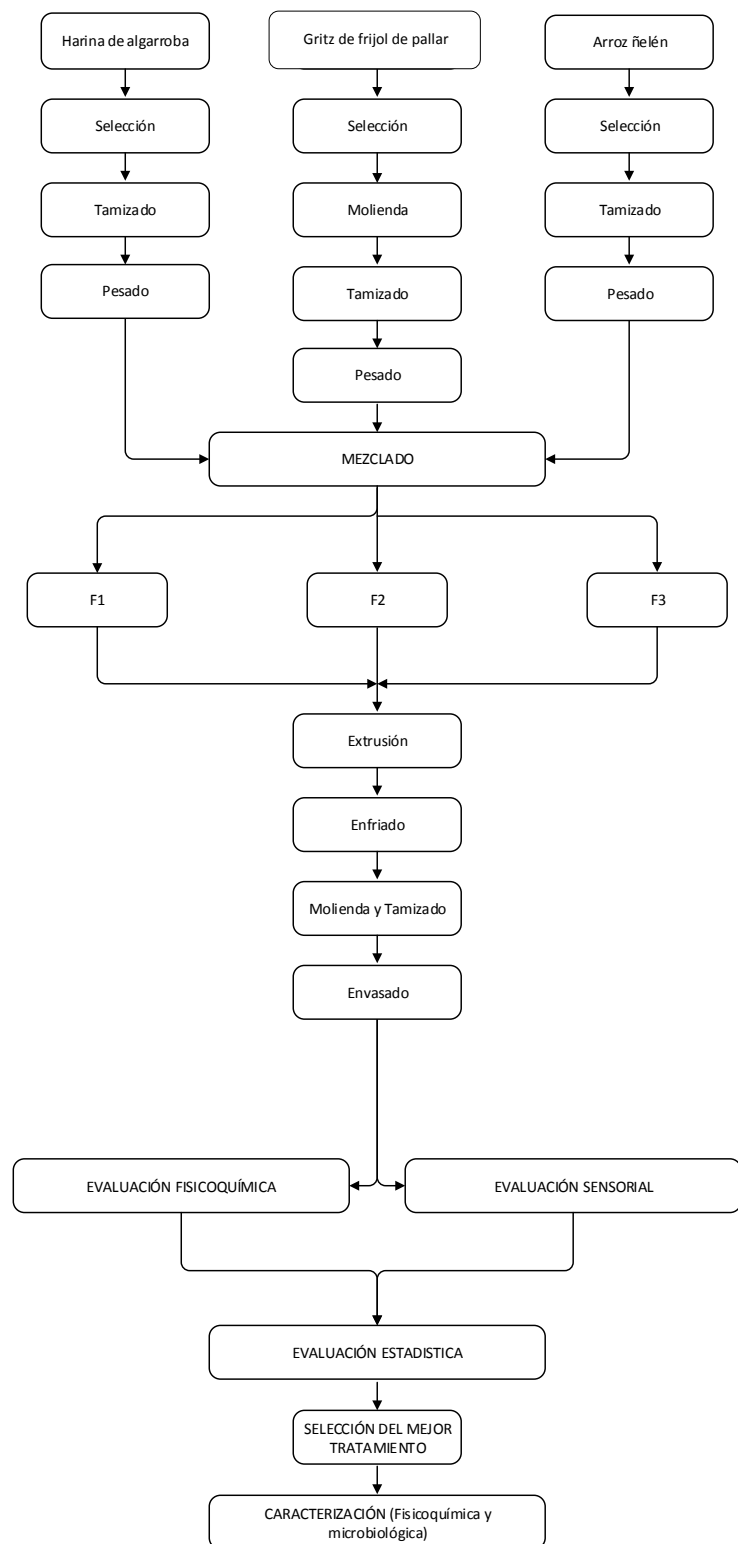


Figura 5. Esquema del diseño experimental comparativo de las formulaciones. Elaboración propia (2019)

#### **3.6.2.2 Selección**

Se seleccionaron los gritz de pallar y el arroz ñelen, tomando como criterio la uniformidad de los granos de cada alimento, con respecto a la harina de algarroba se evaluó la presencia polillas y el exceso de humedad.

#### **3.6.2.3 Tamizado**

Se tamizaron las partículas de arroz ñelén y gritz de pallar para obtener partículas más homogéneas y de un tamaño menor a 3 mm. De igual forma se hizo con la harina de algarroba.

#### **3.6.2.4 Pesado**

Las materias primas fueron pesadas de acuerdo a cada una de las formulaciones, esta operación fue realizada con la ayuda de una balanza digital de alimentos marca Soehnle con una precisión 0,1 g.

#### **3.6.2.5 Mezclado**

La harina de algarroba se mezcla con el arroz ñelén y gritz de pallar, y se acondiciona hasta obtener una mezcla homogénea antes de ingresar al proceso de extrusión. Esta operación tuvo una duración de 10 min.

#### **3.6.2.6 Extrusión**

Se utilizó un extrusor de alimentos de un tornillo sinfín con un sistema de alimentación por gravedad y con un troquel de 6 orificios. La mezcla de ingredientes se ingresó por la tolva y se comenzó a procesar a una temperatura entre los 158 °C a 162 °C con una

velocidad del tornillo de extrusión de 254,5 rpm con un flujo de alimentación de 4.5 Kg/min y un flujo de agua constante de 250 ml/min.

#### **3.6.2.7 Enfriado**

El material extruido se recepcionó en sacos de polipropileno, en este proceso el producto se enfrió a temperatura ambiente (20°C).

#### **3.6.2.8 Molienda y tamizado**

Las mezclas extruidas pasaron a la operación de molienda en un molino manual para obtener el suplemento y luego pasadas por un tamiz N° 80.

#### **3.6.2.9 Envasado**

Se empaco el producto terminado en fundas de polipropileno y almacenadas a temperatura ambiente (15 a 20°C).

#### **3.6.2.10 Evaluación**

Se realizaron análisis fisicoquímico y sensorial, con la finalidad de seleccionar el mejor tratamiento.

### **3.6.3 Análisis estadístico**

Los resultados obtenidos de la evaluación organoléptica fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95% y una prueba de Tukey

para determinar la diferencia existente entre las formulaciones. Se empleó el software estadístico SPSS versión 23.

El modelo estadístico que se siguió fue un modelo de diseño experimental al azar completamente aleatorizado.

$$E_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$E_{ij}$  = Variable respuesta observada

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la ij-ésima variable experimental.

Tabla 14. Análisis de varianza para los tratamientos

<b>F.V.</b>	<b>G.L.</b>
Tratamientos	2
Error	87
<b>Total</b>	<b>89</b>

Nota. Elaboración Propia (2019)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 Análisis químico proximal de las materias primas

Tabla 15. Resultado de Análisis químico proximal de las materias primas: gritz de frijol pallar, arroz ñelén y harina de algarroba

Análisis	Gritz de frijol	Arroz ñelén	Harina de algarroba
Humedad, %	12	13,8	6,8
Proteína Total (N*6,25), %	19,1	6,9	11,4
Lípidos, %	1,3	0,7	3,2
Fibra cruda, %	3,1	0	12,5
Ceniza, %	6,2	0,8	2,8
Carbohidratos, %	64,1	77,8	63,3

Nota. Elaboración propia (2019)

#### 4.1.2 Diseño y formulación del complemento alimenticio extruido

Tabla 16. Ingredientes para la formulación del complemento alimenticio extruido en base a 3 Kg

	Formulaciones					
	F1		F2		F3	
Arroz ñelén	60%	1800g	70%	2100g	65%	1950g
Gritz de pallar	25%	750g	20%	600g	15%	450g
Harina de algarroba	15%	450g	10%	300g	20%	600g

Nota. Elaboración propia (2019)

### 4.1.3 Evaluación de los tratamientos y obtención del producto obtenido a partir de la mezcla de insumos

#### 4.1.3.1 Evaluación de los tratamientos

##### 4.1.3.1.1 Evaluación del aporte proteico y energético

Tabla 17. Composición químico proximal de las formulaciones en base a 100 g.

Componentes	FORMULACIONES		
	F1	F2	F3
Energía (Kcal)	327,3	335,2	339,4
Agua (g)	8,3	8,7	8,1
Proteínas (g)	12,6	11,8	11,6
Lípidos (g)	1,7	1,6	1,8
Extract. Lib. de Nitróg. (g)	65,4	68,4	69,2
Cenizas (g)	2,6	2,2	2,2
Fibra (g)	9,4	7,3	7,2

Nota. Elaboración propia (2019)

##### 4.1.3.1.2 Evaluación sensorial de los tratamientos

###### 4.1.3.1.2.1 Apariencia

#### Planteamiento de hipótesis del Apariencia

H<sub>0</sub>: Las medias de las muestras de la Apariencia son Iguales

H<sub>1</sub>: Las medias de las muestras de la Apariencia no son Iguales

Tabla 18. Pruebas de efectos inter-sujetos para variable Apariencia

**ANOVA**

Complemento Apariencia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	46,489	2	23,244	14,612	,000
Dentro de grupos	138,400	87	1,591		
Total	184,889	89			

Nota. Elaboración propia (2019)

Tabla 19. Prueba de comparaciones múltiples para atributo apariencia

Variable dependiente: Complemento Apariencia

HSD Tukey

(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar r	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite	Límite
Formulación 1	Formulación 2	-1,133*	,326	,002	-1,91	-,36
	Formulación 3	-1,733*	,326	,000	-2,51	-,96
Formulación 2	Formulación 1	1,133*	,326	,002	,36	1,91
	Formulación 3	-,600	,326	,162	-1,38	,18
Formulación 3	Formulación 1	1,733*	,326	,000	,96	2,51
	Formulación 2	,600	,326	,162	-,18	1,38

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota. Elaboración propia (2019)

En este caso hay que interpretar la columna de significación, si esta es menor o igual que 0,05; por lo que se observa en la tabla 19 que las diferencias entre las formulaciones 1, 2 y 3 son significativas.

Tabla 20. Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos homogéneos

HSD Tukey <sup>a</sup>			
Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Formulación 1	30	4,93	
Formulación 2	30		6,07
Formulación 3	30		6,67
Sig.		1,000	,162

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Nota. Elaboración propia (2019)

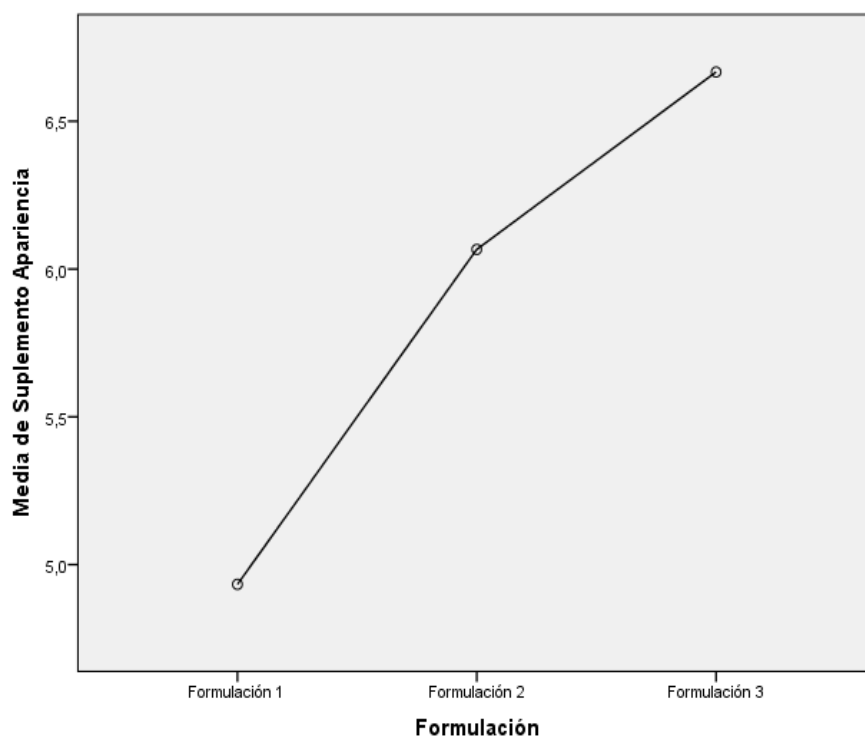


Figura 5. Comparación de medias para atributo apariencia del complemento extruido, Elaboración propia (2019)



#### 4.1.3.1.2.2 Sabor

##### Planteamiento de Hipótesis para el sabor

$H_0$  : Las medias de las muestra del sabor son Iguales

$H_1$  Las medias de las muestras del sabor no son iguales

Tabla 21 Pruebas de efectos inter-sujetos para variable Sabor  
ANOVA

Complemento Sabor					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	58,689	2	29,344	20,960	,000
Dentro de grupos	121,800	87	1,400		
Total	180,489	89			

Nota. Elaboración propia (2019)

Tabla 22. Prueba de comparaciones múltiples para atributo sabor  
Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Complemento Sabor

HSD Tukey

(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Error están dar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Formulación 1	Formulación 2	-,800*	,306	,028	-1,53	-,07
	Formulación 3	-1,967*	,306	,000	-2,70	-1,24
Formulación 2	Formulación 1	,800*	,306	,028	,07	1,53
	Formulación 3	-1,167*	,306	,001	-1,90	-,44
Formulación 3	Formulación 1	1,967*	,306	,000	1,24	2,70
	Formulación 2	1,167*	,306	,001	,44	1,90

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota. Elaboración propia (2019)

En este caso hay que interpretar la columna de significación, si esta es menor o igual que 0,05; por lo que se observa en la tabla 22 que las diferencias entre las formulaciones 1, 2 y 3 son significativas.

Tabla 23. Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos homogéneos

Complemento Sabor				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Formulación 1	30	5,37		
Formulación 2	30		6,17	
Formulación 3	30			7,33
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Nota. Elaboración propia (2019)

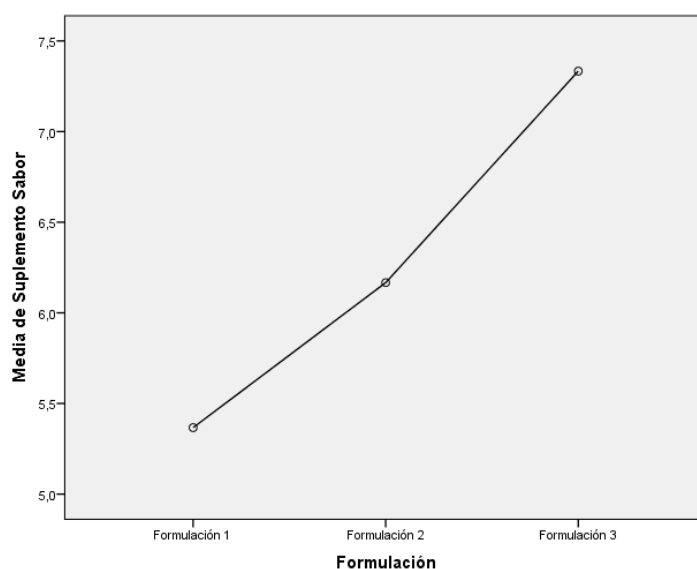


Figura 6 Comparación de medias para atributo sabor del complemento extruido, Elaboración propia (2019)

#### 4.1.3.1.2.3 Color

##### Planteamiento de Hipótesis para el color

$H_0$  : Las medias de las muestra del color son Iguales

$H_1$  Las medias de las muestras del color no son iguales

Tabla 24. Pruebas de efectos inter-sujetos para variable color

ANOVA					
Complemento Color					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
Entre grupos	10,422	2	5,211	3,740	,028
Dentro de grupos	121,233	87	1,393		
Total	131,656	89			

Nota. Elaboración propia (2019)

Tabla 25. Prueba de comparaciones múltiples para atributo color

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Complemento Color						
HSD Tukey						
(I)	(J)	Diferencia	Error	Sig.	95% de intervalo de	
Formulación	Formulación	de medias	están		confianza	
		(I-J)	dar		Límite	Límite
Formulación 1	Formulación 2	-,767*	,305	,036	-1,49	-,04
	Formulación 3	-,667	,305	,079	-1,39	,06
Formulación 2	Formulación 1	,767*	,305	,036	,04	1,49
	Formulación 3	,100	,305	,942	-,63	,83
Formulación 3	Formulación 1	,667	,305	,079	-,06	1,39
	Formulación 2	-,100	,305	,942	-,83	,63

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota. Elaboración propia (2019)

En este caso hay que interpretar la columna de significación, si esta es menor o igual que 0,05; por lo que se observa en la tabla 25 que las diferencias entre las formulaciones 1, 2 y 3 son significativas.

Tabla 26. Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos homogéneos

Complemento Color			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Formulación 1	30	5,20	
Formulación 3	30	5,87	5,87
Formulación 2	30		5,97
Sig.		,079	,942

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Nota. Elaboración propia (2018)

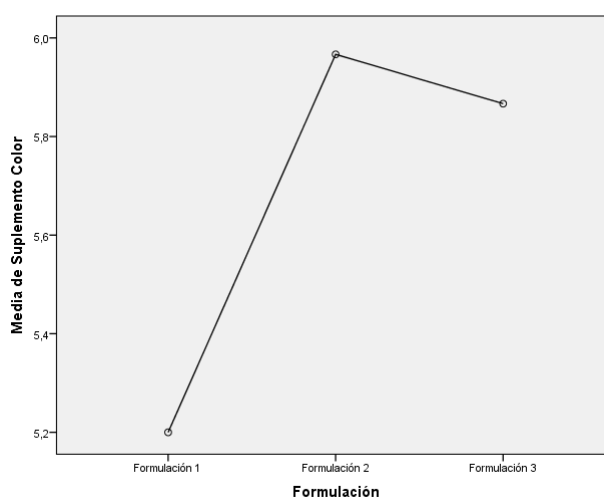


Figura 7. Comparación de medias para atributo color del complemento extruido, Elaboración propia (2019)

#### 4.1.3.1.2.4 Olor

##### Planteamiento de Hipótesis para el Olor

$H_0$  : Las medias de las muestras del olor son Iguales

$H_1$  Las medias de las muestras del olor no son iguales

Tabla 27. Pruebas de efectos inter-sujetos para variable Olor

ANOVA					
Complemento Olor					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
Entre grupos	30,489	2	15,244	10,329	,000
Dentro de grupos	128,400	87	1,476		
Total	158,889	89			

Nota. Elaboración propia (2019)

Tabla 28. Prueba de comparaciones múltiples para atributo color

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Complemento Olor						
HSD Tukey						
(I) Formulación	(J) Formulación	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite	Límite
Formulación 1	Formulación 2	-,067	,314	,975	-,81	,68
	Formulación 3	-1,267*	,314	,000	-2,01	-,52
Formulación 2	Formulación 1	,067	,314	,975	-,68	,81
	Formulación 3	-1,200*	,314	,001	-1,95	-,45
Formulación 3	Formulación 1	1,267*	,314	,000	,52	2,01
	Formulación 2	1,200*	,314	,001	,45	1,95

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota. Elaboración propia (2019)

En este caso hay que interpretar la columna de significación, si esta es menor o igual que 0,05; por lo que se observa en la tabla 28 que las diferencias entre las formulaciones 1, 2 y 3 son significativas.

Tabla 29. Prueba de comparación de medias de tukey para subconjuntos homogéneos

Complemento Olor			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Formulación 1	30	5,67	
Formulación 2	30	5,73	
Formulación 3	30		6,93
Sig.		,975	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 30,000.

Nota. Elaboración propia (2019)

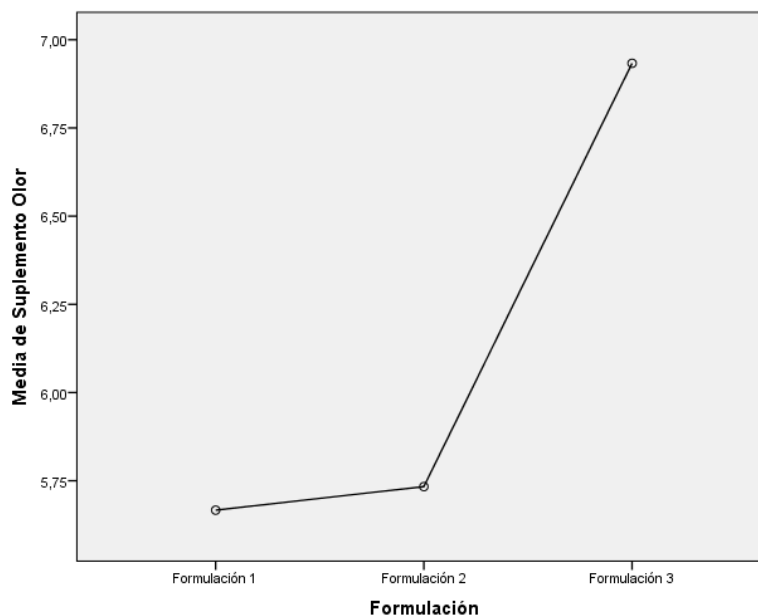


Figura 8. Comparación de medias para atributo color del complemento extruido, Elaboración propia (2019)

Tabla 30. Comparación de Análisis sensorial y físico químico de los resultados

Evaluación		Tratamientos		
		(Valores promedios)		
		F1	F2	F3
<b>Sensorial</b>	Olor	5,67	5,73	6,93
	Color	5,2	5,87	5,97
	Sabor	5,37	6,17	7,33
	Apariencia	4,93	6,07	6,67
<b>Físico</b>	Proteínas (%)	10,42	11,19	12,08
<b>químico</b>	Energía (kcal/100g)	362,491	362,606	362,491

Nota. Elaboración propia (2019)

### 4.1.3.2 Obtención del producto.

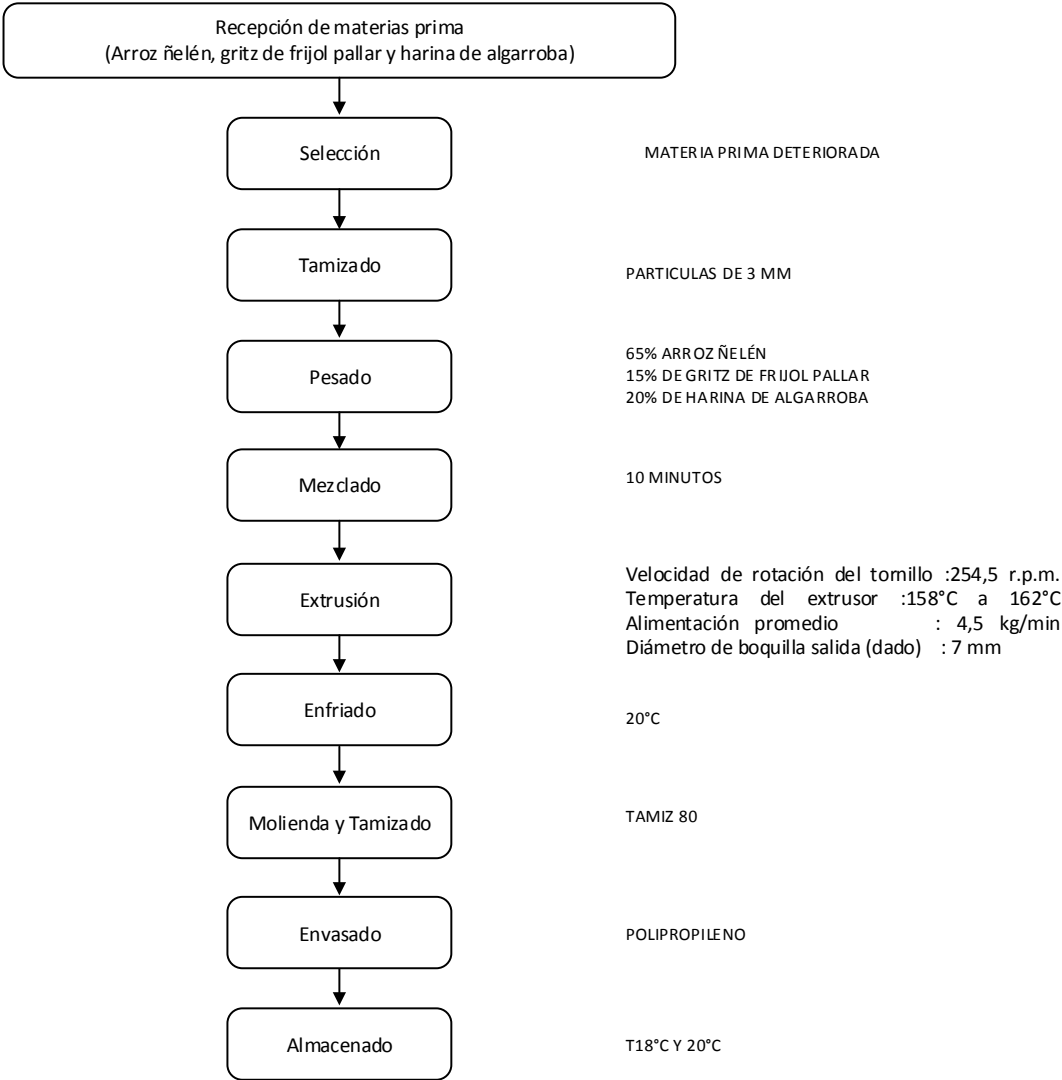


Figura 9. Flujo de Operaciones para la obtención de un complemento extruido a base de arroz ñelén, gritz de frijol pallar y harina de algarroba, Elaboración propia (2019)



#### 4.1.4 Caracterización del producto obtenido

##### 4.1.4.1 Análisis físico químico

Tabla 31. Composición físico química de la formulación F3 en base a 100 g.

DESCRIPCIÓN	F3
Humedad, %	8,1
Proteína Total (N*6,25), %	11.6
Lípidos, %	1.8
Fibra cruda, %	7.2
Ceniza, %	2.2
Carbohidratos, %	76.4
Energía Total, Kcal	339.4
Índice de Solubilidad	62%
Índice de absorción	78
Tamaño de partícula	250 µm

Nota. Elaboración propia (2019)

## **4.2 Discusiones**

### **4.2.1 Análisis químico proximal de las materias primas**

Las materias primas (arroz ñelén, gritz de frijol pallar y harina de algarroba) fueron caracterizadas mediante análisis físico químico, cuyos resultados se muestran en la tabla 15, las mismas que son el resultado promedio de tres repeticiones, donde se observa que con respecto al arroz ñelén, la humedad se encuentra por debajo de lo reportado por el MINSA (2017), debido a que se tuvo que deshidratar estas materias antes del proceso de extrusión, por lo tanto el resto de componentes se incrementa porcentualmente observándose para el arroz ñelén 6,9% de proteína, 0,7% de lípidos y 77,8% de carbohidratos como los componentes más importantes. Estos valores diferentes a los reportados por Reque (2007) quien reporta un valor de proteína de 7%, lípidos 0,6% y carbohidratos de 77,8%; así mismo Reyes, Sánchez, Espinoza, Bravo y Ganoza (2009) reportan valores de proteína 7,8%, lípidos 0,7% y carbohidratos 77,6%. Estas pequeñas diferencias son sustentadas por Sevilla (2015), quien menciona que la composición química de los alimentos es variable y está relacionada con: estadio, raza, variedad, tecnología del cultivo y clima, parte del grano que se analice, técnicas y métodos de análisis.

Respecto a los resultados del frijol pallar la muestra presentó: 19,1% de proteína, 1,3% de lípidos y 64,1% de carbohidratos, de estos valores solo fueron superados los niveles de proteína tal como se muestra a continuación con lo reportado por MINSA (2017), quien presenta: 19,49% de proteínas, 1,2% de lípidos y 59,4% de carbohidratos.

Finalmente, con respecto a la harina de algarroba fue adquirida de la empresa Salud Vida reuniendo los requisitos necesarios para su procesamiento.

#### **4.2.2 Diseño y formulación del complemento alimenticio extruido**

En la tabla 16 se muestra el listado de ingredientes y cantidades de cada materia prima e insumo para la elaboración de las barras energéticas.

#### **4.2.3 Evaluación de los tratamientos y obtención del producto obtenido a partir de la mezcla de insumos**

##### **4.2.3.1 Evaluación de los tratamientos**

##### **4.2.3.1.1 Evaluación del aporte proteico y energético**

De todas las formulaciones propuestas se buscó aquella para producir un producto extruido de alto valor proteico y energético y estabilidad en el almacenamiento, para lo cual se hizo a cada uno de los tratamientos una evaluación químico proximal para conocer su contenido de proteína y a la vez se calculó matemáticamente el nivel de energía que aportaban en una ración de cien gramos de producto, tomando como base que las proteínas, carbohidratos y grasas aportan 4 Kcal/g, 4 Kcal/g y 9 Kcal/g respectivamente. En la tabla 17 se observan los valores del análisis químico proximal y los valores energéticos de cada formulación respectivamente.

En la tabla 17 se puede diferenciar claramente que la formulación F1 es la que presenta mayor contenido proteico (12,6%), seguido de la formulación 2 (11,8) y Formulación 1 (11,6%), cabe resaltar que la diferencia entre ella es mínima.

Con respecto al valor energético la formulación 1 presenta 327,3 kcal por cien gramos seguida de la formulación 2 con 335,2 kcal por cien gramos y la formulación 3 quien presenta el valor energético más alto 339,4 kcal por cien gramos. Esto es debido al mayor contenido de carbohidratos y lípidos en las respectivas formulaciones. Según Allisen (1983), los coeficientes de Atwater representan el rendimiento de energía metabolizable (ME) de los macronutrientes en una dieta mixta. Los coeficientes de Atwater son derivados de la energía bruta (GE) del macronutriente sustrayendo exclusivamente la energía perdida por la orina (UE) y las heces (FE). El coeficiente de Atwater para la grasa es de 9 kcal/g (37 kJ/g); para la proteína, de 4 kcal/g (17 kJ/g); y para el alcohol, de 7 kcal/g (29 kJ/g). Para hidratos de carbono el coeficiente de Atwater se refiere a los equivalentes de monosacárido (16 kJ/g) y se indica a menudo un valor de 4 kcal/g (17 kJ/g) para los hidratos de carbono en general.

#### **4.2.3.1.2 Evaluación sensorial de los tratamientos**

Los resultados de la evaluación organoléptica de las formulaciones extruidas, (se muestran en el anexo 2), fueron analizados estadísticamente obteniéndose los resultados que se detallan a continuación:

##### **4.2.3.1.2.1 Apariencia**

##### **Planteamiento de hipótesis de la Apariencia**

H<sub>0</sub>: Las medias de las muestras de la Apariencia son Iguales

H<sub>1</sub>: Las medias de las muestras de la Apariencia no son Iguales

### **Regla de decisión**

Si el valor p (Sig.) es mayor que  $\alpha$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

**Conclusión:** Como el nivel de significancia es menor que el 5%, entonces se rechaza  $H_0$  por lo tanto se concluye que la apariencia es diferente en las tres muestras, en otras palabras los evaluadores han calificado diferente al atributo apariencia.

Como resultado de la comparación de medias podemos observar que existen diferencias entre las tres formulaciones, siendo los tratamientos 2, y 3 los más significativos y destacando entre ellos el tratamiento 3.

#### **4.2.3.1.2.2 Sabor**

##### **Planteamiento de Hipótesis para el sabor**

$H_0$  : Las medias de las muestras del sabor son iguales

$H_1$  Las medias de las muestras del sabor no son iguales

### **Regla de decisión**

Si el valor p (Sig.) es menor que  $\alpha$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

**Conclusión:** Como el nivel de significancia es mayor que el 5%, entonces se rechaza  $H_0$  por lo tanto se concluye que el sabor en las tres muestras son diferentes.

Como resultado de la comparación de medias podemos observar que existen diferencias entre las tres formulaciones, siendo el tratamiento 3 el más significativo.

#### **4.2.3.1.2.3 Color**

##### **Planteamiento de Hipótesis para el color**

$H_0$  : Las medias de las muestra del color son Iguales

$H_1$  Las medias de las muestras del color no son iguales

##### **Regla de decisión**

Si el valor p (Sig) es menor que  $\alpha$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

**Conclusión:** Como el nivel de significancia es menor que el 5%, entonces se puede rechazar  $H_0$  por lo tanto se concluye que el sabor en las tres muestra son diferentes en otras palabras los evaluadores han calificado a las muestras diferentes con respecto al sabor.

Como resultado de la comparación de medias podemos observar que existen diferencias entre las tres formulaciones, siendo los tratamientos 2, y 3 los más significativos y destacando entre ellos el tratamiento 3.

#### 4.2.3.1.2.4 Olor

##### Planteamiento de Hipótesis para el Olor

$H_0$  : Las medias de las muestras del olor son Iguales

$H_1$  Las medias de las muestras del olor no son iguales

##### Regla de decisión

Si el valor p (Sig) es menor que  $\alpha$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

**Conclusión:** Como el nivel de significancia es menor que el 5%, entonces se puede rechazar  $H_0$  por lo tanto se concluye que el olor en las tres muestras son diferentes en otras palabras los evaluadores han calificado a las muestras diferentes con respecto a la olor.

Como resultado de la comparación de medias podemos observar que existen diferencias entre las tres formulaciones, siendo el tratamiento 3 el más significativo.

Analizando los resultados estadísticos de la evaluación sensorial se puede observar que para cada atributo evaluado se demostró diferencia significativa entre los tratamientos, demostrándose que la formulación 3 es seleccionada estadísticamente como la mejor.

Así también analizando la tabla 17 la formulación 3 es quien presenta menor contenido de proteína, así como en ceniza y fibra; pero mayor porcentaje en grasa, carbohidratos. Con respecto al valor energético la formulación 3 es la mejor frente a las otras formulaciones no es estadísticamente diferente.

#### **4.2.3.2 Obtención del producto.**

En la figura 10 se muestran las operaciones y parámetros tecnológicos para la obtención del complemento extruido a base de arroz ñelén, gritz de frijol pallar y harina de algarroba.

#### **4.2.4 Caracterización del producto obtenido**

##### **4.2.4.1 Análisis físico químico**

En la tabla 31, se observa la caracterización fisicoquímica del mejor tratamiento F3, donde se debe resaltar su alto contenido de carbohidratos (69,27%) y su considerado aporte de proteínas (11,6%), con respecto a la humedad tiene un contenido de 8,1%, valor que se encuentra ligeramente por encima de lo que recomienda la NTP 209.226 (1984, Revisada 2011) que es de 6% de humedad.



## **V. CONCLUSIONES**

1. Se evaluó los porcentajes de adecuados de arroz ñelen, pallar y algarroba en la formulación de un complemento alimenticio extruido.
2. Se caracterizó fisicoquímicamente las materias primas: arroz ñelen, pallar y algarroba.
3. Se determinó los parámetros tecnológicos del proceso de elaboración.
4. Se determinó el mejor tratamiento a través de la evaluación químico proximal y sensorial.
5. Se caracterizó fisicoquímicamente al mejor tratamiento para obtener un complemento alimenticio extruido.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Hacer un estudio de pre factibilidad técnico – económico para el desarrollo de un proyecto piloto para la producción del producto.
2. Hacer un estudio de mercado para determinar el grado de aceptación del producto.
3. Para el envasado de nuestro producto se utilizó film de polipropileno, pero se recomienda utilizar un envase que contenga una mayor barrera al oxígeno como lo es el celofán recubierto con PVDC (Cloruro de polivinilideno).

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Allisen RG, Senti FR (1983). A perspective on the application of the Atwater system of food energy assessment. prepared for the US Department of Agriculture under USDA Grant Agreement No 59-3198 2-45 by the Life Sciences Research Office, Federation of American Societies for Experimental Biology (FASEB), Maryland, USA.
- Anderson, A.; Conway, F.; Pfeifer, F.; Griffin, L. (1969). Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Cereal Sci. Today*, 14 (4-7): 11-12.
- Anzaldúa, M. (1994). Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia S. A. Zaragoza. España.
- Aranda, J. y Bocanegra, G. (2018). Evaluación de parámetros durante la extrusión de una mezcla de harinas de tarwi (*Lupinus Mutabilis*) y arroz (*Oryza Sativa*) para la producción de un snack. Tesis de grado. Universidad Nacional del Santa. Disponible en <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3052/47037.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Visitada el 20 de mayo de 2019.
- Aylas, R. (2017). Desarrollo de una mezcla alimenticia en polvo de balanceado valor proteico y libre de gluten, a base de cereales y leguminosas. Tesis de Maestría. Universidad de Chile. Santiago de Chile. Chile. Disponible en [http://repositorio.unedu.gob.pe/bitstream/sunedu/138454/2/AYLAS%20HUAMAN\\_Robinson%20Marlon\\_TESIS.pdf](http://repositorio.unedu.gob.pe/bitstream/sunedu/138454/2/AYLAS%20HUAMAN_Robinson%20Marlon_TESIS.pdf). Visitada el 30 de enero de 2020.

- Bautista, K. (2013). Elaboración de una bebida nutritiva utilizando: spirulina (*Spirulina platensis*), Y MORA (*Morus nigra*), con tres concentraciones y dos tipos de conservanteS (Benzoato de sodio y Sorbato de potasio). Teis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga. Ecuador.
- Betancur, A. L. (2001). Comparison of the chemical composition and functional properties of *Phaseolus lunatus* prime and tailing starches. *Food Chemistry*., (82), 217-225.
- Barallat, I. (2017). Harinas extruidas en la industria alimentaria. Tesis de grado. Facultad de Farmacia Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España. Disponible en <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ISABEL%20BARALLAT%20GARCIA.pdf>. Visitada el 15 de junio de 2019.
- Baudet, C. (1977). Clasificación Taxonómica de pallar. (F. H. Camarena, Trad.).
- Blanco, D., López, B., Dias, R., Azpiroz, A. & Rilla, F. (2006). Uso de arroceras por chorlos y playeros migratorios en el sur de América del Sur. Implicancias de conservación y manejo. Wetlands International. Buenos Aires, Argentina.
- Bolet, M., y Socarrás, M. (2010). Alimentación adecuada para mejorar la salud y evitar enfermedades crónicas. *Revista Cubana de medicina general integral*, 26(2).
- Borjórquez, E. (2013). Evaluación de la capacidad antimicrobiana de fracciones peptídicas de hidrolizados proteínicos de frijol lima (*Phaseolus lunatus*).

- Bravo, L.; Grados, N.; Saura-Calixto, F. (1994). Composition and potential uses of mesquite pods (*Prosopis pallida*): comparison with carob pods (*Ceratonia siliqua* L). Journal of the Sciences of Food and Agricultura.
- Brumovsky, L. (2011). Producción de arroz (p. 116). Lima: UNALM.
- Cadena, C. (2010). Elaboración de un snack extruido expandido a base de chocho y gritz de maíz. Quito. 78 – 98.
- Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT). (1999). Evaluación de la Calidad Culinaria y Molinera del Arroz (3ra ed.). Colombia: Autor.
- Cruz, G. (2002). Production and characterization of *Prosopis* seed galactomannan. PhD. Thesis, Dissertation N°13153, ETH Zurich.
- Díaz, R. (2001). Tesis "Propuesta Técnico - económica para la producción industrial de harina de algarroba". Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura.
- Estévez, A. (2004). Goma de Algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz): un hidrocólide de origen nacional. Apuntes de clases. Departamento de agroindustrias y enología. Facultad de ciencias agronómicas. Universidad de Chile. Santiago.
- Fundación Española para el desarrollo de la nutrición animal (FEDNA). (2012). Producción de arroz (4ta ed.). España: Autor.
- Fellows, P. (2000). Food processing technology: principles and practice, (2nd ed.), CRC Press, ISBN 978-084-9308-87-1 Boca Raton, United States of America.
- Fernández, J. (2010). Estudio de la interacción de los biopolímeros caseína y almidón por el proceso de extrusión.

- Fernández, Z. y Vera, G. (2014). Elaboración de un producto extruido en base a harinas de algarroba (*Prosopis pallida*), arroz (*Oriza sativa*) y maíz amarillo duro (*Zea mays* L). Tesis de grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.
- Ferreira, F; Ramírez, D. y Piler, C. (2014). Propiedades Reológicas y de Adsorción de Agua de Harina extrudida de Arroz y bagazo de Cebada. Vicoza, BRA. Revista Ceres Vicoza. Vol. 6. N° 03. Pág. 314.
- Freitas, R., Ferreira, R., y Teixeira, A. (2000). Use of a single method in the extraction of the seed storage globulins from several legume species. Application to analyse structural comparisons within the major classes of globulins. International journal of food science and nutrition, 51, p. 341-52.
- García, G. (2012). Estudio de cultivos andinos en el Ecuador. ESPOCH-INIAP. Quito. Ecuador.
- Guy, R. (2009). Extrusión de Alimentos: Tecnología y aplicaciones. España: Editorial Acribia S.A.
- Guy, R. (2002). Extrusión de los alimentos, Tecnología y aplicaciones. Zaragoza, España: Acribia, S.A.
- Guy, R. (2001). Introduction. In: GUY, R. Extrusion cooking. Technologies and applications. Ed. CRC Press. England, 3-4,
- González, F. J., Maldonado, S., y Hernández, M. (2015). Atributo nutricional y nutracéutica de panqué y barritas a base de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 17(3), 9-14.

- Grández, G. (2008). Evaluación sensorial y físico-química de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones. Tesis de grado. Universidad de Piura. Piura. Perú.  
Disponible en [https://www.academia.edu/32402002/EVALUACION\\_SENSORIAL\\_Y\\_FISICOQUIMICA\\_DE\\_NECTARES\\_MIXTOS\\_DE\\_FRUTAS\\_A\\_DIFERENTES\\_PROPORCIONES](https://www.academia.edu/32402002/EVALUACION_SENSORIAL_Y_FISICOQUIMICA_DE_NECTARES_MIXTOS_DE_FRUTAS_A_DIFERENTES_PROPORCIONES).  
Visitada el 20 de mayo de 2019.
- Grados, N.; Cruz, G. (1994). La algarroba, Perspectivas de utilización industrial. Universidad de Piura, Perú, Serie de Química N° 6.
- Gutiérrez, R. (2008). Alimento para niños preparado con Harinas de Maíz de Calidad Proteínica y Garbanzo Extruidos. México. 3- 11
- Huber, G. (2010). Developments and Trends in Extruded Snacks.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2011). Bocaditos – Requisitos. Lima, Perú.  
Revisión: 2011. 1 ed. NTP 209. 226:1984.
- Kent, N. (2013). Tecnología de cereales. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Kowalski, R.; Medina-Meza, I.; Thapa, B.; Murph, K.; Ganjyal, G. (2016). Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*. 70: 91-98.
- Larrea, M. A; Chang, Y. K. y Bustos, F. M. (2005). Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. *Food Chemistry*, Vol.89, No.2, (February 2019), pp.301-308, ISSN 0308-8146.

- Laureano, L. y Avellaneda, M. (2018). Influencia de la temperatura de extrusión en la calidad de un snack elaborado a base de pallar (*Phaseolus lunatus*) y arroz (*Oryza sativa*). Tesis de grado. Universidad Nacional del Santa. Ancash. Perú.  
Disponibile en  
<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3233/48916.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Visitada el 20 de mayo de 2019.
- Lassa, M. (2008). Evaluación de las Propiedades Físicas y Disponibilidad de Minerales de Expandidos Fortificados, Elaborados en Base a Maíz y Soja. Tema de Tesis para el Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Tecnología de Alimentos. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral.
- Lázaro, J. y Sotelo, M. (2017). Optimización por diseño de mezcla de un snack de grits de maíz amarillo (*Zea mays*), harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) Y harina de garbanzo (*Cicer arietinum*) obtenido mediante extrusión.
- Lentini, Z. (2006). Ingeniería genética en el desarrollo de cultivos menos dependientes de agroquímicos: arroz con resistencia a insectos plagas. Preproyecto Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Cali, Colombia.
- Linko, P., Colonna P., Mercier Ch. (1981). “High Temperature Short Time Extrusion Coking Advance in Cereal Sciencie and Tecnology “, Vol. IV, Chapter 4.
- Mamani, R. y Quiroz, J. (2017). “Investigación para la cuantificación de ácido ascórbico en la elaboración de una bebida de noni (*Morinda citrifolia*) con maracuyá (*Passiflora edulis*)”. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San



Agustin de Arequipa. Arequipa. Perú. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2415/IAmapurz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Visitada el 4/01/19.

Martel, R. (2011). Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente de harina de sangre bovina”. Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Perú. 56-79

Martínez. (2012). Desarrollo de alimentos pre cosidos por extrusión a base de maíz y leguminosas. Colombia. 54-57.

Melgar, L. E. (2012). Asistencia técnica dirigida en manejo y sanidad en el cultivo de pallar. Guía Técnica, 4.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2016). Boletín producción comercialización avícola. Tomado de: <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/prodagricola-pecuaria-avicola/2016/boletín-produccion-comercializacion-avicola-marzo.2016.pdf>

Ministerio de Salud (MINSa). (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Lima – Perú.

Miranda, V.P., Marrugo, L.Y., Montero, C.P. (2013). Caracterización Funcional del Almidón de Frijol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus* L.) y su Cuantificación de su almidón Resistente. Tecnológicas, ISSN 0123-7799, N° 30, pp. 17-32.

Narváez, M. (2010). Estudio de la comparación de mezclas de diferentes materias primas.

- Olivares, Y. y Ricaldei, K. (2013). Efecto del proceso de malteado en las características fisicoquímicas y químicas en la obtención de harina de maíz (Zea mays). Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Disponible en
- <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1957/Olivares%20Quincho%20-%20Ricaldi%20Yapiash.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Visitada el 3 de enero de 2019.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2007). El riego en Perú. Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura y el Medio Rural de la FAO. Perú.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2004). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO production yearbook. Roma, Italia.
- Pérez, O. J. (2012). Tecnología de alimentos extruidos. Cuba.
- Ponce, J. (2010). Elaboración de un extruido a base de cereales. Quito. Ecuador.
- Prama. (2006). Algarroba y Cacao, saludables alternativas. Disponible en:
- [http://www.prama.com.ar/alimentos\\_saludables/algarroba\\_cacao.htm](http://www.prama.com.ar/alimentos_saludables/algarroba_cacao.htm) (15 de Marzo 2007).
- Prokopíuk, D.; Cruz, G.; Grados, N.; Garra, O; Chiralt, A. (2001). "Estudio Comparativo entre Algarroba Argentina (Prosopis alba) y Algarroba Peruana (Prosopis pallida)". Series de Ciencia e Ingeniería de Alimentos, Investigación del Postgrado del Instituto de Alimentos para el Desarrollo, Departamento de

Tecnología de Alimentos. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia

Ramos, L. (2002). “Aspectos tecnológicos para la extrusión de cereales andinos”.

Monografía. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 34 – 42.

Remache, A. (2016). Desarrollo de un snack por extrusión de la mezcla de maíz Zea

mayz quinua Chenopodium quínoa y chocho Lupinus mutabilis Sweet

saborizado. Tesis de grado. Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador.

Disponible en

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5316/1/03%20EIA%20406%20TESIS%20DE%20GRADO.pdf>. Visitada el 20 de mayo de 2019.

Reglero, G (2011). Conceptos Básicos. importancia del AS en la Industria

Alimentaria. Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de

Madrid (UAM). Recuperado el 6 de octubre del 2018 de:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://digital.csic.es/bitstream/10261/63961/1/358508.pdf>

Reque, D. J. (2007). Estudio de pre-factibilidad para la fabricación de harina de arroz

y su utilización en panificación. Para optar el grado de título. Universidad

Católica, Lima, Perú.

Reyes, C, Milán, J, Gutiérrez, R, Paredes, O, Cuevas, E, Garzón, J. (2003). Instant

flour from quality protein maize (Zea mays L). Optimization of the extrusion process. 45- 48

Reyes, M., Sánchez, I., Espinoza, C., Bravo, F., y Ganoza, L. (2009). Tablas peruanas

de composición de alimentos. Instituto Nacional de Salud. Perú.

- Rivera, Y. (2014). Estudio comparativo de arroz ñelén (*Oriza sativa*) en sustitución del maíz grano (*Zea mays*) sobre los índices productivos de gallinas (Hy line Brown) Lima, 2013. Tesis de grado. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Tacna. Perú. Disponible en [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1759/591\\_2015\\_rivera\\_quispe\\_yi\\_fcag\\_veterinaria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1759/591_2015_rivera_quispe_yi_fcag_veterinaria.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Visitada el 20 de mayo de 2019.
- Rives, N. (2006). Caracterización de géneros bacterianos rizosféricos y endófitos en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). (Tesis de Maestría). Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba.
- Rodríguez, F., Crovetto, M., González, A., Morant, N. y Santibáñez, F. (2011). Consumo de suplementos nutricionales en gimnasios, perfil del consumidor y características de su uso. *Revista Chilena de Nutrición*. Pág. 158.
- Rosenthal, A. J. (2001). *Textura de Alimentos, Medida y Percepción*. Zaragoza, España. Editorial ACRIBIA, S.A.
- Rozycki, V. Baigorria, C. Bernardi, C. Zannier, M. Osella C. (1998). Optimización de Molienda de Frutos de *Prosopis alba* y Ensayos de Panificación. En: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Simposio Iberoamericano sobre Proteínas para Alimentos .Buenos Aires. Argentina.
- Salas, A. (2012). *Aplicacion del sistema Haccp en los alimentos extruidos*. Quito. Ecuador.

- Salcines, F. (2009). “Cadena agro-alimentaria de la quinua y maca peruana y su comercialización en el mercado español”. Madrid – España: Tesis de postgrado Universidad Politécnica de Madrid.
- Salgar, L. (2011). Propuesta de un producto alimenticio complementario excelente fuente de proteína, para niños menores de dos años, desarrollado mediante conservación por calor y vacío. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias Carrera de Nutrición y Dietética. Bogotá. Pág. 29.
- Sancho, J. (2002). Introducción al análisis sensorial, primera edición. Editorial ALFAOMEGA, 2002, N° de páginas 336, ISBN 84-338-052-8, (p.23)
- Schmiele, M. (2009). Caracterização das frações com diferentes granulometrias de milho dentado e duro e avaliação na qualidade de extrusados expandidos, UNICAMP. Campinas - Brasil. 47 – 109.
- Sevilla, R. (2015). Mejoramiento poblacional de maíz amiláceo en la sierra del Perú. Implicancias en la conservación de la biodiversidad y utilización sostenible. Compendio de la XXI Reunión Latinoamericana de Maíz (pp. 27-36). Santa Cruz, Bolivia.
- Sinagawa, S., Rascon, Q., Valdez, A., Medina, S., Escobar, A., Paredes, O. (2004). Safety Assesment by in vitro Digestibility and Allergenicity of Genetically Modified Maize with an Amaranth. Agric Food Chem, 52, p.14.
- Soteras, E. (2011). Obtención y formulación de una bebida en base de granos de amaranto. Tesis de post grado. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina.

- Túpaca, V. (2012). Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii* Walp). Lima. 45, 78.
- Velásquez, H. (2007). Interacción entre *Bradyrhizobium* sp. y micorrizas vesicales o arbusculares en el rendimiento de paliar (*Phaseolus lunatus* L.). . Tesis Ingeniero Agrónomo. UNALM.
- Veli, R. (1999). Efecto del abonamiento y la densidad de siembra en el rendimiento del pallar (*Phaseolus lunatus* L.) cv. G-25237 de crecimiento determinado bajo el sistema de riego por goteo. Lima, Perú.
- Zhu, Y., Chen, H., Fan, J., Wang, Y., Li, Y., Chen, J., Fan, J., Yang, S., Hu, L., Leung, H., Mew, T., Teng, O., Wang, Z., & Mundt, C. (2000). Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 2000, vol. 406, p. 718-722..

## **VIII. ANEXOS**

## **ANEXO 1**

### **Métodos de análisis químico proximal**

#### **1. Determinación De Humedad (Método de la estufa de aire (A.O.A.C. 1990))**

##### **Fundamento**

El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire.

##### **Material y Equipo**

- ✓ Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg
- ✓ Cápsulas de vidrio, porcelana o metálica, con tapa
- ✓ Desecador con deshidratante adecuado
- ✓ Estufa regulada a  $103 \pm 2$  °C
- ✓ Material usual de laboratorio

##### **Procedimiento**

- ✓ Efectuar el análisis en duplicado
- ✓ Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- ✓ Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Registrar (m1). Pesar 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m2).



- ✓ Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105 °C x 5 horas.
- ✓ Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.
- ✓ Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (m3).

### **Cálculo y expresión de resultados**

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\% \text{Humedad} = \frac{m2 - m3}{m2 - m1} \times 100$$

Dónde:

- m1: masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos
- m2: masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos
- m3: masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

Repetibilidad: La diferencia de los resultados no debe ser superior al 5% del Promedio.

## **2. Determinación de Proteínas (Método de Kjeldahl – equipo automático A.O.A.C. 1984)**

## **Fundamento**

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en ácido bórico. El borato de amonio formado se valora con ácido sulfúrico.

## **Material y Equipo**

- ✓ Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- ✓ Equipo automático (digestor y destilador).
- ✓ Matraces Erlenmeyer de 500 ml.
- ✓ Material usual de laboratorio.

## **Reactivos**

- ✓ Ácido sulfúrico concentrado, p.a.
- ✓ Agua oxigenada al 30 %.
- ✓ Catalizador Wieninger (tabletas o en polvo),
- ✓ Indicador mixto N° 5, para valoraciones de amoníaco
- ✓ Solución de ácido bórico al 3 % p/v.
- ✓ Solución de ácido sulfúrico 0.20 N.
- ✓ Solución de hidróxido de sodio al 32 % p/v

## **Procedimiento**

- ✓ Realizar la muestra en duplicado.

- ✓ Pesar al 0.1 mg. alrededor de 700 a 750 mg de muestra homogeneizada (m), en papel filtro libre de nitrógeno, plegar el papel y colocar en tubo de digestión.
- ✓ Agregar 1 tableta o 5 g del catalizador, 3 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30 % y 20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc. Poner a digerir en nivel 4 del regulador de temperatura durante media hora, luego elevar temperatura a nivel 6 por media hora y finalmente a nivel 8 hasta que la muestra esté completamente cristalina, aproximadamente 2.5 horas en total.
- ✓ Enfriar hasta aproximadamente 40 °C, agregar 40 ml de agua destilada y agitar para mezclar bien, antes de destilar.
- ✓ Colocar al matraz donde se recibirá el destilado 30 ml de ácido bórico al 3 %, 5 gotas del indicador mixto N° 5 y 150 ml de agua destilada. La salida del destilador debe quedar sumergida en la solución.
- ✓ Adaptar el tubo que contiene la muestra herméticamente y agregar el hidróxido de sodio al 32 % hasta que no se observe reacción (aproximadamente 60 ml).
- ✓ Destilar hasta obtener un volumen final de 400 ml.
- ✓ Titular el destilado con ácido sulfúrico 0.20 N hasta viraje del indicador (verde a rosado pálido).

### **Cálculo y Expresión de Resultados**

$$\% \textit{Proteína} = \frac{1.4 \times N \times V \times \textit{Factor}}{m}$$

Dónde:

N: normalidad del ácido sulfúrico

V: Volumen gastado de ácido sulfúrico en la titulación

M: masa de la muestra

Factor: 6.25: para carne, pescado, huevo, leguminosas y proteínas en general.

- 5.7: para cereales y derivados de soya.
- 6.38: leche
- 5.55: gelatina
- 5.95: arroz

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

Repetibilidad. La diferencia entre 2 resultado no debe ser superior a un 2% del promedio

### **3. Determinación de Grasa (Metodo Gravimetrico NTP 209.263)**

#### **Principio del Método**

El método está basado en la extracción de la grasa en la muestra, con éter de petróleo previamente hidrolizado con ácido clorhídrico.

#### **Reactivos**

- ✓ Éter de petróleo p.a intervalo de ebullición de 40 °C-60°C
- ✓ Solución de ácido clorhídrico 8N
- ✓ Agua Destilada
- ✓ Equipos y Materiales
- ✓ Balanza Analítica, con resolución de 0.1mg
- ✓ Estufa con regulador de temperatura a 100°C+-2°C
- ✓ Planchas de calentamiento
- ✓ Equipo de extracción tipo soxhlet con balón de capacidad
- ✓ de 250 ml
- ✓ Vasos de precipitación de 300 ml o 500 ml
- ✓ Probeta graduada de 100 ml
- ✓ Lunas de Reloj
- ✓ Embudos de vidrio
- ✓ Dedales para extracción
- ✓ Papel filtro de porosidad media
- ✓ Desecador de vidrio con agente desecante

## **Preparación de la muestra**

Homogenizar la muestra en forma natural, en una bolsa de plástico, cuya capacidad sea doble de la muestra a analizar, aproximadamente 1min.

## **Procedimiento**

- ✓ Pesar 4g- 5g de muestra en un vaso de precipitación de 300 mL-500 ml
- ✓ Agregar lentamente mientras se agita, 45 ml de agua hirviendo para lograr una buena homogenización o Adicionar 55 ml de ácido clorhídrico 8N y agitar
- ✓ Cubrir con una luna de reloj y llevar lentamente a ebullición por 15min.
- ✓ Enjuagar la luna de reloj con agua destilada (aproximadamente 100 ml)
- ✓ Filtrar a través de papel filtro de porosidad media, enjuagando el vaso de precipitación tres veces con agua destilada.
- ✓ Continuar lavando el filtro hasta que el agua de lavada no de reacción acida.
- ✓ Transferir el papel húmedo y la muestra a un dedal de extracción y secar en un vaso pequeño a 100°C por un tiempo de 2 horas.
- ✓ Secar el balón de 250 ml por 1ha 100°C, enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y pesar.
- ✓ Colocar el dedal de extracción que contiene la muestra en el Soxhlet y añadir éter de petróleo (120 ml a 150 ml según la capacidad del Soxhlet)
- ✓ Reflujar la muestra 4h, ajustando el calor de modo que el extractor sifonee mas de 30 veces.
- ✓ Secar el balón con la grasa extraída a 100°C hasta peso constante.

- ✓ Enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y pesar.

### **Expresión de resultados**

$$\%Grasa = \frac{P2 - P1}{m} \times 100$$

Donde:

P2: Peso de balón con grasa, g

P1: Peso de balón vacío, g

M: Peso de Muestra, g

## **4. DETERMINACIÓN DE CENIZAS (Metodo Gravimetrico NTP 209.265)**

### **Principio del Método**

El método se basa en la calcinación de la muestra a 550°C-600°C.

### **Equipos y Materiales**

- ✓ Crisoles de porcelana
- ✓ Balanza analítica con resolución de 0.1mg
- ✓ Cocinilla, mechero
- ✓ Horna mufla para ser usado de 550°C a 600°C

- ✓ Estufa
- ✓ Desecador con agente desecante

### **Preparación de la muestra**

Homogenizar la muestra en forma natural, en una bolsa de plástico, cuya capacidad sea el doble de la muestra a analizar, aproximadamente 1min.

### **Procedimiento**

- ✓ Pesar 2gr de muestra en el crisol de porcelano previamente pesado
- ✓ Quemar muestra hasta la desaparacion de humos
- ✓ Colocar el crisol con la muestra en el horno mufla precalentado de 550°C a 600°C.
- ✓ Mantener el crisol en el horno hasta obtener cenizas libres de carbon.
- ✓ Colocar el crisol en una estufa por media hora.
- ✓ Transferir el crisol a un desecador, enfriar no menos de media hora y pesar.

### **Expresión de Resultados**

**% Cenizas**

$$= \frac{\text{Peso de crisol con residuo (g)} - \text{Peso crisol vacio (g)}}{\text{Peso de Muestra (g)}} \times 100$$

Reportar el porcentaje de cenizas al primer decimal.

## **5. Determinación de la Fibra (Método NTP 205.003)**



## **Principio del método**

El residuo proveniente de la extracción de grasas de una muestra se somete a un doble hidrolisis acida y alcalina. El filtrado se seca en una estufa y se pesa. Se lleva a ignición en una mufla hasta destrucción de la materia orgánica y se vuelve a pesar. La diferencia entre ambas pesadas da el contenido de fibra cruda que se expresa en 100gr de muestra seca.

## **Aparatos**

- ✓ Estufa con termostato y aproximación de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Mufla eléctrica: Con termostato, que permita mantener durante el ensayo una temperatura de  $600^{\circ}\text{C}$  a  $650^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Balanza Analítica: Con presión de 0.0001g.

## **Reactivos**

- ✓ Solución de ácido sulfúrico al 1.25%
- ✓ Solución de hidróxido de sodio al 1.25% libre de carbonatos
- ✓ Alcohol etílico al 95%
- ✓ Éter etílico o éter de petróleo.

## **Materiales**

- ✓ Crisoles o Gooch Preparados con amianto o de porosidad media.
- ✓ Frasco lavador
- ✓ 02 vasos de 600cm<sup>3</sup>

- ✓ Papel filtro Whatman N°1 equivalente
- ✓ Embudo Buchner
- ✓ Papel filtro tarado. Whatman N°42 o equivalente

### **Preparación de la Muestra**

Se muele la muestra, de manera que el 99% de las partículas pasen por el tamiz ITINTEC 0.841 mm (N°20).

### **Procedimiento**

- ✓ Se determina exactamente una masa de 2g a 5g de la muestra con aproximación de 0.0001g.
- ✓ Se extrae la grasa de la muestra con éter de petróleo o éter etílico hasta que el solvente quede incoloro.
- ✓ Se seca la muestra hasta evaporar el solvente y se transfiere al vaso de 600cm<sup>3</sup>. Se añade 200cm<sup>3</sup> de la solución de ácido sulfúrico caliente y se hierve durante 30 min contados desde el momento en que empieza la ebullición manteniéndose el volumen inicial.
- ✓ Se filtra en caliente, utilizando el papel de filtro Whatman N°1 y se lava el residuo con agua caliente destilada, hasta neutralidad del líquido del lavado.
- ✓ Se filtra en el crisol o sobre el papel de filtro Papel filtro tarado, Whatman N°42. Con ayuda de un chorro fino de agua destilada se pasa todo el residuo del vaso al filtrado. Se sigue lavando el vaso y el filtro hasta que el líquido cristalino no de

reacción alcalina. Luego se lava con por lo menos 2 porciones de 100cm<sup>3</sup> de alcohol etílico al 95%.

- ✓ Se seca en estufa a 130°C. se deja enfriar en un desecador y se determina la masa. Se repite este proceso hasta obtener masa constante. Descontada la tara, la cifra obtenida representa la masa de fibra bruta.
- ✓ Se calcina hasta cenizas blancas, se enfría en desecador y se determina la masa. Descontada la tara, la cifra obtenida representa la masa de las cenizas de la fibra.

### **Expresión de resultados**

La diferencia entre las determinaciones de masa representa la fibra cruda llamada también fibra pura.

El contenido de fibra cruda se halla mediante la siguiente formula:

$$Fc = \frac{Fb - C}{M} \times 100$$

Donde:

Fc: Por ciento de fibra cruda.

Fb: Masa de fibra bruta, en gramos.

C: Masa de cenizas de la fibra, gramos.

M: Masa de la muestra, en gramos

El contenido de fibra cruda sobre base seca, se halla mediante la siguiente formula:

$$FC (masa seca) = \frac{Fc \times 100}{(100 - H)}$$

Donde:

Fc: Por ciento de fibra cruda.

Fb: Masa de fibra bruta, en gramos

C: Masa de cenizas de la fibra, en gramos

M: Masa de la muestra, en gramos

El contenido de fibra cruda sobre base seca, se halla mediante la siguiente formula:

$$Fc (masa seca) = \frac{Fc \times 100}{(100 - H)}$$

Donde:

Fc: Por ciento de fibra cruda

H: Humedad de la muestra

## **6. DETERMINACIÓN DE HIDRATOS DE CARBONO**

La determinación de hidratos de carbono se realiza por diferencia según las recomendaciones de la FAO y la OMS (1982), a partir de los resultados obtenidos en las determinaciones de grasa (G), cenizas ( C ), proteína (P), humedad (H) y fibra dietética (FD) de forma que:

$$\text{HIDRATOS DE CARBONO (\%)} = 100 - (G + C + PB + H + FD)$$

## **7. DETERMINACION DE CONTENIDO CALORICO (KCAL%)**

Según la FAO (1982) y la Universidad Complutense de Madrid (2012), el cálculo de calorías, valor energético o calórico se halla en términos de kilocalorías la oxidación de los alimentos en el organismo tiene como valor medio el siguiente rendimiento:

1 g de grasa = 9 kcal, 1 g de proteína = 4 kcal, 1 g de hidratos de carbono = 4 kcal, 1 g de fibra  $\approx$  2 kcal

## ANEXO 2

### Pruebas de medición del grado de satisfacción

Nombre:.....

Fecha:.....

Producto:.....

**Instrucciones:** A continuación, se presenta 3 muestras de un complemento alimenticio obtenido por extrusión a base de arroz ñelén, gritz de frijol pallar y harina de algarroba. Pruebe las muestras de izquierda a derecha. Indique su nivel de agrado con respecto a la característica en cada muestra colocando el número de acuerdo a la escala que se encuentra en la parte inferior.

MUESTRA	Olor	Color	Sabor	Apariencia
F1				
F2				
F3				

**Donde:**

**Descripción**

**Valor**

Me gusta muchísimo	(9)
Me gusta mucho	(8)
Me gusta bastante	(7)
Me gusta ligeramente	(6)
Ni me gusta ni me disgusta	(5)
Me disgusta ligeramente	(4)
Me disgusta bastante	(3)
Me disgusta mucho	(2)
Me disgusta muchísimo	(1)

Comentarios y sugerencias:

---

---

---

---

---

---

### Resultados de la evaluación sensorial

ATRIBUTO: OLOR			
PANELISTA	M1	M2	M3
1	4	6	7
2	6	6	8
3	6	4	7
4	5	7	6
5	8	5	7
6	6	6	7
7	6	4	5
8	7	7	7
9	6	5	5
10	6	6	6
11	3	5	8
12	4	6	5
13	7	7	7
14	5	6	8
15	5	6	7
16	4	5	7
17	6	7	8
18	7	7	6
19	4	4	7
20	5	5	7
21	6	6	7
22	2	7	7
23	6	6	8
24	7	7	6
25	5	5	6
26	8	3	8
27	5	6	6
28	8	8	8
29	7	5	9
30	6	5	8
Total	170	172	208

<b>ATRIBUTO: COLOR</b>			
<b>PANELISTA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
<b>1</b>	4	8	7
<b>2</b>	5	7	8
<b>3</b>	5	6	6
<b>4</b>	4	6	6
<b>5</b>	7	4	2
<b>6</b>	6	8	6
<b>7</b>	5	6	4
<b>8</b>	4	4	5
<b>9</b>	4	5	5
<b>10</b>	6	6	6
<b>11</b>	5	7	7
<b>12</b>	3	5	6
<b>13</b>	7	7	7
<b>14</b>	6	5	6
<b>15</b>	5	6	8
<b>16</b>	5	7	5
<b>17</b>	6	6	7
<b>18</b>	4	4	5
<b>19</b>	6	6	3
<b>20</b>	5	5	6
<b>21</b>	6	6	7
<b>22</b>	3	7	5
<b>23</b>	6	6	5
<b>24</b>	6	7	7
<b>25</b>	5	6	5
<b>26</b>	5	5	4
<b>27</b>	6	6	7
<b>28</b>	5	5	7
<b>29</b>	6	6	7
<b>30</b>	6	7	7
<b>Total</b>	139	179	176



<b>ATRIBUTO: SABOR</b>			
<b>PANELISTA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
<b>1</b>	5	7	8
<b>2</b>	7	6	8
<b>3</b>	5	7	7
<b>4</b>	5	5	7
<b>5</b>	6	6	8
<b>6</b>	6	7	7
<b>7</b>	7	8	6
<b>8</b>	6	6	6
<b>9</b>	3	8	6
<b>10</b>	5	6	7
<b>11</b>	5	6	8
<b>12</b>	6	6	7
<b>13</b>	8	6	8
<b>14</b>	4	4	6
<b>15</b>	5	6	8
<b>16</b>	6	7	7
<b>17</b>	6	7	7
<b>18</b>	4	6	6
<b>19</b>	4	6	8
<b>20</b>	6	5	9
<b>21</b>	6	5	8
<b>22</b>	3	4	5
<b>23</b>	7	8	6
<b>24</b>	8	7	7
<b>25</b>	6	6	8
<b>26</b>	2	6	8
<b>27</b>	5	7	9
<b>28</b>	6	6	8
<b>29</b>	5	4	9
<b>30</b>	4	7	8
<b>Total</b>	146	185	220

<b>ATRIBUTO: APARIENCIA</b>			
<b>PANELISTA</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
<b>1</b>	5	6	8
<b>2</b>	7	7	9
<b>3</b>	5	6	5
<b>4</b>	2	4	8
<b>5</b>	5	4	8
<b>6</b>	6	6	7
<b>7</b>	6	7	5
<b>8</b>	2	7	6
<b>9</b>	5	4	7
<b>10</b>	6	5	6
<b>11</b>	4	5	5
<b>12</b>	4	5	6
<b>13</b>	6	7	7
<b>14</b>	3	6	7
<b>15</b>	5	6	5
<b>16</b>	6	7	7
<b>17</b>	4	7	8
<b>18</b>	5	6	6
<b>19</b>	3	6	7
<b>20</b>	3	5	6
<b>21</b>	6	6	8
<b>22</b>	9	8	7
<b>23</b>	7	7	6
<b>24</b>	6	7	7
<b>25</b>	5	5	6
<b>26</b>	4	6	8
<b>27</b>	4	5	5
<b>28</b>	5	7	6
<b>29</b>	4	7	7
<b>30</b>	6	8	7
<b>Total</b>	133	182	200

### ANEXO 3

#### **Determinación del índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA)**

Se determinaron los IAA e ISA en las harinas de acuerdo a la metodología por Anderson (1969). Este análisis permite cuantificar la cantidad de agua incorporada a la harina y el porcentaje de sólidos solubles disueltos en agua a una temperatura de 30°C. Cada muestra de harina de 2.5 g en base seca, fue colocada en tubos de propileno de 50 ml previamente tarados y se adicionaron 40 ml de agua destilada. Los tubos fueron colocados en un baño maría con agitación a 30°C durante 30 minutos. Pasado este tiempo los tubos se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 minutos. El sobrante se vertió cuidadosamente en vasos tarados para evaporarse en estufa a 105°C durante 24 horas y se pesó el residuo de la evaporación. Por otro lado, se determinó el peso del residuo de centrifugación por diferencia de peso de los tubos de propileno. El IAA se expresó como una relación del peso del residuo de la evaporación y el peso seco de la muestra. Para calcular los índices se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$IAA = \frac{\text{Peso del residuo de centrifugación}}{\text{Peso seco de la muestra} - \text{Peso del residuo de evaporación}}$$

$$\%ISA = \frac{\text{Peso del residuo de evaporación}}{\text{Peso seco de la muestra}} * 100$$

#### **ANEXO 4**

##### **Determinación del tamaño de partícula**

Para determinar la granulometría de las harinas se utilizará los procedimientos y sugerencias de Bedolla y Rooney (2004). Se pesarán muestras de 100g. y se agitarán en el equipo de tamizado Ro – Tap durante 15 minutos, al término del tiempo se separa y se pesa las fracciones retenidas en las diferentes mallas. Las mallas a utilizar serán: 10, 12, 14, 30, 40, 60, 100. La correspondencia de valores en milímetros se muestra en la tabla 23.

##### **Tamaños de abertura de acuerdo al número de malla (mesh)**

<b>Malla o número de tamiz</b>	<b>Tamaño de apertura</b>
14	1.41 mm
18	1 mm
20	0.841 mm = 841 $\mu$ m
30	0.594 mm = 594 $\mu$ m
40	0.419 mm = 419 $\mu$ m
60	0.250 mm = 250 $\mu$ m
80	0.178 mm = 178 $\mu$ m
100	0.150 mm = 150 $\mu$ m
120	0.125 mm = 125 $\mu$ m

Fuente: Bedolla y Rooney (2004)

El valor del porcentaje retenido en cada malla se determinó por la siguiente fórmula:

$$\%R_{mn} = \frac{100 * P_n}{PI}$$

Donde:

$\%R_{mn}$  = Porcentaje retenido en la malla n.

$P_n$  = Peso del producto retenido en la malla n

n = Número de malla.

PI = Peso de la muestra inicial.

## ANEXO 5

### Recomendaciones de la FAO sobre necesidades diarias de nutrientes

Tabla 32. *Valores diarios (%VD) de los componentes del alimento*

COMPONENTE DEL ALIMENTO	VD
Niacina	20 mg
Grasas saturadas	20 mg
Colesterol	300 miligramos (mg)
Sodio	2.400 mg
Potasio	3.500 mg
Carbohidratos totales	300 g
Fibras alimenticias	25 g
Proteínas	50 g
Vitamina A	5,000 unidades internacionales (IU)
Vitamina C	60 mg
Calcio	1,000 mg
Hierro	18 mg
Vitamina D	400 IU
Vitamina E	30 IU
Vitamina K	80 micrograms µg
Tiamina	1.5 mg
Riboflavina	1.7 mg
Niacina	20 mg
Vitamina B6	2 mg
Folato	400 µg
Vitamina B1	6 µg
Biotina	300 µg
Pantothenic acid	10 mg
Fósforo	1,000 mg
Yodo	150 µg
Magnesio	400 mg
Cinc	15 mg
Selenio	18mg
Cobre	2mg
Molibdeno	75 µg
Cloruro	3,400 µg
Molybdenum	1,5 µg
Chloride	1,7 mg

Nota. FAO (2009)

## ANEXO 6

### Norma técnica: Harina de Algarroba

---

# NORMA TÉCNICA

## NTP209.602 PERUANA

---

2007

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145  
Lima, Perú

---

## HARINA DE ALGARROBA. Definiciones y Requisitos

ALGARROBA (Prosopis sp.) POD FLOUR. Definitions and specifications

**2007-07-11**

**1° Edición**

R.0068-2007/INDECOPI-CRT Publicada el 2007-07-26

Precio basado en 10

páginas I.C.S.: 67.020, 01.040.67

ESTA NORMA ES

RECOMENDABLE Descriptores: Algarroba, harina, mesquite, especificaciones

---

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Algarroba y sus Derivados, mediante el sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio del 2006 hasta marzo del 2007; utilizando como antecedentes a los que se mencionan en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Algarroba y sus Derivados presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha 2007-04-27, el PNT 209.602,2007, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2007-05-12. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 209,602:2007 HARINA DE ALGARROBO. Definiciones y Requisitos, 1ª Edición, el 26 de Julio del 2007.

A.3 La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 Y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	CITE Agroindustrial Piura
Presidente	Roger Lazo Zapata- Productos Naturales Tallán
Secretario	Gastón Cruz Alcedo
Consultora	Patricia Infante Villanueva

ENTIDAD	REPRESENTANTE
Agro Transformadora Norte E.I.R.L	Falconery Guzmán Palacios
Asociación de Pequeños Productores de Algarrobina Y Derivados.	Elmer Elías Yarlequé
BAUVI EIRL	Baltazar Augusto Vílchez
Ecobosque S.R.L	Estela Arroyo Inga



Molino Arévalo	Manuel Arévalo Acha
Santa María de Locuto S.R.L.	José Cordova Huertas Albino Vicente Saucedo
Productos Naturales Tallán	Roger Lazo Zapata Adelaida Lorena Lazo Silva
PRONOR	José Ramos Navarro
Productos San Luis	Juan Luis Lachira Rugel
PROTEINAS DE EXPORTACIÓN S.A.C.	Humberto Martínez Calle
La Española E.I.R.L.	Alberto Casas García
Ministerio de Agricultura – DPA-DRA	Carlos Custodio López
Ministerio de Salud – Dirección Piura (DESA)	Dorian Yasser Aguirre Campos
Asociación Nueva Labor	José Fabián Zapata Vicente
CETPRO Cayetano Heredia – Catacaos	Raúl Bedregal Manrique
CITE Agroindustrial Piura	Luis Casaverde Pacherez Ana María Rivera Condorí Arturo Arbulú Zuazo
Colegio de Biólogos de Perú	Dorothy Torres de León
INASSA	Oscar Miguel Torres de León
INDECOPI	Patricia Infante Villanueva
Profesional Independiente	Cristina Portocarrero Lau
Profesional Independiente	Teresa Montoya Peña
SENASA	Freddy Saavedra Silva Lilian Timaná Mayanga
Universidad de Piura	Fabiola Ubillús Albán Nora Grados Quesada
Universidad Nacional de Nordeste, Chaco. Argentina	Dante Prokopiuk

## **HARINA DE ALGARROBA. Definiciones y requisitos.**

### **1. OBJETO**

Esta norma Técnica Peruana Establece las definiciones, terminología y requisitos, que debe cumplir el producto derivado del proceso de secado, molienda y tamizado que la algarroba, fruto del algarrobo peruano. (*Prosopis pallida*), destinado al consumo humano directo o para uso industrial.

### **2. REFERENCIAS NORMATIVAS**

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos basándose en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de la Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

#### **2.1 Normas Técnicas Peruanas**

2.1.1	NTP 209.601:2003	ALGARROBO. Definiciones y requisitos.
	NTP 209.038:2003	Alimentos Envasados. Etiquetado

#### **2.2 Normas Técnicas Internacionales**

CAC/RCPI – 1969 Rev. 4(2003)	Código Internacional de Prácticas Recomendado para Principios Generales de Higiene de los Alimentos
------------------------------	---

---

**NORMA TÉCNICA****NTP 209.602**

---

**2.3 Normas Técnicas Nacionales**

2.3.1 NTCA 2160:2006 Harina de Avenas para Consumo Humano  
Capítulo 6.9

**2.4 Normas Técnicas de Asociación**

2.4.1 AOAC 966.23 C Microbiological Method. C. Aerobic Plate  
Count. 17  
th Edition, (2000), Tomo I, Capítulo 17, Página

1  
2.4.2 AOAC 087.09 Stphylococcus aureus in Foods. 17 th Edition,  
(2000), Tomo I, Capítulo 17, Pagina 52

2.4.3 AOAC 925.10 Solids (Total) anda Moisture in Flour. 17th  
Edition,

2.4.4 AOAC 979.09 (2000), Tomo I, Capítulo 32, Pagina 1  
Protein in Grains 17th Edition, (2000), Tomo II,  
Capítulo 32, Pagina 30

2.4.5 AOAC 923.03 Ash of Flour. 17th Edition, (2000) Tomo II,  
Capítulo

2.4.6 AOAC 986.22 Capítulo 32, Pagina 2  
Aflatoxins in Peanuts and Peanut Prodcuts.  
17th

2.4.7 FDA/CFSAN Edition, (2000) Tomo II, Capítulo 49. Pagina 9  
Bacteriological Analytical Manual. On Line.

(2001).  
Revisión de la 8ª Edicion. Capítulo 18. Yeasts,  
molds

2.4.8 FDA And mycotoxins  
Bacteriological Analytical Manual. On Line.

(2001).  
Revisión de la 8ª Edicion. Capítulo 4.

Enumeration of  
Escherichia coli and californ bacteria

2.4.9 FDA/CFSAN Bacteriological Analytical Manual. On Line.  
(2001).

Salmonella  
Revisión de la 8ª Edicion. Capítulo 5.

### **3 CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta Norma Técnica Peruana se aplica al producto resultante del proceso de secado y molienda de la algarroba madura (define incluir también operaciones posteriores de mezclado), que se utiliza para la alimentación humana.

### **4 DEFINICIONES**

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones, complementarias a las establecidas en NTP 209.601:

- 1.1 molienda:** Proceso mediante el cual se reduce el tamaño de partícula; este dependerá del tipo y características del molino.
- 1.2 tamizado:** Proceso mediante el cual se separan las partículas de distinto tamaño, por medio de mallas o placas perforadas de distintas dimensiones.
- 1.3 secado:** Proceso por el cual la algarroba pierde humedad; la fuente de calor por lo general es aire caliente.
- 1.4 carozo:** Endocarpio de la vaina de algarroba, duro y fibroso, en cuyo interior se encuentran alojados las sencillas.
- 1.5 harina de algarroba:** Producto obtenida por la molienda de vainas de algarroba (*Prosopis pallida*), sanas, previamente lavadas, de las que se han eliminado el carozo y gran parte de las semillas, y secadas hasta la humedad apropiada que permita la molienda fina, hasta obtener una harina de granulometría establecida.

**5 REQUISITOS DE CALIDAD****5.1 Requisitos Organolépticos**

El producto objeto de esta Norma Técnica Peruana debe cumplir con los requisitos organolépticos que se señalan en la Tabla 1:

**TABLA 1 – Requisitos organoléptico**

Componentes	Características
Aspecto	Polvo homogéneo, libre de grumos, exento de toda sustancia o material extraño a su naturaleza
Aroma	Intenso. Característico de algarroba
Sabor	Característico de algarroba, dulce, ligeramente amargo y astringente
Color	Cercano de beige o beige oscuro, dependiendo del grado de secado.

**5.2 Requisitos fisicoquímicos**

El producto objeto de esta Norma Técnica Peruana debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos que se señalan en la Tabla 2:

**TABLA 2 – Requisitos Fisicoquimicos**

Componentes	Valores	Método Analítico
Humedad, %	Maximo 5	AOAC Official Method 925.10. Solids (Total) and Moisture in Flour
Tamaño de partícula retenido, %	Como máximo 0.5% del peso de la harina quedará retenido en la malla de 18 micras y como máximo el 50% del peso de la harina quedara retenido en la malla de 150 micras	NTC 2160. Harina de Avena para consumo Humano. Capitulo 6.9
Proteína Cruda, %	7 – 15	AOAC Official Method 979.09. Protein in Grains
Cenizas, %	Máximo 5	AOAC Official Method 923.03. Ash of Flour
Aflatoxinas B1, B2, G1, G2 (ppb)	Máximo 10	AOAC Official Method 968.22. Aflatoxins in Peanuts and Peanut Products

### 5.3 Requisitos microbiológicos

El producto objeto de esta norma Técnica Peruana debe cumplir con los requisitos microbiológicos que se señalan en la tabla 3:

**TABLA 3 – Requisitos microbiológicos**

<b>Componente</b>	<b>Límite permisible</b>	<b>Método Analítico</b>
Aeróbicos mesófilos (UFC/g) 966.23 C	$10^2$	AOAC Official Method
Mohos y levaduras (ufc/g) Capítulo 18	$10^2$	FDA/FCSAN BAM.
Escherichia coli (UFC/g) Capítulo 4	$10^2$	FDA/FCSAN BAM.
Staphylococcus aureus (UFC/g) 966.23 C	$10^2$	AOAC Official Method
Salmonella en 25g Capítulo	Ausencia	FDA/FCSAN BAM.

## **6 CONTAMINANTES**

### **6.1 Metales pesados**

La harina de algarroba no debe contener metales pesados en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud humana.

### **6.2 Residuos de plaguicidas**

La harina de algarroba debe ajustarse a los límites máximos para residuos de plaguicidas establecidos por el CODEX ALIMENTARIUS.

**7 HIGIENE**

Se recomienda que el producto al que se refieren de esta norma, se prepare y manipule de conformidad con el Código Internacional de Prácticas Recomendado para Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1.

**8 ENVASADO**

La harina de algarrobo debe envasarse y manipularse en recipientes que mantengan las cualidades nutritivas, higiénicas y tecnológicas del producto.

Los envases deben estar fabricados únicamente con materiales que sean inocuos y adecuados para el uso en alimentos. No deben transmitir al producto ninguna sustancia tóxica, ni olores o sabores extraños.

**9 ETIQUETADO**

Además de cumplir con las disposiciones de la NTP 209. 038, se aplicarán las siguientes disposiciones específicas

9.1 Independientemente del nombre comercial que se use, deberá indicarse siempre el nombre genérico: “harina de algarroba” en la parte principal de la etiqueta

9.2 En el caso de los productos alimenticios que contengan como ingrediente el producto objeto de esta norma, deberá referirse como “harina de algarroba” y no co otras demoninaciones que podrían confundir al consumidor

**10 ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE**

El producto se almacenará bajo condiciones apropiadas para evitar su deterioro, descomposición, y contaminación con productos tóxicos.



**11 ANTECEDENTES**

11.1	CODEX STAN 152 – 1985	Norma para la harina de trigo (Rev. 1:1995)
11.2	COVENIN 217:2001	Harina de trigo
11.3	NTP 205.031:1975	Sub productos de la molienda de
11.4	NTP 2005.044:1976	Harinas sucedáneas procedentes de leguminosas de                    grados alimenticio.

**ANEXO  
(INFORMATIVO)**

**BIBLIOGRAFIA**

- A.1 DIAZ RONCAL, CÉSAR A. Propuesta técnico- económica para la producción industrial de la harina de algarroba. Tesis de Ingeniería Industrial. Universidad de Piura. (2001)
- A.2 FELKER, P., GRADOS, N., CRUZ, G. and PROKOPIUP, D. Economic assessment of production of flour *Prosopis alba* and *P. pallida* pods for human food applications. *Journal of Arid Environments*. 53:517-528 (2003)
- A.3 FELKER PETER. Mesquite flour. New life for an ancient staple. *Gastronómica* 5:85-89 (2005)
- A.4 CRUZ, G Obtención de harina de algarroba y posibilidades de usarla en productos para la alimentación humana. Tesis de Ingeniería Industrial. Universidad de Piura. (1986)
- A.5 CRUZ, G Evaluation of flour from *Prosopis juliflora* and *Prosopis pallida* pods in bakery and extrusión - cooking products. In M.A. Habit (Ed.). *The current state of the knowledge con Prosopis juliflora*. FAO. Rome, 425-439 (1988)
- A.6 BRAVO, L., GRADOS, N., SAURA-CALIXTO, F. Composition and potential uses of mesquite pods (*Prosopis pallida* L): comparison with carob pods (*Ceratonia siliqua* L). *J. Sci. Food Agric*. 65: 303-306 (1994)
- A.7 PROKOPIUK DANTE BASILIO. "Sucedánep del café apartiir de algarroba (*Prosopis alba* Griseb)". Tesis Doctoral, Registro 2183, Universidad Politécnica de Valencia, España. 107 páginas. (2005)
- A.8 Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, Gaithersburg. Maryland, USA, 17th Edition, Vol. I and II. (2000)
- A.9 MINISTERIO DE SALUD. RM N° 615-2003-SA/DM. Criterios Microbiologicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Artículo 17. Punto 4. Productos deshidratados, liofilizados o concentrados y mezclas. Ítem 4.3 Mezcla en seco de uso Instantáneo.

## ANEXO 7

### Tomas fotográficas





## ANEXO 8

### Información nutricional de un producto extruido del mercado nacional: CORN FLAKES Kellogg's.

#### INFORMACION NUTRICIONAL

	100 g	%CDO	Ración 30 g	%CDO
CALORIAS	378 Kcal	18.90%	113 Kcal	5.70%
VALOR ENERGETICO	1064 KJ	19.10%	481 KJ	5.70%
GRASAS TOTALES	0.9 gr	1.30%	481KJ	0.40%
ACIDOS GRASOS				
SATURADOS	0.2 gr	1.00%	0.3 gr	0.30%
HIDRATOS DE CARBONO	84.0 gr	8.90%	2.4 gr	9.30%
AZUCARES	8.0 gr	8.90%	2.4 gr	2.70%
FIBRA ALIMENTARIA	3.0 gr	12.00%	0.9 gr	3.60%
PROTEINAS	7.0 gr	14.00%	2.1 gr	4.25%
SAL	1.13 gr	18.80%	0.34 gr	5.70%

Nota. Elaboración propia (2019)

**Estudio comparativo de los principales análisis fisicoquímicos de la formulación (F3) con mayor % de aceptabilidad en este trabajo de investigación y un alimento extruido convencional.**

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
	FORMULACIÓN 3	CORN FLAKES Kellogg's
CALORIAS	339.4 Kcal	378 Kcal
GRASA	1.8 gr	0.9 gr
PROTEINAS	11.6 gr	7.0 gr
CARBOHIDRATOS	76.4 gr	84.0 gr
FIBRA	7.8 gr	3.0 gr

Nota. Elaboración propia (2019)