



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

TESIS

**“Formulación y evaluación de un suplemento
alimenticio en polvo a base de maca (*Lepidium
meyenii*), maíz (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium
quinoa Willd*) mediante extrusión”**

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

PRESENTADO POR:

Bach. BERMEO PÉREZ WILY JHONATAN

Bach. CARRASCO TANTACHUCO LUIS ENRIQUE

ASESORADO POR:

Ing. M. Sc. JUAN FRANCISCO ROBLES RUIZ

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018

TESIS

“Formulación y evaluación de un suplemento alimenticio en polvo a base de maca (*Lepidium meyenii*), maíz (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) mediante extrusión”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Industrias Alimentarias

PRESENTADO POR:

Bach. BERMEO PÉREZ WILY JHONATAN

Bach. CARRASCO TANTACHUCO LUIS ENRIQUE

APROBADO POR:

Ing. M. Sc. Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno.

Jurado Presidente

Dra. Noemí León Roque.

Jurado Secretario

Ing. Héctor Lorenzo Villa Cajavilca.

Jurado Vocal

Ing. M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz.

Asesor

DEDICATORIA

A Dios por ser mi fuerza espiritual que me levantó cada vez que sentí no poder continuar y me permitió lograr llegar hasta este punto tan soñado, y también por poner en mi vida una compañera muy especial.

A mi madre adorada, Rosario, por inculcarme los valores necesarios para ser una persona de bien y por su constante motivación, apoyo y amor infinito.

A mi abuelo Oscar, por siempre ser como un padre ejemplar para sus nietos y alegrarse por cada logro que conseguimos.

A mi hermana Pamela, por su valioso sacrificio que significó apostar por mí y que debido a sus perseverantes deseos de superación, me hace admirarla y querer ser su reflejo.

Luis Enrique Carrasco Tantachuco

DEDICATORIA

A mis Padres Emelina y Grimaldo por su constante e incondicional respaldo durante mi formación ética y profesional. Porque cada logro alcanzado por mí, es gracias a ellos.

A mi familia y especialmente a mis hermanos por su apoyo y sus innumerables muestras de aliento y confianza, que hicieron de mí una persona tenaz y segura.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo por abrirme las puertas de sus aulas en las cuales pude encontrar docentes que me ayudaron a adquirir invaluable conocimientos que consolidaron mi camino como profesional.

Wily Jhonatan Bermeo Pérez

Agradecimiento

A Dios por conservarnos con salud, fortalecer e iluminar nuestro camino y bendecirnos con la culminación de nuestra investigación.

A nuestros padres que son la base fundamental de todo lo que somos y que le debemos dentro de todo nuestra valiosa educación académica y humana.

Al Ing. M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz, nuestro asesor, por apoyarnos en la dirección de esta Tesis y por sus ejemplares consejos, tanto en lo profesional como en lo personal.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por habernos formado profesionalmente y a cada maestro que marcó con sus enseñanzas cada etapa de nuestro camino universitario.

A nuestra familia en general, amigos, colegas, técnicos de laboratorios y a todas aquellas personas que de forma directa o indirecta contribuyeron al desarrollo y finalización de nuestro trabajo.

Los Autores.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN 1

ABSTRACT 1

INTRODUCCIÓN 2

I. FUNDAMENTO TEÓRICO 6

1.1 Materias primas 6

1.1.1 Maca (*Lepidium meyenii*)..... 6

1.1.2 Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*). 15

1.1.3 Maíz (*Zea mays L*)..... 23

1.2 Proceso de extrusión..... 27

1.2.1 Generalidades. 27

1.2.2 Variables de operación. 28

1.2.3 Factores implicados en el proceso de extrusión. 29

1.2.4 Transformaciones durante el proceso de extrusión. 38

1.2.5 Aplicaciones del proceso de extrusión..... 42

1.2.6 Métodos de evaluación del material extruido..... 43

1.2.7 Ventajas del proceso de extrusión..... 44

1.3 Suplemento alimenticio 45

1.3.1 Usos de los suplementos..... 46

1.3.2 Clasificación de los suplementos..... 47

1.3.3 Legislación de los suplementos en el Perú..... 48

1.3.4 Ámbito general de los suplementos en el Perú..... 49

1.4 Evaluación sensorial 50

1.4.1 Definición..... 50

1.4.2 Clasificación..... 51

1.4.3 Prueba hedónica..... 51

1.4.4 Montaje..... 52

1.4.5 Principales escalas..... 52

II. MARCO METODOLÓGICO 54

2.1 Lugar de ejecución 54

2.2 Tipo de investigación..... 54

2.3 Universo y muestra 55

2.3.1	Universo.....	55
2.3.2	Muestra.....	55
2.4	Variables de estudio.....	55
2.4.1	Variables independientes.....	55
2.4.2	Variables dependientes.	55
2.5	Instrumentación de recolección de datos	55
2.5.1	Equipos y materiales de laboratorio.....	55
2.5.2	Reactivos y soluciones de laboratorio.	57
2.6	Metodología experimental	57
2.6.1	Caracterización de la materia prima.	57
2.6.2	Obtención y evaluación de los tratamientos.	59
2.6.3	Caracterización del producto extruido.	65
2.6.4	Evaluación estadística.	67
III.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	68
3.1	Caracterización de la materia prima	68
3.1.1	Análisis proximal.....	68
3.1.2	Análisis microbiológico.	71
3.2	Obtención y evaluación de los tratamientos	71
3.2.1	Análisis proximal y energético.	71
3.2.2	Análisis sensorial.....	74
3.2.3	Elaboración del diagrama de flujo del proceso.	85
3.3	Caracterización del producto extruido	86
3.3.1	Análisis proximal y energético.	86
3.3.2	Análisis físico químico.	87
3.3.3	Análisis microbiológico.	89
IV.	CONCLUSIONES.....	90
V.	RECOMENDACIONES	92
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
VII.	ANEXOS	102

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Experiencia en el proceso de obtención del producto.....	102
Anexo 2. Desarrollo de la evaluación sensorial.....	103
Anexo 3. Tarjeta de evaluación de la prueba hedónica de 9 puntos.....	104
Anexo 4. Resultados del análisis sensorial (prueba hedónica de 9 puntos).	105
Anexo 5. Desarrollo de las pruebas físico-químicas de IAA e ISA.	106
Anexo 6. Ficha de homologación: Proyecto de alimento infantil fortificado instantáneo (2018).....	107
Anexo 7. Análisis microbiológico del producto final.....	109
Anexo 8. Presupuesto general del proyecto de tesis.	110
Anexo 9. Decreto de nombramiento de asesor de tesis.....	111
Anexo 10. Decreto de asignación de jurado de tesis.	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíz y tallo de la maca.....	8
Figura 2. Hojas compuestas de la maca	8
Figura 3. Fruto de la maca	9
Figura 4. Principales variedades de la maca.....	10
Figura 5. Diagrama de flujo de harina pre-tostada	14
Figura 6. Diagrama de flujo de harina gelatinizada	15
Figura 7. Cultivos de Quinoa.....	17
Figura 8. Representación de una extrusora de tornillo simple	32
Figura 9. Perfil del ajuste del doble tornillo y movimiento del material	33
Figura 10. Tipos de tolvas	34
Figura 11. Tornillo de una extrusora	35
Figura 12. Modelo de extrusor de tornillo simple.....	35
Figura 13. Sistema cilindro de calefacción-tornillos	37
Figura 14. Esquema de una extrusora con recirculación de agua fría	38
Figura 15. Pérdida de cristalinidad del almidón durante la extrusión	39
Figura 16. Formas físicas del almidón y los métodos de análisis.....	39
Figura 17. Efecto de la temperatura de extrusión sobre la proteína.....	40
Figura 18. Muestras de productos extruidos	43
Figura 19. Escala lineal con anclajes verbales.....	53
Figura 20. Boleta para prueba hedónica de 9 puntos usada para evaluar atributos sensoriales de Manjar Blanco	54
Figura 21. Diagrama de bloques para la obtención de las formulaciones ...	60
Figura 22. Comparación del valor proteico y energético de las muestras ...	73
Figura 23. Sexualidad de los panelistas y valoración de las muestras	74
Figura 24. Atributo principal según la evaluación hedónica	75
Figura 25. Frecuencia semanal de consumo de los panelista	75
Figura 26. Formulación óptima según la evaluación hedónica	84
Figura 27. Diagrama de flujo para la obtención del suplemento	85
Figura 28. Información nutricional del producto final	86
Figura 29. Curva granulométrica del producto final.....	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Análisis bromatológico de la raíz seca de maca	11
Tabla 2	Composición química y nutricional del tubérculo seco de maca.....	12
Tabla 3	Características de la semilla de algunas variedades de quinua	18
Tabla 4	Composición química y nutricional de la quinua	21
Tabla 5	Valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales	22
Tabla 6	Contenido de aminoácidos esenciales en la quinua y trigo	22
Tabla 7	Composición química y valor nutricional del maíz	25
Tabla 8	Clasificación de las pruebas sensoriales	51
Tabla 9	Métodos del análisis proximal de las materias primas	57
Tabla 10	Métodos del análisis microbiológico de las materias primas	58
Tabla 11	Pesos y porcentajes para cada formulación	59
Tabla 12	Orden de presentación balanceado para cinco muestras.....	64
Tabla 13	Rotulado para las muestras de la evaluación	64
Tabla 14	Clasificación de los tamices.....	66
Tabla 15	Métodos del análisis microbiológico para el producto final	67
Tabla 16	Composición proximal de la harina de maca	68
Tabla 17	Composición proximal de los granos de quinua	69
Tabla 18	Composición proximal de los gritz de maíz	70
Tabla 19	Análisis microbiológicos de las materias primas.....	71
Tabla 20	Composición proximal y valor energético de las formulaciones ...	72
Tabla 21	ANOVA para la evaluación sensorial del atributo olor	76
Tabla 22	Prueba de Tukey para la evaluación del atributo olor	77
Tabla 23	Subconjuntos homogéneos para la evaluación del olor.....	77
Tabla 24	ANOVA para la evaluación sensorial del atributo color	78
Tabla 25	Prueba de Tukey para la evaluación del atributo color	79
Tabla 26	Subconjuntos homogéneos para la evaluación del color.....	80
Tabla 27	ANOVA para la evaluación sensorial del atributo sabor	81
Tabla 28	Prueba de Tukey para la evaluación del atributo sabor	81
Tabla 29	Subconjuntos homogéneos para la evaluación del sabor.....	82
Tabla 30	ANOVA para la evaluación sensorial del atributo textura	83

Tabla 31	Promedios de las formulaciones en cada atributo sensorial	84
Tabla 32	Resultado del índice de absorción de agua (IAA).....	87
Tabla 33	Resultado del índice de solubilidad en agua (ISA)	87
Tabla 34	Resultado del tamizado del producto final	88
Tabla 35	Análisis microbiológico del producto final	89

RESUMEN

Debido a los índices alarmantes de malnutrición en el Perú, el presente trabajo de investigación experimental realizado en la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo tuvo como objetivo formular y evaluar un suplemento alimenticio en polvo a base de maca (*Lepidium meyenii*), maíz (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) mediante el proceso de extrusión.

Se evaluaron cinco formulaciones a través de diferentes análisis: proximal, energético, sensorial, microbiológico, índice de solubilidad (ISA), índice de absorción de agua (IAA) y tamaño de partícula. La elección de la formulación óptima se basó tanto en los resultados nutricionales como sensoriales en la cual se utilizó una prueba hedónica de 9 puntos que se procesaron en el software estadístico SPSS® versión 21.

La formulación óptima tuvo los siguientes resultados: una composición de maca, maíz y quinua de 15%, 60% y 25% respectivamente. En el análisis proximal y fisicoquímico se obtuvo 7.7% de humedad, 11.7% de proteína, 73.1% de carbohidratos totales, 5.1% de grasa, 384.8 kcal/100g de energía, 0.58 de ISA, 4.03 de IAA y 206 μm de tamaño de partícula significando un producto de buena calidad nutritiva y energética. En el análisis sensorial el puntaje promedio obtenido fue de 7.6 representando una categoría aceptable. Finalmente en el análisis microbiológico los valores se encontraron dentro de los límites permisibles según NTS N°071 MINSA/DIGESA siendo apto para el consumo.

Palabras clave: suplemento alimenticio; maca; maíz; quinua; extrusión.

ABSTRACT

This is an experimental investigation work due on the alarming indexes of undernourishment in Peru. The main objectives are the formulation and evaluation of a powder food supplement based of maca (*Lepidium meyenii*), corn (*Zea mays*), and quinoa (*Chenopodium quinoa*) through the process of extrusion. This work was developed at Pedro Ruiz Gallo University.

Five formulas were evaluated through different analysis: proximal, energetic, sensory, microbiological, index of solubility (ISA), index of water absorption (IAA) and size of particles. Then the optimal formula was based on the results of the treatment with the best qualification obtained in the sensory analysis by using the statistic software SPSS® version 21.

The optimal formula had the following results: a composition of maca, corn and quinoa of 15%, 60% and 25% accordingly. In the proximal and physicochemical analysis, 7.7% of humidity, 11.7% of protein, 73.1% of total carbohydrates, 5.1% of fat, 384.8 kcal / 100g of energy, 0.58 of ISA, 4.03 of IAA and 206 μm particles of determined size, meaning a product of good nutritional and energetic quality. The sensory analysis (hedonic scale of 9), reached a score of 7.6 representing an acceptable category. Finally, the microbiological analysis revealed values that are within the permissible limits given by NTS N° 071 MINSA / DIGESA being suitable for human consumption.

Key words: food supplement, maca, corn, quinoa and extrusion.

INTRODUCCIÓN

La lucha contra todas las formas de malnutrición está muy limitada con las características de los patrones alimentarios. Las últimas estimaciones reportan un aumento de la sub y sobre alimentación a nivel global, lo cual implicó que en el año 2016, el 11% de la población mundial sufriera de hambre, y que en América Latina, la obesidad afectara a 96 millones de adultos; a pesar de ello los niveles de desnutrición crónica infantil (DCI) disminuyeron valiosamente en la mayor parte de las regiones del mundo (FAO y OPS, 2017).

Según el INEI (2017), en el Perú, el índice de DCI en el 2017 fue de 12.9%, significando una disminución del 5.2% en los últimos cinco años, también informa que el 37.6% de los hogares integrados por niños(as) y/o adolescentes, existe al menos un menor de edad con déficit calórico, teniéndose mayor afectación en el área rural, y que la obesidad afecta al 36.9% de peruanos entre 15 a más años de edad siendo el área urbana donde se reporta la mayor incidencia.

Frente a este problema en que se ve afectada la población, es un desafío para la industria y la investigación, desarrollar alimentos que a su vez que sean competitivos y funcionales, cumplan con los requerimientos de nutrientes básicos; enmarcados dentro de políticas ambientales, saludables, procesos eficientes y disminución de costos.

El desarrollo de suplementos alimenticios puede representar una buena alternativa de solución ya que en el Perú se ha creado una tendencia por el consumo de este tipo de productos (Quintana, 2018). Asimismo la tecnología

de extrusión de cereales es la más utilizada en la industria de los alimentos de reconstitución instantánea ya que ofrece numerosas ventajas (Salas, 2003).

De esta manera en el presente informe se desarrolló y evaluó la obtención de un suplemento alimenticio en polvo mediante el proceso de extrusión que dentro de su formulación buscó incentivar el aprovechamiento de las propiedades nutritivas del maíz, la maca y la quinua, que son muy reconocidas por representar una fuente notable de energía y calidad proteica. Y además como lo menciona Becerra (2017), en el mercado peruano no se cuenta con productos nacionales de gran posicionamiento que aprovechen las ventajas nutricionales de los insumos originarios para satisfacer las necesidades alimenticias antes ya mencionadas, por lo que el producto tuvo un factor diferencial frente a los suplementos importados.

Por último tras el desarrollo del proyecto se consideró la realización de pruebas sensoriales, ya que según Liria (2007), sostiene que a través de estas pruebas, el estudio al grupo que va dirigido todo producto alimenticio que se intenta introducir al mercado o cambiar algún aspecto del mismo, es de valiosa importancia, ya que de esto dependerá la aceptación o rechazo del producto. Por lo tanto se propuso en la presente investigación, considerar los siguientes objetivos:

Objetivos Generales:

- Formular y evaluar un suplemento alimenticio en polvo a base de maca (*Lepidium meyenii*), maíz (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) mediante extrusión.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar las materias primas utilizadas en las diferentes fórmulas usando el análisis proximal y microbiológico.
- Diseñar el diagrama de flujo con parámetros para la obtención de un suplemento alimenticio en polvo a base de maca, maíz y quinua mediante extrusión.
- Realizar análisis proximal, sensorial, fisicoquímico y microbiológico del suplemento alimenticio en polvo obtenido por extrusión.

I. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 Materias primas

1.1.1 Maca (*Lepidium meyenii*).

1.1.1.1 Aspectos taxonómicos.

La familia de las Crucíferas, presenta 350 géneros y más de 2500 especies repartidas en todo el mundo, entre ellas, la más conocida es 'la maca'. La flora peruana tiene 22, considerando al género *Lepidium* con 13 especies, conservadas en el Herbario del Museo de Historia Nacional Javier Prado, Lima, incluyendo las especies *Lepidium Peruvianum Chacón* (Sifuentes et al., 2015).

Actualmente el nombre científico de la maca viene siendo cuestionado por las personas que se dedican a estudiarlo. La descripción original efectuada por Walpers en 1843 que puso el nombre de *Lepidium Meyenii Walp.* a la colección hecha por Meyenii cerca de la planicie de Pisacona en Puno, no corresponde a la forma cultivada que se tiene en el centro del Perú (Aliaga, 2014).

La primera investigación científica sobre la Maca fue realizada por Chacón (1961), bióloga peruana quien reportó que la Maca administrada en roedores durante 6 meses produce un aumento en el número de crías (Alvarado, 2015). El nombre botánico de la especie se sigue aceptando como *Lepidium Meyenii*, nombre que se conserva a pesar de los intentos de cambiarlo por *Lepidium Peruvianum G. Chacón* (Obregón et al., 2006). La clasificación taxonómica de la maca según Aliaga (2014) y Alvarado (2015) es la siguiente:

División: *Angiospermae o Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida o Dicotiledonea*

Subclase: *Dilleniidae*

Orden: *Capparales*

Familia: *Brassicaceae o Crucífera*

Género: *Lepidium*

Especie: *Lepidium meyenii Walpers / Lepidium peruvianum G. Chacón*

La pulpa de la maca es blanco-perla y tiene apariencia marmórea. La parte subterránea (hipocótilo) que es el tubérculo, es comestible y se aprecia mucho por su valor nutritivo, crece arrosetada y postrada a ras del suelo, ventaja que ha hecho, que la maca pueda prosperar bajo condiciones de clima extremo más allá de los 4.000 metros de altura, sobre el nivel del mar. Se compone de dos partes regulares bien definidas: una región exterior, cremosa y rica en azúcares y una región interior, firme y rica en almidones (Porres, 2008).

Raíz (hipocótilo): órgano reservante generalmente de forma cónica crece hasta 18 cm. de longitud (incluyendo raicillas secundarias) y de hasta 6.5 cm. de diámetro mayor, en muchos estudios se hace referencia al órgano reservante con el nombre de hipocótilo (figura 1). Su color varía de planta a planta, presenta coloración externa que va del amarillo claro al rojo oscuro, morado hasta negro o con variaciones de color en una misma raíz (Alvarado, 2015).

Tallo: Es corto y poco visible (Porres, 2008).



Figura 1. Raíz y tallo de la maca. Recuperado de Domínguez (2014).

Hojas: son compuestas y muestran dimorfismo, tamaño de 6 a 9 cm de longitud (figura 2); en plantas vegetativas son muy reducidas y en plantas reproductivas son grandes, dispuestas en forma de roseta ligeramente circular en la base (Aliaga, 2014).



Figura 2. Hojas compuestas de la maca. Recuperado de Aliaga (2014).

Flores: son hermafroditas, actinomorfas, de color verde claro y muy pequeñas, su tamaño promedio está entre 1.5 a 2.0 mm. Sus pétalos son de color blanco de 0.7 mm en promedio y sus sépalos varían su color entre el verde y el verde violáceo, miden 1.2 mm en promedio. (Alvarado, 2015).

Fruto: Los frutos de la maca son silículas que se caracterizan por tener solamente dos semillas, separadas por un tabique el cual divide al fruto en dos porciones iguales (figura 3), las semillas son de un color naranja, aunque la gama varía de amarillo a naranja y marrón (Porres, 2008).



Figura 3. Fruto de la maca. Recuperado de Domínguez (2014).

1.1.1.2 Variedades.

En estudios realizados en Carhuamayo, Departamento de Junín, se reportaron la presencia de 13 variedades de Maca cuyos colores varían desde el blanco hasta el negro. La variedad más frecuentemente observada es la amarilla (47,8%). Varios autores mencionan a estas variedades definidas por diferentes colores externos como ecotipos (Alvarado, 2015).

Es preciso comentar que las diferentes coloraciones externas de las raíces de Maca se deben principalmente a la presencia de las denominadas antocianinas y probablemente a la existencia de xantofila, que son pigmentos ampliamente distribuidos en los vegetales superiores, confiriéndoles a estos una coloración amarilla, roja o azul (figura 4) (Obregon et al., 2006).



Figura 4. Principales variedades de la maca. Recuperado Alvarado (2015).

1.1.1.3 Localización.

Su mayor extensión se encuentra en la zona central de la sierra principalmente en las regiones Suni y Puna de los departamentos de Junín y Pasco en Perú y en el Alto, La Paz, Oruro y Potosí en Bolivia. Es una especie con una gran adaptación a condiciones extremas de clima (Alvarado, 2015). La maca es una especie que reúne una excelente calidad alimenticia, alta productividad y adaptación a condiciones ecológicas muy frías donde otro cultivo no podría prosperar, como ya se mencionó, su cultivo está restringido a los departamentos de Junín; en las localidades de Huayre, Carhuamayo, Uco, Ondores y en Pasco; en Ninacaca y Vico. También en las partes altas del valle del Mantaro, las cuales están ubicadas a 4 000 y 4 450 msnm que corresponden al piso ecológico de la puna, que se caracteriza por tener temperaturas promedios entre 4 y 7 °C, alta irradiación solar, frecuentes heladas, vientos fuertes y suelos ácidos ($\text{pH} < 5$) (Aliaga, 2014).

1.1.1.4 Composición química.

La composición de la raíz de maca (*Lepidium Meyenii Walp*) en polvo deshidratado se puede observar en la tabla 1, donde los carbohidratos están compuestos por 23.4% de sacarosa, 1.55% de glucosa, 4.56% de oligosacáridos y 30.4% de polisacáridos, en cuanto a su poder proteico existen 18 o 19 aminoácidos, resaltando que 7 de ellos son esenciales y su contenido es más alto que en las papas y zanahorias. También cabe mencionar que el contenido de ácidos grasos insaturados, como linoleico y oleico es de 52.7% a 60.3% de ácidos grasos totales (Sifuentes et al., 2015).

Tabla 1
Análisis bromatológico de la raíz seca de maca

Elemento	Unidad	Valor
Proteína	g	8.9 - 11.6
Grasas	g	1.1 - 2.2
Carbohidratos	g	54.6 - 60.0
Fibra	g	8.23 - 9.08
Ceniza	g	4.9 - 5.0

Nota. Contenido en 100 g de alimento. Recuperado de Castaño-Corredor (2008).

Debido a que la maca se puede comercializar como tubérculo, harina, harina precocida, molida o en cápsulas, y la mayor pérdida del producto es por deshidratación en donde la raíz contiene 72% de humedad, deshidratándola y creando harina precocida se obtiene hasta 10% de humedad y tan solo como harina se tiene 8.73%, sin embargo en cada etapa se pueden perder proteínas (Porres, 2008).

En la tabla 2 se presenta la composición química y valor nutricional contenido en 100 g de maca como tubérculo seco.

Tabla 2

Composición química y nutricional del tubérculo seco de maca

Elemento	Unidad	Valor
Calorías	kcal	301.0
Agua	g	15.3
Proteína	g	11.8
Grasas	g	1.6
Carbohidratos	g	66.3
Fibra	g	0.0
Ceniza	g	5.0
SALES		
Calcio	mg	247.0
Fosforo	mg	183.0
Hierro	mg	14.7
VITAMINAS		
Vitamina B1 Tiamina	mg	0.20
Vitamina B2 Riboflavina	mg	0.35
Vitamina C Ácido Ascórbico	mg	2.50

Nota. Contenido en 100 g de alimento. Recuperado del Ministerio de Salud del Perú (2017).

1.1.1.5 Usos.

Los hipocótilos de la maca no son consumidos en fresco debido a una creencia nativa andina de poder ser dañino, en lugar pasan por un proceso de deshidratación y son utilizados como productos horneados, jugos fermentados como la chicha de Maca o licor de Maca y también en fármacos como píldoras, cápsulas, tónicos (Alvarado, 2015).

A escala industrial se elaboran harinas, polvo instantáneo, licores, cápsulas y tónicos concentrados. Tiene diversas formas de consumo: sancochada, tostada, molida. Como bebida, la raíz deshidratada es cocida con agua o con leche y debido a su fuerte sabor puede mezclarse con cocoa, frutas deshidratadas, se usa también en mermeladas mezcladas con otras frutas. La maca seca puede tostarse o molerse, en éste último caso se obtiene la

harina de maca, la cual puede reemplazar hasta 20% de la harina de trigo, en cualquier receta (galletas, tortas) o puede ser mezclada en sopas o guisos (Porres, 2008).

1.1.1.6 Propiedades.

La maca es un buen antioxidante, un excelente energizante y mejora la tasa de crecimiento y el deseo sexual, también interviene en el aumento de la fertilidad y en el mejoramiento de los síntomas de la menopausia, pero los dos últimos no están comprobados científicamente, ya que no hay estudios que aseguren que existe un componente en la maca que ayude a mejorar estos síntomas (Sifuentes et al., 2015). En un estudio realizado en humanos por Milasius et al. (2008), se demostró un efecto positivo en la capacidad física y el efecto inmune.

Los estudios demostraron que existen diferencias entre las propiedades biológicas de la maca amarilla, la maca negra y la maca roja, pues la maca negra tuvo mejores efectos en el conteo de espermatozoides, la memoria y el aprendizaje, el control de la glucosa y la resistencia física, por otro lado la maca roja tuvo efectos mayores sobre la hiperplasia benigna de próstata y en la osteoporosis; sin embargo, existen muchas otras variedades que aún requieren ser evaluadas (Gonzales et al., 2014).

1.1.1.7 Transformación en harinas.

La elaboración de la harina pre tostada, la maca entera en forma de raíz es secada al sol a 4.000 metros sobre el nivel del mar, luego se hace un proceso de recepción y selección de los hipocótilo, para luego clasificarlos y desinfectarlos rigurosamente. Posteriormente se somete a un proceso de

tostado, controlando las temperaturas de tal forma que no haya degradación de las proteínas, evitando su desnaturalización, luego se realiza una molienda y un tamizado que logra la homogeneización de la partícula, finalmente se envasa en sus diferentes presentaciones, obteniéndose de esta manera la harina de maca pre-tostada, con un excelente perfil de aminoácidos, un agradable olor y sabor a tostado (figura 5) (Porres, 2008).



Figura 5. Diagrama de flujo de harina pre-tostada. Recuperado de Porres (2008).

Para la elaboración de la maca gelatinizada se utiliza un proceso en la cual se rompe la cadena del almidón, así el organismo aprovecha en gran porcentaje los beneficios que brinda la maca debido a sus múltiples propiedades nutricionales, de esta manera se obtiene una harina con un excelente olor característico, un estable y completo perfil de aminoácidos, y con una alta solubilidad. En el proceso se asegura la esterilidad de la maca y la conservación de sus propiedades características. Posee un alto nivel de

proteína asimilable por el organismo humano, lo que hace que sea ideal en las dietas de deportistas, estudiantes y niños en crecimiento. Además, el almidón gelatinizado que contiene hace que no requiera cocción para ser digerible y dar un importante aporte energético al ser humano (figura 6) (Porres, 2008).



Figura 6. Diagrama de flujo de harina gelatinizada. Recuperado de Porres (2008).

1.1.2 Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*).

1.1.2.1 Aspectos taxonómicos.

La quinoa o quínoa (*Chenopodium quinoa*), es un pseudocereal de la familia Chenopodiaceae que se produce en los Andes de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y el Perú además de los Estados Unidos, siendo Bolivia el primer productor mundial seguido de Perú y los Estados Unidos. Se le denomina pseudocereal porque botánicamente no pertenece a los cereales verdaderos, pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un

cereal, crece desde el nivel del mar en Chile y el Perú hasta los 4 000 m en los Andes, aunque su altura más común es a partir de los 2 500 m (Naranjo, 2012). La clasificación taxonómica de la quinua según Roji (2012) es la siguiente:

Reino: Vegetal

Sub reino: *Phanerogamae*

División: *Angiospermae*

Clase: *Dicotyledoneae*

Subclase: *Archychlamydeae*

Orden: *Centrospermales*

Familia: *Chenopodiaceae*

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa Willdenow*

La quinua es un grano andino reconocido en el mundo por su importante rol en la seguridad alimentaria mundial en el siglo XXI (FAO 2013).

Su alto valor nutricional se basa en la elevada cantidad y calidad de proteínas, así como por una considerable cantidad de fibras y minerales dentro de los cuales están el calcio y el hierro. Además, la quinua contiene aminoácidos esenciales que, según sus propiedades, no se producen naturalmente por el organismo. De estos, ocho son fundamentales para los niños y adultos y los aminoácidos presentes en la quinua se encuentran dentro de los niveles recomendados. Asimismo, tiene un gran contenido de lisina, un aminoácido que es difícil de encontrar en vegetales, que contribuye al metabolismo de los ácidos grasos y a la formación de anticuerpos (Becerra, 2017).

El fruto de la quinua es un aquenio, pequeño y presenta diferentes coloraciones. La capa externa que la cubre es de superficie rugosa y seca que se desprende con facilidad al ser puesta en contacto con agua caliente o ser hervida. En esta capa se almacenan la sustancia amarga denominada saponina, cuyo grado de amargor varía según los tipos de quinua (Chacchi, 2009). En la figura 7 se observa los cultivos de quinua en el departamento de Ayacucho.



Figura 7. Cultivos de Quinua. Recuperado de Chacchi (2009).

El fruto de la quínoa es un aquenio cubierto por un perigonio, el cual se remueve fácilmente por fricción cuando está seco. El fruto es pequeño, aproximadamente de 2 mm de diámetro por 1 mm de espesor y el color de la semilla puede ser amarillo, pardo, crema, blanco o translucido, con formas cilíndricas, cónicas o elipsoidales. En el pericarpio de la semilla se encuentran las saponinas que le confieren amargor, que durante el lavado se eliminan en forma de espuma. El epispermo está al interior en forma de una membrana delgada, constituido en un 40% por el endosperma y en un 60% por el embrión, causa, este último, del alto contenido de proteína que posee la quínoa en comparación con los cereales (Sanhueza, 2007).

1.1.2.2 Variedades.

Actualmente existe gran cantidad de variedades y cultivares utilizados comercialmente en la producción de quinua en Perú, Bolivia, Ecuador, Argentina, Colombia, Chile, México, Holanda, Inglaterra y Dinamarca. En el Perú existen alrededor de 18 variedades mostradas algunas en la tabla 3.

Tabla 3

Características de la semilla de algunas variedades de quinua

Variedad	Color del Grano	Forma	Tamaño
Sajama	Blanco	Cónica	2.0 - 2.5
Real	Blanco	Cónica	2.2 - 2.8
Kcancolla	Blanco	Cónica	1.2 - 1.9
Blanca de July	Blanco	Cónica	1.2 - 1.6
Misa Jupa	Blanco- Rojo	Cónica	1.4 - 1.8
Amarilla Maranganí	Amarillo anaranjado	Cónica	2.0 - 2.8
Cochasqui	Blanco opaco	Esférico	1.8 - 1.9
Witulla	Morado	Lenticular	1.7 - 1.9
Negra de Oruro	Negro	Redonda	2.1 - 2.8
Katamari	Plomo	Esferoidal	1.8 - 2.0
Roja Coporaque	Púrpura	Cónica	1.9 - 2.1
Oledo	Blanco	Cónica	2.2 - 2.8
Chullpi	Cristalino	Esférica aplanado	1.2 - 1.8
Blanca de Junín	Blanco	Esférica aplanado	1.2 - 2.5

Nota. Recuperado de Chacchi (2009).

- AMARILLA DE MARANGANI: Originaria de Maranganí, Cusco, seleccionada en Andenes (INIA) y Kayra (CICA-UNSA), planta erecta poco ramificada, de 180 cm de altura, con abundante follaje, de tallo grueso, planta de color verde oscuro característico, a la madurez la planta es completamente anaranjada, periodo vegetativo tardío de 160-180 días, grano grande de color anaranjado (2.5 mm), con alto contenido de saponina, y de alto rendimiento que supera los 6000

kg/Ha, susceptible al ataque de Q'hona-q'hona y a las heladas (Chacchi, 2009).

- QUILLAHUAMAN-INIA: Originaria del valle del Vilcanota-Cusco, seleccionada, desarrollada y evaluada, por el Programa de Cultivos Andinos del INIA-CUSCO, a partir de Amarilla de Maranganí pero de grano blanco, planta erecta sin ramificación, de 1.60 m, tamaño de grano mediano, color blanco, bajo contenido de saponina, de amplia adaptación que va desde nivel del mar hasta los 3400 msnm, con alto potencial de rendimiento de 3500 kg/Ha (Chacchi, 2009).
- KCANCOLLA: Seleccionada a partir del ecotipo local de la zona de Cabanillas, Puno, planta de color verde, de tamaño mediano alcanzando 80 cm de altura, de ciclo vegetativo tardío, más de 170 días, grano blanco, tamaño mediano, con alto contenido de saponina, panoja generalmente amarantiforme, resistente al frío, granizo y al mildiú, rendimiento promedio de 2500 kg/Ha, segrega a otros colores desde el verde hasta el púrpura, muy difundida en el altiplano peruano. Se usa generalmente para sopas y elaboración de kispíño (panecillo frito en grasa animal que tiene una duración de varios meses). (Chacchi, 2009).
- BLANCA DE JULI: Originaria de Juli, Puno, selección efectuado a partir del ecotipo local, semi-tardía, con 160 días de periodo vegetativo, planta de color verde, de tamaño mediano de 80 cm de altura, panoja intermedia, a la madurez la panoja adquiere un color muy claro blanquecino, de ahí su nombre, grano bien blanco, pequeño, semi-

dulce, rendimiento que supera los 2300 kg/Ha, relativamente resistente al frío, susceptible al mildiú y al granizo, excesivamente susceptible al exceso de agua. Se utiliza generalmente para la elaboración de harina. (Chacchi, 2009).

- BLANCA DE JUNIN: Es una variedad propia de la región central del Perú. Se cultiva intensamente en la zona del valle del Mantaro aunque también ha sido introducida con éxito en Antapampa, Cuzco. Actualmente es una de las variedades que se cultiva más en Ayacucho, presenta dos tipos blanca y rosada. Su periodo vegetativo es largo de 180 a 200 días, de bajo contenido de saponina. La panoja es glomerulada, laxa y la planta alcanza una altura 2 m. Su rendimiento puede ser hasta de 2500 kg/Ha (Chacchi, 2009).

1.1.2.3 Valor nutricional.

La quinua es un grano originario de la cordillera de los Andes, que crece en tierras áridas y semiáridas, tiene una amplia variedad genética y capacidad de adaptación a climas adversos y hábitats diferentes. Siendo el único vegetal con todos los aminoácidos esenciales, y la FAO declaró que tiene el mejor balance de proteínas y nutrientes, con 40% más de lisina que la leche, el aminoácido más importante para el consumo humano. Es libre de colesterol, gluten y presenta vitaminas A, C, D, B1, B2, B6 y ácido fólico rico en fosforo, potasio, hierro, magnesio y calcio y un alto contenido proteínico, superior a los granos como el trigo, arroz, maíz y avena (Jimenez, 2013).

La quinua, tiene un excepcional balance de proteínas, grasa, aceite y almidón. El promedio de proteínas en el grano es de 13%, pero puede contener hasta

23%, más del doble que cualquier otro cereal. Además las proteínas contenidas están cerca del porcentaje que dicta la FAO para la nutrición humana. Las proteínas de la quinua tienen un alto grado de aminoácidos, lisina, metionina y cistina (Mamani, 2016). La quinua contiene mayor valor proteico entre el 14 y 22% más que la carne, huevos y lácteos; por lo cual la quinua es perfecta en proporción de nutrientes (Simancas, 2015).

Tabla 4
Composición química y nutricional de la quinua

Elemento	Unidad	Valor
Calorías	kcal	337.0
Agua	g	11.7
Proteína	g	12.4
Grasa total	g	6.0
Carbohidratos totales	g	67.2
Fibra dietaria	g	9.3
Ceniza	g	2.8
SALES		
Calcio	mg	104.0
Fosforo	mg	330.0
Zinc	mg	5.2
Hierro	mg	9.7
VITAMINAS		
Vitamina B1 Tiamina	mg	0.19
Vitamina B2 Riboflavina	mg	0.24

Nota. Contenido en 100 g de alimento (Harina de quinua).
Recuperado del Ministerio de Salud del Perú (2017).

La quinua posee cualidades superiores a los cereales y gramíneas. Se caracteriza más que por la cantidad, por la calidad de sus proteínas, además la quinua posee mayor contenido de minerales que los cereales y gramíneas, tales como fósforo, potasio, magnesio, y calcio entre otros minerales. El valor calórico es mayor que otras cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 Kcal/100g, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y

épocas frías (tabla 5). La proteína de la quinua ayuda al desarrollo y crecimiento del organismo, conserva el calor y energía del cuerpo, es fácil de digerir, forma una dieta completa y balanceada (Arroyave, 2006).

Tabla 5

Valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales

Contenido en 100 g	Quinua	Trigo	Arroz	Maíz
Energía kcal	350,00	305,00	353,00	338,00
Proteínas g	13,81	11,50	7,40	9,20
Grasa g	5,01	2,00	2,20	3,80
Carbohidratos g	59,74	59,40	74,60	65,20
Agua g	12,65	13,20	13,10	12,50
Ca mg	66,60	43,70	23,00	150,00
P mg	408,30	406,00	325,00	256,00
Mg mg	204,20	147,00	157,00	120,00
K mg	1040,00	502,00	150,00	330,00
Fe mg	10,90	3,30	2,60	-
Mn mg	2,21	3,40	1,10	0,48
Zn mg	7,47	4,10	-	2,50

Nota. Recuperado de Arroyave (2006).

La quinua proporciona altos porcentajes de Fenilalanina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Treonina, Triptófano y Valina, según el patrón establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Arroyave, 2006).

Tabla 6

Contenido de aminoácidos esenciales en la quinua y trigo

Valor Nutricional	Quinua Blanca (g)	Trigo (g)
Arginina	6.76	4.5
Fenilalanina	4.05	4.8
Histidina	2.82	2.0
Isoleucina	7.05	4.2
Leucina	6.83	6.6

Lisina	7.36	2.6
Metionina	2.20	1.4
Treonina	4.51	2.6
Triptofano	1.30	1.2
Valina	3.38	4.4

Nota. Recuperado de Arroyave (2006).

Los datos de la tabla 6 representan comparaciones hechas en base a los análisis químicos sobre la fracción proteica e indican que los aminoácidos limitantes de la proteína de la quinua son los azufrados y el déficit deberá suplirse en la alimentación con proteínas de otros alimentos que sean ricos en estos aminoácidos (Arroyave, 2006).

1.1.3 Maíz (*Zea mays* L).

1.1.3.1 Aspectos Taxonómicos.

El maíz es una especie de origen de clima templado que tiene un elevado potencial de rendimiento y una alta productividad, puesto que su semilla puede producir de 600 a 1000 granos (Cruz, 2015).

El maíz tiene una raíz fasciculada fibrosa, presenta además raíces zancos que le sirven de sostén a la planta; el tallo herbáceo y está formado por entrenudo separados por nudos visibles, siendo parte medular jugosa y rica en azúcar, las hojas son simples alternas, envainada, lineales, lanceoladas, de bordes enteros, en la unión de la vaina y el limbo tiene una lámina membranosa llamada lígula (Roji y Quea, 2012). La clasificación taxonómica del maíz según Cruz (2015) es la siguiente:

Clase: *Angiospermae*

Subclase: *Monocotyledonae*

Orden: *Glumiflorae*

Familia: *Poaceae*

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays L*

1.1.3.2 Variedades.

Nuestro maíz posee la mayor diversidad de tipos de maíz en el mundo. En la costa los más importantes son los del tipo amarillo duro "zea mays indúrate" y semiduro "zea mays saccharate" que se destina mayormente a la elaboración de alimentos balanceados para animales y obtención de derivados. En la sierra se cultivan maíces blandos amiláceos destinados principalmente a la alimentación humana y para forrajes (Tineo, 2015).

Las variedades que son motivo de mayor número de trabajos son el maíz chala, maíz amarillo, maíz choclo, maíz amiláceo; especialmente para la industrialización y obtención de colorantes, el desarrollo de variedades de alto valor nutritivo como el maíz opaco (Roji y Quea, 2012).

1.1.3.3 Valor nutricional.

El maíz constituye un alimento muy completo, que aporta numerosos elementos nutritivos y materiales energéticos, es una fuente significativa de vitaminas del grupo B y de minerales. Así también posee un valor nutritivo similar al de los otros cereales, aunque se diferencia de éstos en su elevado contenido en carotenos ningún otro cereal los contiene, es decir las provitaminas A, que se transforman en vitaminas A en el organismo y se caracterizan por su alto poder anti infeccioso y su condición beneficiosa para la vista (Cruz, 2015).

Considerando que tiene un contenido en hidratos de carbono, el maíz es un alimento ideal para el aporte energético, pues se estima que el 55-60 % de la energía diaria que necesitamos debe provenir de carbohidratos, bien por la ingesta de alimentos ricos en almidón, bien por las reservas de glucógeno presentes en nuestro organismo. Además, la principal energía que necesita el cerebro para funcionar es la glucosa, que se encuentra en alimentos ricos en carbohidratos (Cruz, 2015).

El maíz es un alimento fuertemente energético, aproximadamente tiene 321 cal/100g de materia comestible además tiene 69,40% de carbohidratos, 8.3% de proteínas, 1.2% de cenizas (Rojí y Quea, 2012).

El maíz es un cereal deficiente en lisina y en triptófano. Además es rico en metionina, por lo que al ser mezclado con una leguminosa pobre en metionina, se obtiene un producto con balance de aminoácidos y, por lo tanto, de mejores características nutritivas (Cadena, 2010).

El grano de maíz maduro contiene carbohidratos almidones, grasa, compuestos nitrogenados, principalmente proteínas, sustancias minerales y agua junto a pequeñas cantidades de vitaminas, enzimas y otras sustancias importantes en la dieta humana, siendo su composición química diferente en porcentaje de acuerdo a la variedad (Tineo, 2015).

Tabla 7
Composición química y valor nutricional del maíz

Elemento	Unidad	Valor
Calorías	kcal	355.0
Agua	g	13.5
Proteína	g	6.7
Grasa total	g	4.8
Carbohidratos totales	g	73.6

Ceniza	g	1.4
SALES		
Calcio	mg	6.0
Fosforo	mg	267.0
Zinc	mg	1.5
Hierro	mg	1.9
VITAMINAS		
Vitamina B1 Tiamina	mg	0.29
Vitamina B2 Riboflavina	mg	0.06
Vitamina B3 Niacina	mg	2.17

Nota. Recuperado del Ministerio de Salud del Perú (2017).

1.1.3.4 Propiedades.

- Alto contenido en hidratos de carbono de fácil digestión, lo convierte en un alimento ideal para los niños y los deportistas.
- Aconsejable en personas con deficiencia de magnesio.
- Su aporte en fibra favorece la digestión y reduce el colesterol.
- Su harina es idónea cuando existen problemas de alergia o intolerancia al gluten.
- El maíz nos ofrece el antioxidante B- caroteno, muy recomendado en la prevención del cáncer.
- Nos ofrece vitaminas del grupo B, específicamente B1, B3 y B9 las cuales actúan ante el sistema nervioso (Suarez, 2013).

1.1.3.5 Usos.

El maíz es utilizado desde tiempos remotos, siendo el amiláceo el de mayor importancia en la alimentación, ya que está muy difundido su consumo especialmente en platos típicos como cancha, mote y tamales. El maíz amarillo duro en el país es requerido tanto para la alimentación animal, especialmente de aves, así como para la industria del aceite, del almidón, del

gritz para snack. El gritz es el maíz sin germen y partido muy utilizado para la elaboración de bocaditos expandidos o extruidos (Roji y Quea, 2012). Mientras que el maíz blanco se emplea principalmente en la alimentación humana, siendo muy demandado por los fabricantes de productos alimenticios, incluyendo en éste tipo de maíz los amiláceos blandos, muy usados para el consumo humano directo. En la industria nacional también es empleado el maíz blanco duro, obteniéndose harinas precocidas enteras sin mezclar con otras harinas, éstas pueden ser gruesas para la elaboración de tortillas finas para productos comerciales como buñuelos, empanadas y otros (Tineo, 2015).

1.2 Proceso de extrusión

1.2.1 Generalidades.

La extrusión es uno de los procesos más comunes e importantes utilizados para el formado de polímeros. Además, este proceso se aplica a los metales blandos, al caucho y a los productos alimenticios de origen vegetal, particularmente cereales, leguminosos y oleaginosos, no solo para darle una forma específica, sino también para cocerlos o condicionarlos para que tengan un mejor valor nutrimental (Darío, 2007).

La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a través de un orificio y también se relaciona con el verbo "difundir". Las tecnologías de extrusión tienen su origen en la industria de los plásticos. La cocción por extrusión fue ganando popularidad en la industria de alimentos a mediados del siglo XX, debido a diversos factores tales como su mayor

versatilidad y flexibilidad de operación, permitiendo obtener una gran diversidad de productos en forma continua (Apró et al., 2000).

Los primeros extrusores para alimentos se registraron alrededor del año 1870 eran a pistón y se utilizaban para producir salchichas y carnes procesadas; pero luego, entre 1935 y 1940 los extrusores de tornillos comenzaron a ser utilizados por la industria alimentaria para elaborar fideos y dar formas a masas de cereales precocidos. Entre 1940 y 1950 aparecieron los extrusores-cocedores que son usados para elaborar botanas y harinas precocidas (Llopart, 2011).

Salas (2003), señala que la extrusión es el proceso donde se fuerza un material a fluir por un tornillo sinfín con inducción simultanea de calor a fin de que después de atravesar una placa/boquilla bajo determinado diseño, el producto se moldee y/o expanda, en este proceso se experimenta una cocción del material con contenido de almidón y/o proteínas, considerándose el desarrollo de un proceso a alta temperatura en un corto tiempo (HTST – High Temperature Short Time).

Según Darío 2007, el extrusor de alimentos es un biorreactor HTST donde se combinan varias operaciones unitarias: mezclado, amasado, cocinado, formado, enfriado y/o cortado, lo cual hace que sea un proceso versátil y eficiente dado a que también utiliza niveles bajos en energía, mano de obra y espacio requerido para su instalación.

1.2.2 Variables de operación.

Antes de comenzar el proceso se debe tener definidas las condiciones de extrusión (relación de compresión del tornillo, velocidad de rotación, diámetro

de la boquilla y nivel de temperatura a controlar, tanto en la zona del cilindro como de la boquilla) y las condiciones del material a extrudir (tamaño de partículas, humedad, etc.) (Llopart, 2011). Según Salas (2003), las variables de operación que afectan a la extrusión de los alimentos se clasifican en:

1.2.2.1 Variables independientes.

Son la composición de los ingredientes de alimentación, la humedad del material a extrudir, el diseño del tornillo sinfín y del cilindro encamisado, el diseño del dado, molde de la boquilla de salida, la velocidad del tornillo sinfín, temperatura del barril o cilindro encamisado y/o del dado de salida, el preacondicionamiento de los ingredientes de alimentación y el flujo de alimentación del extrusor.

1.2.2.2 Variables dependientes.

Son la viscosidad de la masa alimenticia, la velocidad de deformación angular, la velocidad del flujo volumétrico, la energía, la presión, el tiempo de permanencia o residencia, el torque total del momento promedio (Weighted Average Total Strain), la temperatura de la masa alimenticia y las características finales del producto (índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, densidad, color, sabor, apariencia, gelatinización, etc.).

1.2.3 Factores implicados en el proceso de extrusión.

1.2.3.1 Propiedades de la alimentación.

Tipo de material alimentado: La naturaleza del material alimentado, como su contenido de almidón, proteínas, lípidos y humedad definen las características del producto extrudido (Llopart, 2011). El pH del material también influye en las características de producto obtenido, así Darío (2007),

señala que ajustando el pH del material alimentado, el estado de las proteínas podría verse afectado durante la extrusión y esto repercutir sobre las características físicas del producto final. El incremento del pH en el rango de 5.5 - 7 provoca un aumento de los componentes volátiles durante la extrusión y la modificación del pH podría también causar cambios en el color y contenido nutricional de los productos extrudidos.

Tamaño de partícula del material alimentado: El tamaño de partículas adecuado para la extrusión, se relaciona con la altura del filete (profundidad de la rosca) correspondiente al canal del tornillo y debe ser al menos 10 veces menor a ésta (Llopart, 2011). Pero a medida que la misma aumenta, el tamaño de partícula adecuado puede aumentar. No obstante se puede decir que partículas de sémola con tamaños mayores a 1.68 mm (malla 14), presentarán mayores dificultades para su transformación (cocción) que aquellas con tamaño menor a 0.42 mm (malla 40) (Darío, 2007). Las partículas de gran tamaño retardan 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 (Salas, 2003).

Niveles de humedad: El alto contenido de humedad del material alimentado en el extrusor afecta significativamente la expansión y la viscosidad aparente (término utilizado para representar a la viscosidad en fluidos no newtonianos y que se define como la resistencia a la deformación de un fluido). En niveles bajos de humedad se alcanza altos índices de absorción de agua y de solubilidad en agua ya que al existir mayor efecto de

corte también se produce una mayor modificación del almidón (Salas, 2003). Este concepto también es sostenido por Llopart (2011), el cual menciona que en condiciones de alta humedad, la gelatinización del almidón se ve afectada ya que en la elaboración de expandidos, existe una relación inversa entre la humedad y la expansión. Por tanto en niveles bajos de agua en el material alimentado, la viscosidad será alta, lo cual causa un mejor rendimiento, sin embargo Darío (2007) señala que en casos cuando el material es puramente amiláceo, el contenido de humedad no afecta en gran medida al grado de gelatinización y expansión del producto.

Otros ingredientes: Ingredientes como aceites y emulsificantes pueden ser sumados al material alimentado, actuando como lubricantes y disminuyendo la fricción, la viscosidad y la cantidad de calor disipado (Llopart, 2011). Los monoglicéridos, diglicéridos y estearoil lactilato de sodio son normalmente adicionados a niveles menores al 0.1% para poder lograr esa acción lubricante (Salas, 2003).

1.2.3.2 Parámetros de operación y componentes del extrusor.

Tipo del extrusor:

Pueden clasificarse como tornillo simple (monotornillo) y de tornillo doble o gemelos. Para el caso del simple, el cilindro sólo permite la entrada de un tornillo el cual gira sobre su propio eje, mientras que el de tornillo doble o gemelos cuenta con dos tornillos colocados en forma paralela los cuales giran en sentidos opuestos (Darío, 2007). La clasificación de tornillo simple y tornillo doble se basa según su construcción del extrusor, pero Salas (2003), señala

que los extrusores también se clasifican según su funcionamiento en caliente y frío.

- Extrusor en caliente: en este tipo de extrusor 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 calentado internamente por la adición directa de vapor de agua. En algunos de ellos el cilindro se calienta por resistencias eléctricas, pero parte del calor procede también de la fricción generada por el tornillo.
- Extrusor en frío: en este tipo de extrusor el alimento se extrude 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.
- Extrusor de tornillo simple: se clasifican de acuerdo con la intensidad de la fuerza de cizalla que ejercen. Por lo cual se consideran de elevada, moderada y baja fuerza de cizalla. La figura 8 muestra, como ejemplo, una representación esquemática de una extrusora típica de tornillo simple.

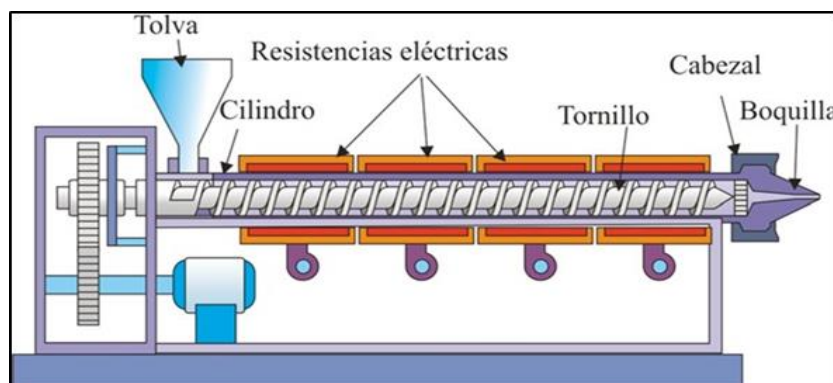


Figura 8. Representación de una extrusora de tornillo simple. Recuperado de Beltrán y Marcilla (2012).

- Extrusor de doble tornillo: los tornillos ruedan en el interior de un cilindro de sección en forma de ocho. Este tipo de extrusor se clasifica de acuerdo con su sentido de rotación y por la forma en que los tornillos “giran” entre sí. Los extrusores más corrientes en la industria alimentaria son los de tornillo cortante (figura 9) en los que el movimiento de rotación impulsa el material a través del extrusor (Salas, 2003).

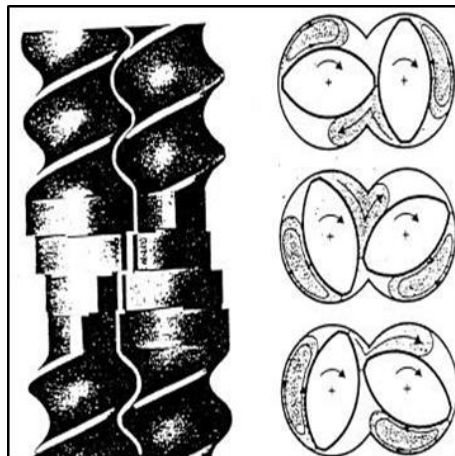


Figura 9. Perfil del ajuste del doble tornillo y movimiento del material. Recuperado de Salas (2003).

Tolva de alimentación:

La tolva es el componente del extrusor de diseño más simple, aunque no por eso de menor importancia. El material debe ser el suficiente para que se tenga una alimentación constante al sistema y este se mantenga trabajando de manera ininterrumpida. Como elemento de seguridad se coloca, por lo regular, una trampa magnética en la parte inferior, la cual evita que partículas metálicas que estén mezcladas con el material entren al sistema, pudiendo dañar el tornillo o el barril. Las entradas de materiales a la extrusora tienen que ser muy bien refrigeradas por agua, a efecto que dichos materiales no se

apelmacen y dejen siempre el pasaje del material libre y a su vez impidan que el material y/o gases muy calientes retrocedan por la presión interna dentro del cilindro (Montalvo y Velazco, 2017). La tolva, garganta de alimentación y boquilla de entrada deben estar ensambladas perfectamente y diseñadas de manera que proporcionen un flujo constante de material, lo cual se consigue más fácilmente con tolvas de sección circular (figura 10) (Beltrán y Marcilla, 2012).

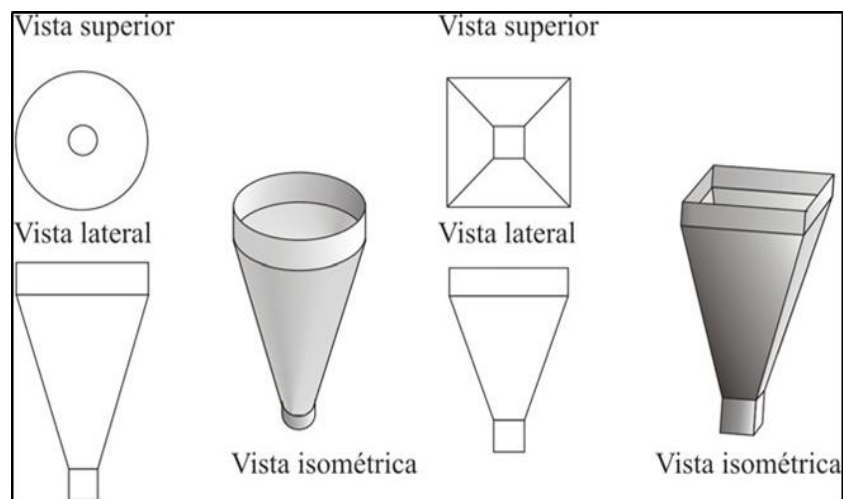


Figura 10. Tipos de tolvas. Recuperado de Beltrán y Marcilla (2012).

Geometría del tornillo:

El tornillo o husillo consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal (figura 11). El tornillo es una de las partes más importantes ya que contribuye a realizar las funciones de transportar, calentar, fundir y mezclar el material. La estabilidad del proceso y la calidad del producto que se obtiene dependen en gran medida del diseño del tornillo. Los parámetros más importantes en el diseño del tornillo son su longitud (L), diámetro (D), el ángulo del filete (Θ) y el paso de rosca (w) (Beltrán y Marcilla, 2012). Estos parámetros son los que más se ajustan en un extrusor monotornillo y para un extrusor de doble tornillo,

las opciones para la geometría del tornillo y el rango de configuraciones son más numerosas (Darío, 2007).

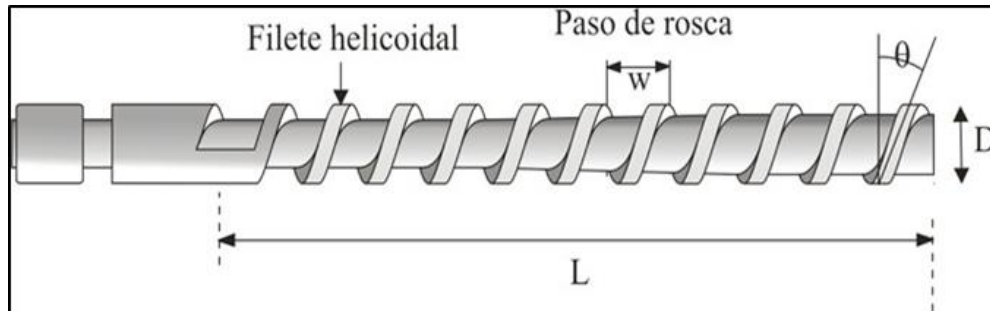


Figura 11. Tornillo de una extrusora. Recuperado de Beltrán y Marcilla (2012).

El material se va presurizando a medida que avanza por el tornillo, comenzando con presión atmosférica en la tolva y aumentando hasta la salida por la boquilla (Beltrán y Marcilla, 2012).

Largo del extrusor:

El largo del extrusor determina la magnitud de presión generada en la boquilla y la extensión de reacciones ocurridas dentro de la masa. Los extrusores largos típicamente producen altas presiones (Darío, 2007). A lo largo del tornillo del extrusor, como menciona Salas (2003), se cuentan con las siguientes secciones como se observa en la figura 12:

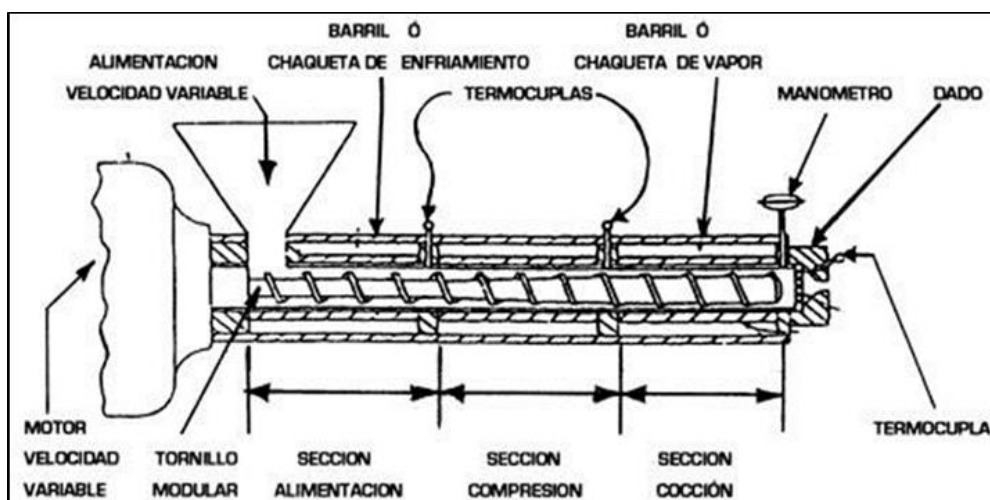


Figura 12. Modelo de extrusor de tornillo simple. Recuperado de Salas (2003).

- Sección de ingreso o alimentación: en la cual se recibe el producto, conforma aproximadamente la cuarta parte de la longitud total del tornillo.
- Sección de compresión: en la cual el producto se calienta y se transforma en una masa viscosa, es la parte más larga y conforma más o menos la mitad de la longitud total del tornillo.
- Sección de cocción o tratamiento: en la cual la mayor parte de la energía producida por el motor es transformada en calor. El producto rápidamente se calienta bajo la influencia de la temperatura y presión; produciendo importantes cambios en el producto a extrudir, tal es así como el cocinado, destrucción de elementos tóxicos, esterilización, etc.

Velocidad del tornillo:

La velocidad del tornillo afecta el grado de llenado dentro del tornillo, la distribución del tiempo de residencia del producto fluyendo a través del extrusor, la transferencia de calor y energía mecánica en el extrusor, y las fuerzas de corte ejercidas sobre el material. La velocidad del tornillo típicamente está en un rango de 100-500 rpm. Para cereales y botanas donde el contenido de humedad del material está en un rango de 14-20%, velocidades de tornillo mayores de 250 rpm son normales (Darío, 2007).

Temperatura de cilindro.

El cilindro de calefacción alberga en su interior al tornillo como se muestra en la figura 13. La superficie del cilindro debe ser muy rugosa para aumentar las fuerzas de cizalla que soportará el material y permitir así que éste fluya a lo largo de la extrusora (Beltrán y Marcilla, 2012).

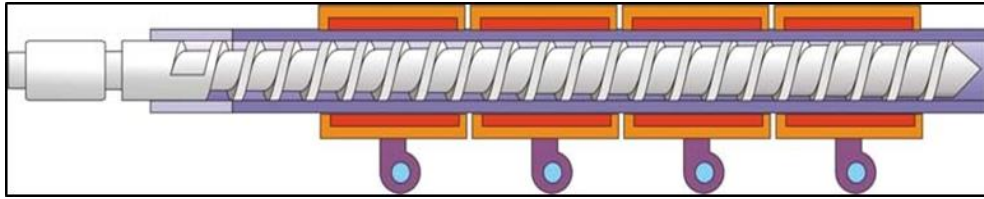


Figura 13. Sistema cilindro de calefacción-tornillos. Recuperado de Beltrán y Marcilla (2012).

El cilindro por lo general posee sistemas de transferencia de calor. El calentamiento se puede realizar mediante resistencias eléctricas circulares localizadas en toda su longitud (figura 13), y también, aunque es menos usual, mediante radiación o encamisado con fluidos refrigerantes o calefactores (Beltrán y Marcilla, 2012). El calentamiento del cilindro provoca cambios en las propiedades físicas (calor específico, temperatura de transición, densidad, contenido de humedad, tamaño de partícula y gelatinización) y reológicas del alimento (Darío, 2007).

El cilindro debe enfriarse si como consecuencia de la generación interna de calor originada por la cizalla a la que se somete el material alimentado se rebasa la temperatura nominal del proceso (lo que ocurre normalmente). Normalmente para el enfriamiento se usan soplantes (Beltrán y Marcilla, 2012). Aunque Darío (2007), menciona que en la extrusión de alimentos puede emplearse una recirculación de agua fría como las representadas en la figura 14 y para reducir la temperatura en el material puede hacerse incrementando el contenido de agua o aceite o reduciendo el grado de corte, lo cual puede lograrse reduciendo la velocidad del tornillo.

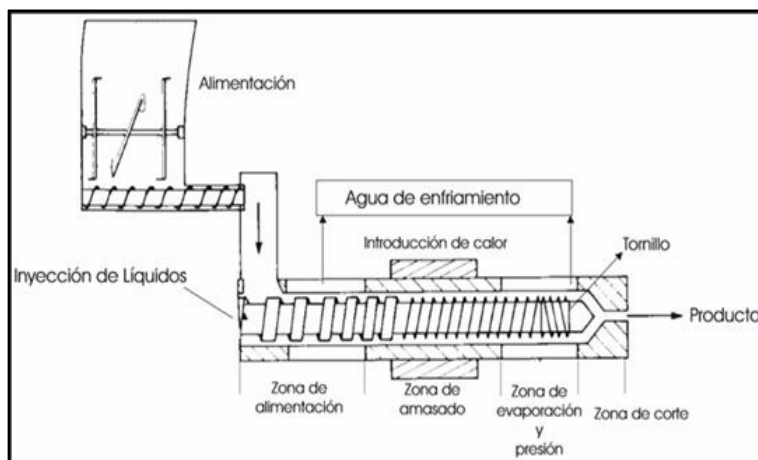


Figura 14. Esquema de una extrusora con recirculación de agua fría. Recuperado de Apró et al. (2000).

1.2.4 Transformaciones durante el proceso de extrusión.

Según Salas (2003), en el proceso de extrusión el alimento se somete a alta temperatura (entre 120°C y 160°C), elevada compresión e intenso esfuerzo cortante (cizallamiento); lo cual conduce a la ocurrencia de las siguientes transformaciones:

1.2.4.1 Transformación de los almidones.

El almidón es insoluble en agua fría; pero cuando se calienta con agua, la absorbe, se hincha y se dispersa; este proceso se llama gelatinización. Se lo puede clasificar como una cocción hidrotérmica pero en el caso de la cocción por extrusión, el proceso es termomecánico (Llopart, 2011). Las altas fuerzas a que se somete el material desintegran en partes los gránulos de almidón, formando fragmentos de más bajo peso molecular, lo cual permite que el agua se transfiera más rápidamente hasta el interior de las moléculas. La pérdida de cristalinidad durante la extrusión es causada por el desordenamiento mecánico de las cadenas de las moléculas de almidón que sufren un proceso

de alineamiento, rizados y rotura (figura 15), debido a la intensidad de las fuerzas de corte en el extrusor (Darío, 2007).

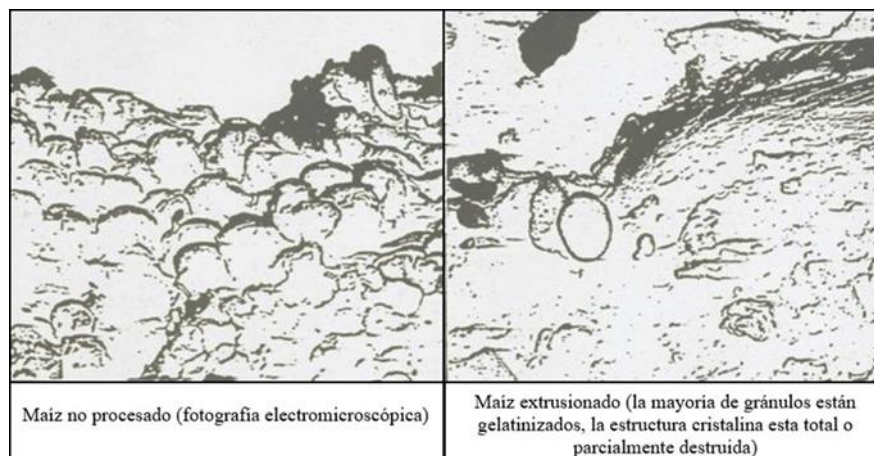


Figura 15. Pérdida de cristalinidad del almidón durante la extrusión. Adaptado de Valls (1993).

Los cambios producidos en los materiales amiláceos durante la extrusión han sido extensamente discutidos y la complejidad de las transformaciones producidas puede ser analizada por diferentes métodos de acuerdo a la severidad del tratamiento aplicado (figura 16) (Llopart, 2011). Con respecto a los otros carbohidratos (polisacáridos, monosacáridos y oligosacáridos) sufren una disminución en el producto final (40 a un 60%) debido a la escisión molecular durante el proceso (Barallat, 2017).

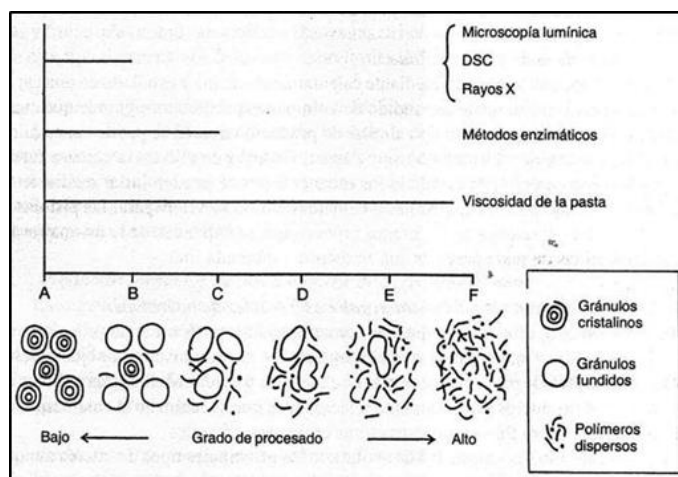


Figura 16. Formas físicas del almidón y los métodos de análisis. Recuperado de Darío (2007).

1.2.4.2 Transformación de las proteínas.

Durante el proceso de extrusión, las proteínas se desnaturalizan y disminuye su solubilidad debido al estado de agregación que adopta. En ausencia de cantidades importantes de almidón, la cocción por extrusión, reduce significativamente la solubilidad de la proteína. Conforme la temperatura aumenta, la proteína se desnaturaliza (figura 17) (Llopart, 2011).

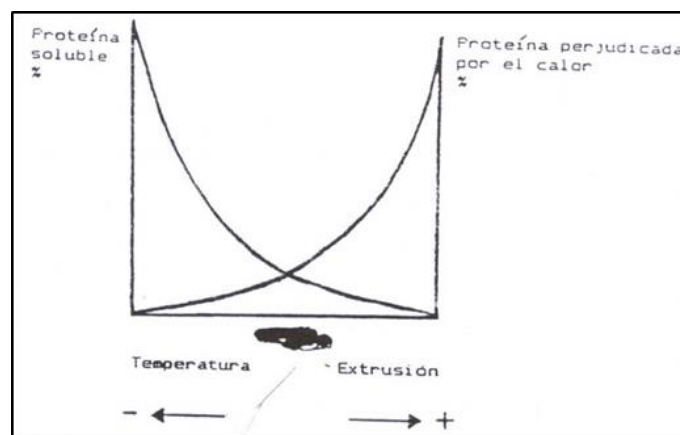


Figura 17. Efecto de la temperatura de extrusión sobre la proteína. Recuperado de Valls (1993).

Los valores de digestibilidad proteica de los productos extruidos son superiores a los que presentan los productos sin extrudir, debido a la desnaturalización proteica y la inactivación de factores antinutricionales termolábiles que afectan a la digestión, como son los inhibidores de tripsina y quimiotripsina, representando de esta manera una ventaja que ofrece el proceso. Se intenta conseguir por un lado el mínimo contenido en factores antitripsicos y por otro la máxima lisina disponible en el producto. Para que se pueda mantener la lisina en rangos normales en el producto extruido, sería conveniente trabajar a temperaturas por debajo de 180°C, humedad menor o igual a 15% y con la incorporación de alimentos ricos en lisina como las legumbres (Barallat, 2017).

1.2.4.3 Transformación de los lípidos.

Los cereales y las legumbres (no oleaginosas) tienen un bajo contenido en grasa (2%), por lo que la extrusión en harinas de cereales y legumbres no tiene una especial relevancia el efecto sobre los lípidos. Generalmente los lípidos sufren un proceso de emulsión debido a la fuerte presión a que son sometidas las finas gotas de grasa quedando recubiertas por los almidones y proteínas, terminando la grasa encapsulada, así es más atacable por los jugos digestivos, aumentando la energía del producto. Un alto contenido graso (por encima del 6%) disminuye la fuerza de torsión durante el proceso y puede hacer que a efecto de la temperatura se generen ácidos grasos libres (AGL) los cuales pueden dejar sabores indeseables (Barallat, 2017).

1.2.4.4 Transformación de la fibra dietética.

El proceso de extrusión no afecta a la fibra dietética total (TDF) en cereales y legumbres. En el caso de la fibra soluble, se han observado ligeros aumentos de esta fracción tras el proceso de extrusión, probablemente debido a la degradación parcial de la fracción insoluble (Barallat, 2017).

1.2.4.5 Transformación de las vitaminas.

Valls (1993) menciona que cada vitamina tiene sus propias características de estabilidad durante los procesos térmicos. Las vitaminas liposolubles A, D y E, en general, son razonablemente estables durante la extrusión. La humedad del producto en la extrusión tiene el mayor efecto sobre la retención de vitaminas. Como norma general, un 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.

1.2.5 Aplicaciones del proceso de extrusión.

El proceso de extrusión ofrece muchas ventajas sobre un amplio rango de aplicaciones.

- Alimentación Humana: Cereales de desayuno listos para comer, snacks (aperitivos salados y dulces), alimentos para bebés, sopas instantáneas, rebozadores y coberturas, proteínas vegetales texturizadas, sustitutos de carne, harinas compuestas y enriquecidas, sustitutos lácteos, aditivos de panificación, almidones modificados, productos de confitería, pastas (fideos), bebidas suplementarias en polvo, productos dietéticos, etc. (Apró et al, 2000).
- Alimentación Animal: Cereales, oleaginosas y legumbres precocidas o ingredientes para alimentos balanceados para rumiantes, cerdos, aves, animales de piel, peces. Procesamiento de subproductos o desechos de la industria alimentaria (Apró et al, 2000).
- Uso Industrial: Industria del papel, industria textil, fundiciones metalúrgicas. Perforación de pozos de petróleo. Adhesivos y agentes ligantes. Coadyuvantes de insecticidas y fungicidas (Apró et al, 2000).

La tecnología de extrusión es una de las más empleadas para la producción de alimentos instantáneos que los Organismos del Estado convocan a fabricar con el fin de que estos sean orientados a complementar el grave problema nutricional que presentan los sectores de menores recursos del país. En la figura 18 se pueden observar las diferentes muestras de estos productos obtenidos (Salas, 2003).



Figura 18. Muestras de productos extruidos. Recuperado de Apró et al. (2000).

1.2.6 Métodos de evaluación del material extruido.

Las pruebas para evaluar el producto extruido, se definen a continuación:

- La expansión radial que es la más simple de determinar y refleja la expansión global del producto (Llopart, 2011), esta expresada como la relación entre el área de la sección transversal del producto moldeado y el área de orificio de salida del dado (Salas, 2003).
- La solubilidad que permite interpretar los cambios producidos y está relacionada con la absorción de agua (Llopart, 2011).
- El índice de absorción de agua (WAI) que es el peso del gel obtenido por gramo de muestra seca, fue originalmente desarrollado como una medida del hinchamiento del almidón (Salas, 2003).

- El consumo específico de energía mecánica (CEEM) que es un buen indicador del grado de cocción, existiendo una relación directa, ya que es la energía mecánica entregada al material (Llopart, 2011).
- El volumen específico que surge de relacionar el diámetro, la longitud y el peso de los productos de extrusión, presenta una relación directa con el grado de cocción (Llopart, 2011).
- La susceptibilidad enzimática como indicativo del grado de digestión que tendrá el alimento una vez consumido, debido a la acción de las enzimas hidrolíticas en el almidón modificado (Salas, 2003).
- La dureza sensorial, la cual disminuye aumentando la temperatura, mientras que aumenta con el aumento de la humedad por lo que se relaciona en forma inversa con el grado de cocción (Llopart, 2011).

1.2.7 Ventajas del proceso de extrusión.

Apró et al. (2000), detalla las ventajas que ofrece el proceso de extrusión y los cereales precocidos que se obtienen usando este proceso.

- Ventajas del proceso de extrusión: Flexibilidad de operación, permitiendo la obtención de una gran diversidad de productos. Posibilidad de procesamiento en diversas formulaciones, permitiendo adecuar el nivel nutricional según las necesidades. Bajo costo de procesamiento, mínimo deterioro de nutrientes de los alimentos en el proceso. Eficiente utilización de la energía, ausencia de efluentes inactivación de enzimas y factores antinutricionales. Producción de alimentos inocuo.

- Ventajas de los cereales precocidos: Gelatinización de la fracción de almidón de la fórmula para dar máxima digestibilidad. Inactivación térmica de inhibidores del crecimiento y factores que alteran la digestibilidad o el gusto. Interacción entre proteínas, vitaminas, minerales y carbohidratos que aseguren una buena distribución en el producto final. Producción de un alimento sanitariamente adecuado. Posibilidad de dar formas y textura diferentes. Posibilidad de agregar diferentes sabores, colores, etc.

1.3 Suplemento alimenticio

Los suplementos alimenticios según el ámbito comercial y en apego al marco legal de la Comisión del Codex Alimentarius (2005) que regula este grupo de productos, se definen como: “Fuentes concentradas de vitaminas, minerales, y/o nutrientes deficientes en la dieta diaria; que se comercializan en formas como: cápsulas, tabletas, polvos, soluciones, que está previsto que se tomen en pequeñas cantidades unitarias (medidas), y no como alimentos convencionales, su finalidad es complementar la ingestión de ciertos nutrientes en la alimentación diaria”.

En general, los suplementos no son para curar o tratar enfermedades o afecciones médicas, a menos que la Administración de Alimentos y Fármacos de los EE.UU. (FDA) los haya aprobado (Naranjo, 2012).

Se considera como un producto no perecible debido a su bajo contenido de humedad y puede tener una vida de anaquel de por lo menos un año (mantenido a temperatura ambiente) (Barreno y Barco, 2003).

1.3.1 Usos de los suplementos.

Charo y Valdivia (2017) mencionan que actualmente se utiliza la suplementación nutricional con los siguientes fines:

Mantener y optimizar la salud. Lo cual incluye suplementación con antioxidantes, potenciadores del desarrollo, moduladores del metabolismo y expresión genética.

Apoyo en situaciones patológicas. Para mejorar las condiciones de salud en: obesidad, diabetes tipo II, enfermedad cerebro vascular, osteoporosis y salud ocular.

Complemento en situaciones fisiológicas. Para apoyar cuando la ingesta de nutrientes es insuficiente, como en las dietas restrictivas o vegetarianas, requerimientos altos de nutrientes durante la gestación, lactancia, situaciones de estrés, procesos infecciosos graves, etc.

Suplementación nutricional en la actividad física y deporte. Para asegurar que los atletas cubran sus requerimientos de nutriente, optimizando la salud y mejorando el rendimiento deportivo.

En este último caso, Pretell et al. (2017) señala que este tipo de suplementos nutricionales tienen como fin principal el complemento de la nutrición diaria del deportista de acuerdo a sus objetivos específicos, mostrando una alta eficiencia ligada a su practicidad y fácil consumo. Los tipos de suplementos deportivos que existen en la actualidad son:

- Complementos nutricionales: Macronutrientes (hidratos, proteínas y grasas) micronutrientes (minerales, vitamínicos).

- Control de peso: Aumento de peso o suplementos calóricos. Quemadores de grasa.
- Mejora de recuperación y rendimiento: Creatina y derivados. Recuperadores de “fatiga”. Estimulantes, precursores del óxido nítrico.

1.3.2 Clasificación de los suplementos.

Naranjo (2012) menciona que existen cinco categorías de nutrientes utilizados en la manufacturación de los suplementos nutricionales, a partir de los cuales se pretende una clasificación de los suplementos alimenticios:

Naturales. Nutrientes de origen vegetal, mineral o animal que tras un breve procesado mantienen su integridad nutricional básica tal como fue diseñada por la naturaleza. Dentro de estos suplementos nutricionales incluimos el aceite de hígado de pescado, polen de abeja, levadura, ajo, y todos los minerales.

Origen natural. Productos que sufren un proceso o refinado pero que siguen siendo obtenidos de fuentes vegetales, minerales o animales. Se incluyen las vitaminas A y D del aceite de hígado de pescado, la vitamina E, lecitina, enzimas digestivas, polvos de proteínas y aminoácidos.

Idénticos a los naturales. Nutrientes manufacturados en laboratorio que son idénticos en estructura molecular y actividad en el cuerpo humano que los nutrientes naturales. Estos nutrientes son manufacturados porque el coste o las dificultades de extracción del mismo nutriente de fuentes naturales lo harían demasiado caro o escaso. Dentro de ellos se incluyen la vitamina C y las vitaminas del complejo B.

Estrictamente sintéticos. Nutrientes manufacturados en laboratorio que son de alguna manera distintos a los nutrientes naturales. Algunos nutrientes, como la vitamina E, no pueden ser copiados exactamente, de cualquier forma, los análogos sintéticos son muy baratos y son usados por muchos manufacturadores.

Nutrientes obtenidos de levaduras cultivadas en medios enriquecidos. Minerales y algunas vitaminas manufacturados farmacológicamente son añadidas al medio donde se cultivan levaduras del tipo *Sacharomyces*. De esta forma se obtendrán vitaminas y minerales asimilados en levaduras.

1.3.3 Legislación de los suplementos en el Perú.

El marco regulatorio en América Latina es relativamente nuevo. De hecho Caldera (2008) señala que los suplementos alimenticios sólo recientemente se están viendo como una clase separada de los productos procedentes de los productos farmacéuticos y alimenticios.

El marco regulatorio en Perú está integrado por el Reglamento de Ley N° 27821 de Promoción de complementos nutricionales para el desarrollo alternativo que denominan a estos productos alimenticios como complementos nutricionales y en el cual se dispone lo siguiente:

Dentro del marco de los principios de la Constitución Política del Perú y a lo dispuesto por la Ley General de Salud N°26842 y sus reglamentos. En los suplementos y complementos nutricionales no se incluyen los productos o recursos naturales que tengan efectos terapéuticos. En el artículo 1° del Reglamento establece que es de interés nacional la promoción de las

actividades de producción, procesamiento, comercialización y exportación de productos de origen animal, vegetal y mineral de uso tradicional en nutrición, en la conservación de la salud y en la prevención de la enfermedad y en el artículo 3° establece las normas generales sanitarias, así como las condiciones y requisitos a los que deberán sujetarse a efectos de garantizar su calidad, seguridad y eficacia.

1.3.4 Ámbito general de los suplementos en el Perú.

El mercado de suplementos nutricionales en el Perú está compuesto por oferta extranjera y nacional, incluyendo la proteína de concentrado de suero de leche en polvo. Sin embargo, la mayor diversidad de marcas se encuentra en la oferta extranjera, proveniente principalmente de los Estados Unidos; mientras que la oferta nacional es mucho más reducida (Pretell et al., 2017). Quintana (2018) señala, según un informe de la consultora Euromonitor International, que el consumo peruano en el mercado de la salud es de S/.111.9, por persona, en este mercado se sitúan los suplementos alimenticios, vitaminas y otros; también refiere que en el Perú el consumo de estos tipos de productos ascendió a un monto de S/ 3,600.5 millones. Igualmente Pretell et al. (2017) resalta del informe de Euromonitor International, que a pesar de que en el Perú más personas se ejercitan en los gimnasios y poco a poco aumenta el interés y la consciencia de que una mejor alimentación o nutrición conlleva a mejores resultados, los altos precios de los suplementos, incluyendo el de la proteína de suero de leche en polvo, limitan las ventas y la captación de nuevos consumidores.

En el Perú y en el mundo existe la creencia por parte de la sociedad que los suplementos tienen similitud o son en muchos casos esteroides. Un ejemplo de ello es la asociación de los batidos de proteína (suplemento deportivo) con los esteroides anabólicos (hormonas sintéticas). Lo cual es totalmente erróneo ya que existen diferencias importantes, en primer aspecto fundamental es el origen de cada producto, la segunda diferencia radica en que los seres humanos necesitan obtener proteínas de distintas fuentes de alimentos, lo que ocurre contrariamente con los esteroides, ya que estos son hormonas que los mismos seres humanos producimos; y por último se puede decir que la venta de suplementos es de carácter legal mientras que la venta de esteroides no lo es (Pretell et al., 2017).

1.4 Evaluación sensorial

1.4.1 Definición.

Disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar reacciones hacia las características de los alimentos y materiales. La evaluación sensorial nos proporciona información sobre la calidad de los alimentos y las expectativas de aceptabilidad de parte del consumidor (Liria, 2007). El análisis de los alimentos comprende, tanto la determinación de su calidad tecnológica a base de análisis físicos, químicos y microbiológicos como de su calidad estética mediante la apreciación de sus características organolépticas. El análisis sensorial permite determinar en forma mucho más científica y objetiva como influyen las características organolépticas en el consumidor en cuanto la aceptabilidad del alimento o bebida (Bustos y Paiz, 2009).

1.4.2 Clasificación.

Existen tres tipos de pruebas sensoriales (tabla 8):

Tabla 8
Clasificación de las pruebas sensoriales

Clasificación	Objetivo	Pregunta de interés	Tipo de prueba	Características de panelistas
Discriminatoria	Determinar si dos productos son percibidos de manera diferente por el consumidor	¿Existen diferencias entre los productos?	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial, orientados al método usado, algunas veces entrenados.
Descriptiva	Determinar la naturaleza de las diferencias sensoriales.	¿En qué tipos de características específicas difieren los productos?	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial y motivación, entrenados o altamente entrenados.
Afectiva	Determinar la aceptabilidad de consumo de un producto.	¿Qué productos gustan más y cuáles son los preferidos?	Hedónica	Reclutados por uso del producto, no entrenados

Nota. Recuperado de Liria (2007).

1.4.3 Prueba hedónica.

En las pruebas hedónicas se le pide al consumidor que valore el grado de satisfacción general que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista. Estas pruebas son una herramienta muy efectiva en el diseño de productos y cada vez se utilizan con mayor frecuencia en las empresas debido a que son los consumidores quienes, en última instancia, convierten un producto en éxito o fracaso (Rodeiro et al., 2014).

Dentro de las pruebas hedónicas podemos encontrar: pruebas de preferencia (preferencia pareada y categorías de preferencia) y pruebas de aceptabilidad. Muchas veces se confunden el término preferencia con aceptabilidad, sin embargo son terminologías diferentes. Aceptabilidad se refiere al grado de gusto o disgusto de una persona sobre un producto. Mientras que preferencia

se refiere a la elección entre varios productos sobre la base del gusto o disgusto, se basa en la elección de una persona entre un conjunto de alternativas (dos o más productos), cuando se usan dos productos se refiere a una prueba pareada y cuando se usan dos o más productos se refieren a una prueba de ranking (Liria, 2007).

1.4.4 Montaje.

Para la elección de la población es necesario saber la dirección en la cual está enfocada el estudio, luego se deben reclutar a los jueces que valorarán la prueba y que deberán representar al conjunto de esa población (Rodeiro et al., 2014). Según Liria (2007) en caso de realizar una prueba hedónica lo ideal es requerir entre 75 a 150 panelistas, los cuales son reclutados por ser usuarios del producto. Además también se deben considerar aspectos como el diseño de laboratorio de prueba, la presentación de las muestras a evaluar, el método de evaluación y el análisis estadístico de los datos obtenidos en la evaluación (Bustos y Paiz, 2009).

1.4.5 Principales escalas.

Dentro de las escalas para las pruebas de aceptabilidad se encuentran:

1.4.5.1 Escala grafica lineal.

Pertenece a una escala basada en intervalos. Consiste en una recta horizontal de dimensiones conocidas con anclajes verbales en los extremos para definir el mínimo y el máximo (figura 19). El juez hace una marca vertical en el punto que representa su valoración. La escala proporciona datos continuos que se aproximan a una distribución normal, que es la hipótesis de partida del análisis estadístico habitual (Rodeiro et al., 2014).

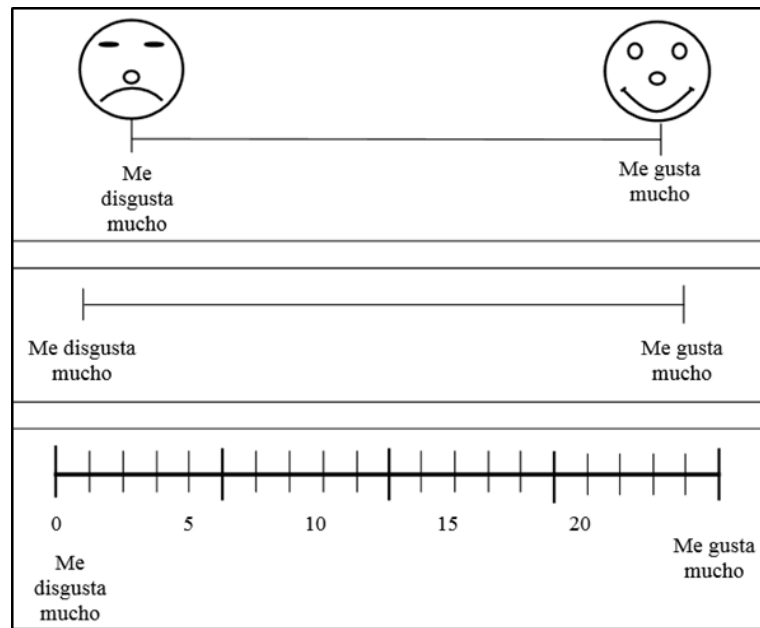


Figura 19. Escala lineal con anclajes verbales. Recuperado de Liria (2007).

1.4.5.2 Escala hedónica de nueve puntos

Consiste en una lista ordenada de posibles respuestas correspondientes a distintos grados de satisfacción equilibradas alrededor de un punto neutro. El consumidor marca la respuesta que mejor refleja su opinión sobre el producto. Estas respuestas pueden ser números enteros, etiquetas verbales o figuras (para estudios con niños). Es la escala más utilizada por la facilidad de uso y porque produce datos discretos (figura 20) (Rodeiro et al., 2014).

Nombre _____			
Fecha _____			
INSTRUCCIONES			
Frente a usted se presentan cuatro muestras de Manjar Blanco. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/ categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra.			
Nota: recuerde tomar agua y comer una galleta pequeña entre cada muestra			
Puntaje	Categoría	Puntaje	Categoría
1	me disgusta extremadamente	6	me gusta levemente
2	me disgusta mucho	7	me gusta moderadamente
3	me disgusta moderadamente	8	me gusta mucho
4	me disgusta levemente	9	me gusta extremadamente
5	no me gusta ni me disgusta		
CÓDIGO	Calificación para cada atributo		
	OLOR	COLOR	SABOR
130			
186			
145			
152			
¡Gracias por su colaboración!			

Figura 20. Boleta para prueba hedónica de 9 puntos usada para evaluar atributos sensoriales de Manjar Blanco. Recuperado de Ramírez et al. (2014).

Esta escala fue desarrollada por Peryam y Girardot a mediados del siglo XX. Para tratar los datos obtenidos, cada frase se sustituye por números enteros consecutivos, lo que permite la comparación entre categorías. Es necesario tener mucho cuidado en las frases utilizadas que deben ser graduales y muy claras (Rodeiro et al., 2014).

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de los laboratorios de análisis físico químico y alimentos de la Escuela de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

2.2 Tipo de investigación

Investigación experimental.

2.3 Universo y muestra

2.3.1 Universo.

Fue constituida por cada materia prima: maca, maíz y quinua, expendidos en el mercado de mayorista de Moshoqueque en Lambayeque.

2.3.2 Muestra.

Fue constituida por: 7 kg de harina de maca, 12 kg de granos desaponificados de quinua y 27 kg de gritz de maíz.

2.4 Variables de estudio

2.4.1 Variables independientes.

Fueron los porcentajes de harina de maca, gritz de maíz y granos desaponificados de quinua detallados en la tabla 11.

2.4.2 Variables dependientes.

2.4.2.1 *Características nutricionales.*

Análisis proximal y energía total (kcal/100g).

2.4.2.2 *Características físico-químicas.*

Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA).

2.4.2.3 *Características sensoriales.*

Los atributos fueron: olor, color, sabor y textura.

2.5 Instrumentación de recolección de datos

2.5.1 Equipos y materiales de laboratorio.

2.5.1.1 *Equipos.*

- Mufla regulada a 500 - 550°C.
- Balanza de precisión 0.001.
- Termómetro digital.

- Estufa regulado a 102-105°C.
- Incinerador.
- Equipo de Soxhlet.
- Desecador.
- Balanza digital.
- Extrusora.
- Selladora hermética.
- Molino de tornillo.
- Equipo de tamizado.
- Secador por corriente de aire.
- Baño de temperatura controlada.
- Centrifuga.

2.5.1.2 *Materiales.*

- Crisoles de platino o de cuarzo para mufla.
- Bagueta de vidrio.
- Bureta fina.
- Espátula.
- Destilador.
- Matraz Kjeldahl.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml.
- Matraces aforados de 100ml y 1000ml.
- Probeta de 25ml y 50 ml.
- Placas Petri.

- Ollas.
- Bolsas de polietileno.
- Recipientes plásticos.
- Cabinas de evaluación.
- Envases descartables.

2.5.2 Reactivos y soluciones de laboratorio.

- Ácido sulfúrico al 98%.
- Mezcla catalizadora.
- Disolución al 50% de hidróxido sódico.
- Disolución valorada de HCl 0.1mol/l.
- Mezcla indicadora de ácido bórico.
- Benceno.

2.6 Metodología experimental

2.6.1 Caracterización de la materia prima.

2.6.1.1 Análisis proximal.

Los métodos para el análisis proximal que se emplearon en el trabajo de investigación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 9

Métodos del análisis proximal de las materias primas

Análisis	Método	Nombre del método
Determinación de Humedad	Gravimétrico NTP 205.037:1975 (Rev.2016) Norma ISO 6540 NTP 209.264:2013	Secado con estufa

Determinación de Grasa	Gravimétrico NTP 205.041:1976 (Rev. 2016) NTP 209.263:2013	Método Soxhlet
Determinación de Proteínas	NTP 209.262:2013 (Rev. 2018)	Método Kjeldahl
Determinación de Ceniza	Gravimétrico NTP 205.038:1975 (Rev. 2016) NTP 209.265:2013 (Rev. 2018)	Método por calcinación
Carbohidratos totales	Por diferencia	

Nota. Elaboración propia (2018).

2.6.1.2 Análisis microbiológico.

Los métodos para el análisis microbiológico que se emplearon en el trabajo de investigación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 10
Métodos del análisis microbiológico de las materias primas

Análisis	Método	Nombre del método
Determinación de Salmonella	ISO 6579-1 (Rev. 2017)	Diluciones sucesivas-NMP/100ml
Recuento de mohos y levaduras	ICMSF 1983 (Rev. 2000)	Cultivo directo en placa: Determinación de crecimiento micelial (mohos) Determinación de crecimiento Colonial (Levaduras)
Determinación de Escherichia Coli	AOAC 991.14 (Rev. 2016)	Diluciones sucesivas-NMP/100ml

Nota. Elaboración propia (2018).

2.6.2 Obtención y evaluación de los tratamientos.

2.6.2.1 *Elaboración del diagrama de flujo del proceso.*

En la figura 21 se representa bajo un diagrama de bloques el flujo que se siguió para el proceso de obtención del suplemento en polvo mediante extrusión y su descripción se indica posteriormente.

Así mismo en la tabla 11 se indican los porcentajes y pesos correspondientes para cada formulación para lo cual se consideró una alimentación de 2.5 kg de muestra con tres repeticiones.

Tabla 11
Pesos y porcentajes para cada formulación

Tipo de formulación	MACA		MAIZ		QUINUA	
	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)	(%)	(Kg)
Fórmula 1	5	0.38	80	6.00	15	1.13
Fórmula 2	10	0.75	70	5.25	20	1.50
Fórmula 3	15	1.13	60	4.50	25	1.88
Fórmula 4	20	1.50	50	3.75	30	2.25
Fórmula 5	25	1.88	40	3.00	35	2.63

Nota. Elaboración propia (2018)

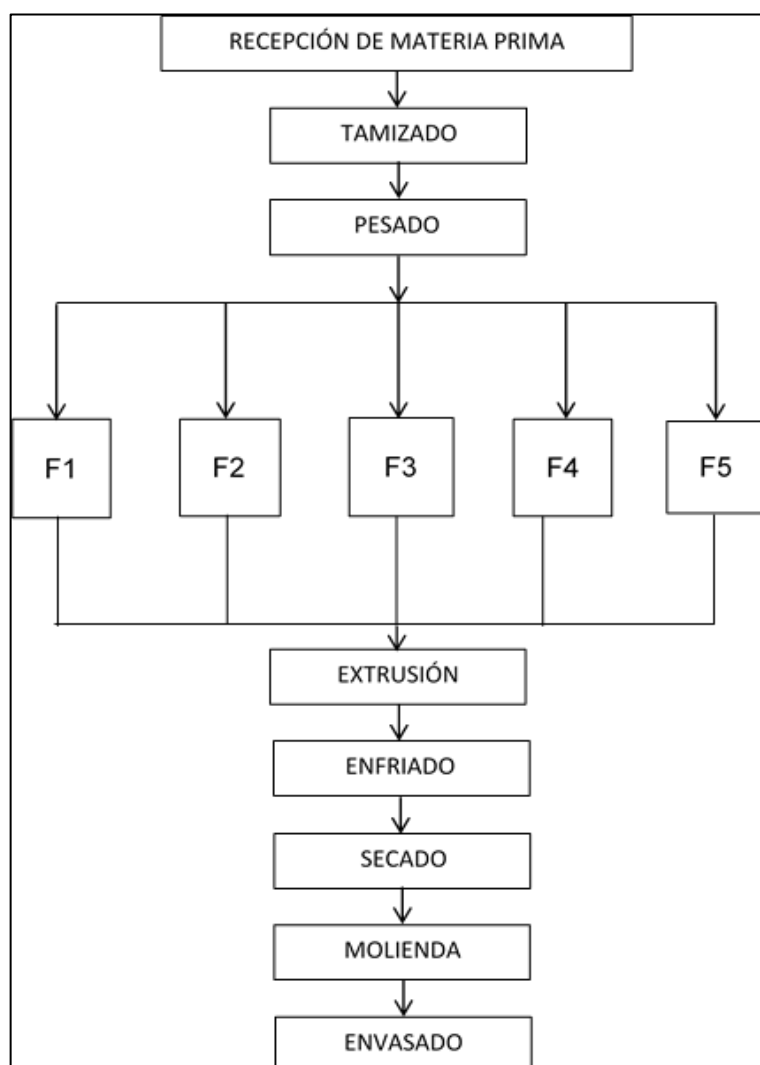


Figura 21. Diagrama de bloques para la obtención de las formulaciones. Elaboración propia (2018).

Recepción de materia prima:

Se recibieron y almacenaron en bolsas de polietileno debidamente cerradas a cada una de las materias primas constituidas por la harina de maca, la quinua desaponificada y los gritz de maíz. A cada materia se le realizó un análisis proximal y microbiológico. Para confirmar el desaponificado de la quinua se aplicó una prueba práctica que consistió en observar el casi nulo formado de espuma al agregar 5 g de muestra y 10 ml de agua destilada en una probeta

de 25 ml agitando vigorosamente. Con la finalidad de que cumplan los requerimientos para su posterior proceso.

Selección y clasificación de materia prima:

Se seleccionaron y clasificaron en este caso los granos de quinua y los gritz de maíz, tomando como criterio que por medio de una limpieza manual, eliminar piedrecillas, pajas y granos dañados o picados.

Tamizado:

Se tamizaron las partículas de maca, quinua y maíz para obtener partículas más homogéneas y de un tamaño no mayor a 2 mm, para lo cual se utilizó un tamiz N° 14 de acuerdo a la Asociación Americana de Ensayo de Materiales (U.S. Standar ASTM)

Pesado:

Las materias primas se pesaron en una balanza digital de alimentos de precisión 0.1 g y se realizó de acuerdo a las formulaciones propuestas, las cuales se especifican en la tabla 11.

Mezclado y Homogenización:

Se aplicó a las materias primas pesadas previamente mezclándolos hasta homogenizar la muestra. Se consideró un peso inicial de 2.5 kg con un número de 3 repeticiones por cada formulación.

Acondicionado:

Se realizó en la tolva de acondicionamiento de la extrusora, añadiendo 50 ml de agua por kg de muestra, con la finalidad que la masa consiga alcanzar un incremento hasta 15 - 17 % de humedad aproximadamente.

Extrusión:

Se realizó en un extrusor de tipo tornillo simple con coberturas de acero inoxidable; bajo las siguientes condiciones promedio:

Velocidad de rotación del tornillo	:	230 rpm
Temperatura del extrusor	:	150 ° C
Alimentación promedio	:	120 kg / h
Diámetro de boquilla salida (dado)	:	4.5 mm

Enfriamiento:

Una vez obtenido el producto extruido se dejó enfriar a 25°C por un lapso de 5 minutos, para así facilitar la manipulación del mismo, en esta etapa puede que el producto adquiera humedad.

Secado:

El producto es secado en un secador de túnel con corriente de aire caliente con bandejas a una temperatura de 60°C por 20 minutos, hasta lograr reducir la humedad que en la etapa de enfriado se haya captado.

Molienda y tamizado:

Se sometieron a molienda los productos obtenidos, el secado previo facilitó esta operación, la cual se realizó mediante un molino de martillos y luego se pasó por un tamiz N° 18 de la U.S. Standar ASTM

Envasado y almacenamiento:

Cada una de las muestras del producto extruido en polvo se envasaron en bolsas de polipropileno debidamente selladas y se almacenaron a temperatura ambiente.

2.6.2.2 *Análisis proximal y energético.*

Se realizó según lo indicado en la tabla 9 con tres repeticiones por muestra en cada tratamiento y el aporte energético se evaluó con los factores Atwater de 4, 9 y 4 Kcal/g, correspondiente a las proteínas, grasas y carbohidratos respectivamente.

2.6.2.3 *Análisis sensorial.*

Se evaluaron los atributos de olor, color, sabor y textura de los productos extruidos en polvo y se determinó la aceptabilidad según el tipo de formulación. Se utilizó la prueba hedónica para medir cuanto agrada o desagrade la muestra empleando una escala categorizada de 9 puntos.

La población de estudio fueron los alumnos de los tres últimos ciclos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNPRG ya que estos alumnos presentan ciertas nociones sobre conceptos de evaluaciones organolépticas. El grupo fue de 30 alumnos los cuales se les aclaró el correcto llenado de la tarjeta de evaluación (anexo 3) y se les pidió tener buen estado de salud y no ingerir alimentos por lo menos en 1 hora previa a la prueba.

Cada panelista tuvo un código de identificación que también estaba señalado respectivamente en cada puesto de evaluación. Los panelistas fueron ingresando al aula del laboratorio de alimentos y se ubicaron en las cabinas donde estaban dispuestas las muestras de los cinco tipos de formulación del suplemento en polvo con un orden de presentación balanceado y aleatorizado cuidando que todas las muestras tuvieran la posibilidad de ocupar el primer lugar el mismo número de veces según se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Orden de presentación balanceado para cinco muestras

Código de panelista	Orden de presentación				
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto
P-01	A	B	C	D	E
P-02	B	C	D	E	A
P-03	C	D	E	A	B
P-04	D	E	A	B	C
P-05	E	A	B	C	D

Nota. Elaboración propia (2018).

En cada muestra se pesaron 10 g y luego se reconstituyeron en 200 ml de leche, las muestras se presentaron dentro de vasos plásticos descartables sellados y siguiendo una codificación que consistió en un número de tres cifras donde se utilizó una combinación de números pares e impares para evitar cualquier error por ordenamiento como se muestra en la tabla 13; también junto a cada muestra se dispuso un medio de neutralización (vaso con agua) como se puede observar en el anexo 2.

Tabla 13

Rotulado para las muestras de la evaluación

Fórmula	Composición		Letra	Código
F1	Maca	5%	A	754
	Maíz	80%		
	Quinua	15%		
F2	Maca	10%	B	172
	Maíz	70%		
	Quinua	20%		
F3	Maca	15%	C	285
	Maíz	60%		
	Quinua	25%		
F4	Maca	20%	D	839
	Maíz	50%		
	Quinua	30%		
F5	Maca	25%	E	516
	Maíz	40%		
	Quinua	35%		

Nota. Elaboración propia (2018).

2.6.3 Caracterización del producto extruido.

2.6.3.1 *Análisis proximal y energético.*

La caracterización del suplemento en polvo obtenido mediante extrusión, en cuanto a su análisis proximal y energético se realizó replicando los resultados de acuerdo a lo descrito en el punto 2.6.2.2 y estuvo basado en la formulación óptima (producto final).

2.6.3.2 *Análisis físico – químicos.*

Índice de absorción en agua (IAA).

La determinación se llevó a cabo bajo la metodología descrita por Galarza (2011). Se pesó 2.5 g de muestra del suplemento en polvo extruido y se agregó 30 ml de agua destilada (se pesó en los tubos de centrifuga previamente tarados). Luego se atemperó en Baño María a 30°C sometiéndolo a agitación intermitente por 30 minutos, luego se colocó en una centrifuga de 3000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante se pasó a una placa Petri previamente tarado y se tomó el peso del gel. Para el cálculo se empleó la siguiente formula:

$$IAA = \text{Peso del gel (g)} / \text{Peso de la muestra (g)}$$

Índice de solubilidad en agua (ISA).

La determinación se llevó a cabo bajo la metodología descrita por Galarza (2011). Se pesó 2.5 g de muestra del suplemento en polvo extruido y se agregó 30 ml de agua destilada (se pesó en los tubos de centrifuga previamente tarados). Luego se atemperó en Baño María a 35°C sometiéndolo a agitación intermitente por 30 minutos, posteriormente se

colocó en una centrífuga de 3000 rpm por 10 minutos, el sobrenadante se pasó a una placa Petri previamente tarado y fue colocado en una estufa a 45°C para concentrar por evaporación. Para el cálculo se empleó la siguiente formula:

$$\text{IAA} = \text{Solidos solubles (g)} / \text{Peso de la muestra (g)}$$

Tamaño de partícula.

Se pesaron 100 g de muestra del suplemento en polvo extruido y se utilizó una batería sometida a vibración de tamices estandarizados ISO/ASTM 20/40/60/80/100/120. Se aplicó la metodología referida en el CODEX STAN 152-1985 que es una norma para harinas. Luego de 15 minutos, se separan los tamices y se registran los pesos del material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices. El análisis se realizó para determinar la media y la distribución de tamaño de partícula del producto.

Tabla 14
Clasificación de los tamices

N° de tamiz	Luz del tamiz (mm)
10	2,00
14	1,40
16	1,18
20	0,850
25	0,710
30	0,600
40	0,425
80	0,180
100	0,150
200	0,075

Nota. Estándares de la USP 23 y ASTM E11 Specification.

2.6.3.3 Análisis microbiológico.

El análisis microbiológico se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de acuerdo a la Norma técnica de Salud N° 071 “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano” de la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. El análisis se realizó por medio de terceros.

Tabla 15

Métodos del análisis microbiológico para el producto final

Análisis	Método
Aerobios Mesófilos Totales	ICMSF (1983)
Coliformes	ICMSF (1983)
Bacillus Cerius	ICMSF (1983)
Mohos y Levaduras	ICMSF (1983)
Salmonella	ICMSF (1983)

Nota. Elaboración propia (2018).

2.6.4 Evaluación estadística.

Se trabajaron con los datos obtenidos en el análisis sensorial de los productos extruidos en polvo según el tipo de formulación, como se propuso en el punto 2.6.2.3. Los resultados se procesaron en el programa SPSS Statistics® v.21 aplicando la prueba de ANOVA de un factor para un nivel de significación de 0.05, además se utilizó la prueba de Tukey como prueba post hoc. Además del software SPSS, se utilizó la hoja de cálculo de Microsoft Excel, como herramienta adicional para cálculos y gráficos, así como el programa Microsoft Visio para elaborar algunos esquemas y flujos de operación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Caracterización de la materia prima

3.1.1 Análisis proximal.

3.1.1.1 Caracterización de la maca.

Los resultados del análisis proximal de la harina de maca fueron:

Tabla 16

Composición proximal de la harina de maca

Componente	Harina de maca
Humedad (%)	15.50 ± 0.23
Proteína total (%) ^a	11.37 ± 0.41
Grasa (%)	1.17 ± 0.45
Ceniza (%)	4.80 ± 0.48
Carbohidratos totales (%) ^b	67.16

Nota.

Desviación estándar de 3 repeticiones;

^a %N x 6.25;

^b determinado por diferencia.

Elaboración propia (2018).

Al comparar los resultados del análisis proximal de la harina de maca, presentados en la tabla 16, se pudo observar similitudes entre los contenidos de sus componentes con los datos reportados por el MINSA (2017), los cuales mencionan que la maca como tubérculo seco posee porcentajes de humedad, proteína, grasas, carbohidratos y cenizas de 15.3%, 11.8%, 1.6%, 66.3% y 5.0% respectivamente. También los resultados se encontraron dentro de los rangos mencionados por Castaño-Corredor (2008) quien reporta para proteína y grasas, rangos de 8.9 – 11.6% y 1.1 – 2.2% respectivamente; y se encuentra por encima del rango para carbohidratos, el cual es de 54.6 – 60% pudiéndose deber a que el resultado del análisis fue de carbohidratos totales.

Cabe mencionar que la harina de maca con que se trabajó fue de la variedad maca amarilla.

3.1.1.2 Caracterización de la quinua.

Los resultados del análisis proximal de los granos de quinua fueron:

Tabla 17

Composición proximal de los granos de quinua

Componente	Granos de quinua
Humedad (%)	11.50 ± 0.09
Proteína total (%) ^a	13.53 ± 0.15
Grasa (%)	5.87 ± 0.31
Ceniza (%)	2.47 ± 0.06
Carbohidratos totales (%) ^b	66.63

Nota.

Desviación estándar de 3 repeticiones;

^a %N x 6.25;

^b determinado por diferencia.

Elaboración propia (2018).

Al comparar los resultados del análisis proximal de los granos de quinua, presentados en la tabla 17, se pudo observar similitudes entre los contenidos de sus componentes con los datos reportados por el MINSA (2017), los cuales mencionan que la quinua en harina posee porcentajes de humedad, proteína, grasas, carbohidratos y cenizas de 11.7%, 12.4%, 6.0%, 67.2% y 2.8% respectivamente. También los resultados se encontraron dentro de los rangos mencionados por Arroyave (2006) quien reporta para proteína y grasas valores de 13.81% y 5.01% respectivamente; y se encuentra por encima del valor para carbohidratos, el cual es de 59.74%, pudiéndose deber a que el resultado del análisis fue de carbohidratos totales.

3.1.1.3 Caracterización del maíz.

Los resultados del análisis proximal de los gritz de maíz fueron:

Tabla 18

Composición proximal de los gritz de maíz

Componente	Gritz de maíz
Humedad (%)	12.80 ± 0.56
Proteína total (%) ^a	7.67 ± 0.08
Grasa (%)	4.67 ± 0.27
Ceniza (%)	1.33 ± 0.08
Carbohidratos totales (%) ^b	73.53

Nota.

Desviación estándar de 3 repeticiones;

^a %N x 6.25;

^b determinado por diferencia.

Elaboración propia (2018).

Al comparar los resultados del análisis proximal de los gritz de maíz, presentados en la tabla 18, se pudo observar similitudes entre los contenidos de sus componentes con los datos reportados por el MINSA (2017), los cuales mencionan que el maíz amarillo posee porcentajes de humedad, proteína, grasas, carbohidratos y cenizas de 13.5%, 6.7%, 4.8%, 73.6% y 1.4% respectivamente. También los resultados se encontraron dentro de los rangos mencionados por Roji-Quea (2012) quien reporta para proteína y cenizas valores de 8.3% y 1.2% respectivamente; y se encuentra por encima del valor para carbohidratos, el cual es de 69.40%, pudiéndose deber a que el resultado del análisis fue de carbohidratos totales.

Cabe mencionar que los gritz de maíz con que se trabajó fueron de la variedad maíz amarillo.

3.1.2 Análisis microbiológico.

Los resultados del análisis microbiológico de las materias primas, realizado unos días previos a la experimentación en la extrusora, se presentan en la tabla 19, en donde se pudo observar que todos los microorganismos evaluados se encontraron dentro de la norma referida, lo cual hace indicar que las materias primas fueron aptas para el consumo humano, de acuerdo con los criterios microbiológicos establecidos por la Norma Técnica de Salud N° 071.

Tabla 19
Análisis microbiológicos de las materias primas

Agente microbiano	Materias primas			Límite referencial (*)	
	Quinua	Maca	Maíz	m	M
Mohos	2.3×10^3 (UFC/g)	2.6×10^2 (UFC/g)	1.8×10^2 (UFC/g)	10^4	10^5
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia (UFC/g)	Ausencia (UFC/g)	Ausencia (UFC/g)	10	10^2
<i>Salmonella sp.</i>	Ausencia (UFC/25g)	Ausencia (UFC/25g)	Ausencia (UFC/25g)	Ausencia/ 25g	-

Nota. (*) Norma Técnica de Salud N° 071 MINSA/DIGESA V-01 (2008). Adaptado de Lab. de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNPRG.

3.2 Obtención y evaluación de los tratamientos

3.2.1 Análisis proximal y energético.

Los resultados de la composición proximal y energético de los productos extruidos se muestran en la tabla 20, en donde el contenido de proteínas fue mayor en los productos extruidos con mayor porcentaje de quinua y harina de maca, esto se debe al alto contenido proteico que presentan estas materias, a la vez el aporte energético varía levemente en las cinco formulaciones de

los productos extruidos teniendo mayor aporte energético la fórmula 2 tal como se observa en la figura 22.

Tabla 20

Composición proximal y valor energético de las formulaciones

Análisis	Unidad	Fórmula 1	Fórmula 2	Fórmula 3	Fórmula 4	Fórmula 5
Energía	Kcal	385.4	386.4	384.8	383.2	382.1
Energía	KJ	1610.8	1615.3	1608.5	1601.8	1597.0
Humedad	%	7.64	7.69	7.73	7.77	7.78
Proteína total ^a	%	11.13	11.15	11.65	12.15	12.93
Grasa	%	4.84	5.20	5.09	4.98	4.92
Carbohidratos totales ^b	%	74.32	73.75	73.10	72.45	71.50
Ceniza	%	2.07	2.21	2.43	2.65	2.86

Nota.

^a %N x 6.25;

^b determinado por diferencia.

Elaboración propia (2018).

El contenido de humedad en los productos extruidos fue de un rango entre 7.6 – 7.8 % el cual se encuentra ligeramente por encima del límite referido en la Fichas Técnicas de Alimentos del servicio alimentario del programa nacional de alimentación escolar Qali Warma (2018), el cual establece un rango de humedad para harinas de maca, quinua y maíz extruidas menor o igual al 5%, esto pudo deberse a que en la etapa del secado debió considerarse mayor tiempo, aun así el bajo contenido de humedad que presentan los productos hace que siga considerándose de buena estabilidad en anaquel.

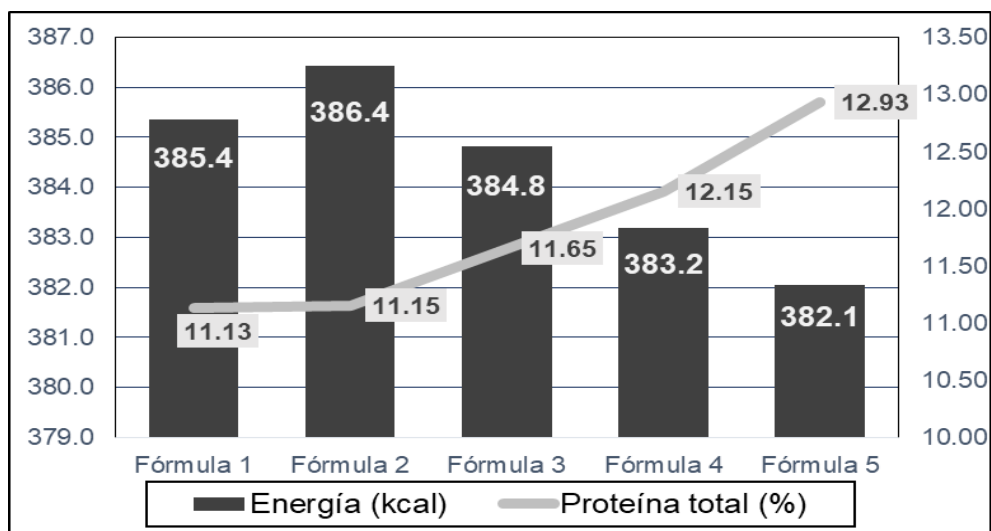


Figura 22. Comparación del valor proteico y energético de las muestras. Elaboración propia (2018).

Con respecto a las características nutricionales referidas en el proyecto de ficha de homologación elaborada por el Ministerio de Salud (2018) para el alimento infantil de preparación instantánea, fortificado en polvo, a base de leche y cereales (anexo 6), en el cual menciona que el valor energético, por bolsa de 50 g de producto, debe ser de 200 kcal, el contenido de proteínas debe ser de 12 – 15% de la energía total y el contenido de grasas debe ser de 25 – 30% de la energía total, y de acuerdo a los resultados se observa que estuvieron por debajo ya que en cuanto a la energía, calculada para una cantidad de 50g de producto, se obtuvieron rangos de 191.0 – 192.5 kcal y para las grasas fue de 11.3 – 11.6% de la energía total, pero el contenido proteico fue de 11.6 – 13.5% de la energía total, encontrándose dentro del rango referido. Cabe mencionar que el producto se elaboró destinado no solo para un grupo tan específico como los niños infantes sino para un público más amplio representado por personas interesadas en la alimentación saludable.

3.2.2 Análisis sensorial.

En el anexo 4 aparece recogida la base de datos que se obtuvo de la prueba hedónica y con la que se realizaron los estudios estadísticos; según lo propuesto en el punto 2.6.2.3, a continuación se presentan los siguientes resultados:

En la figura 23 se observa que la mayoría de participantes de la evaluación hedónica fueron mujeres (67%) y también se puede ver conforme a los resultados globales de la evaluación según sexo, que tanto las mujeres como los hombres gustaron más de la fórmula 3.

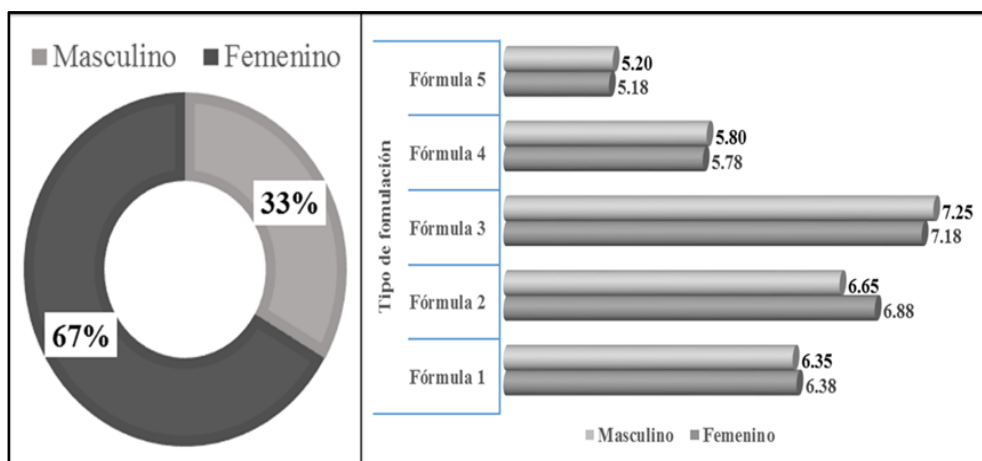


Figura 23. Sexualidad de los panelistas y valoración de las muestras. Elaboración propia (2018).

En la figura 24 se observa que el atributo sensorial con mayor importancia en este tipo de producto es el sabor (30%) seguidos con igual porcentaje (27%) el olor y el color, finalmente la textura (17%), que según los participantes, este último, no representa un atributo sensorial con mucha importancia, esto puede deberse a que las cinco formulaciones en polvo fueron presentadas diluidas en un líquido.

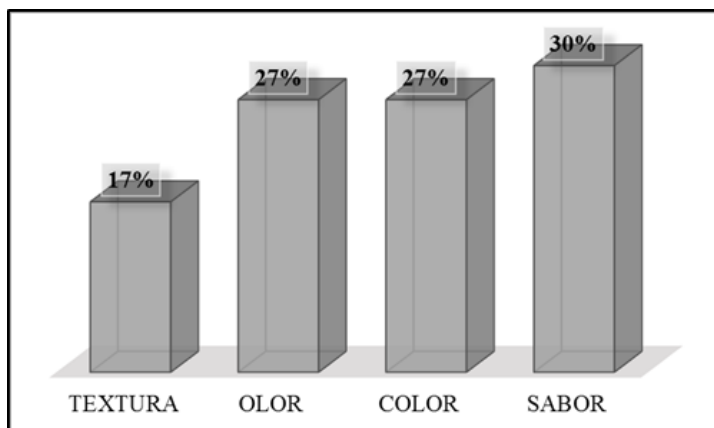


Figura 24. Atributo principal según la evaluación hedónica. Elaboración propia (2018).

En la figura 25 se observa que dentro de la semana los participantes de la evaluación hedónica suelen consumir un suplemento alimenticio con una frecuencia intermedia (de tres a cuatro días) sin embargo existe un porcentaje considerable de participantes que no suelen consumir (20%) este tipo de producto.

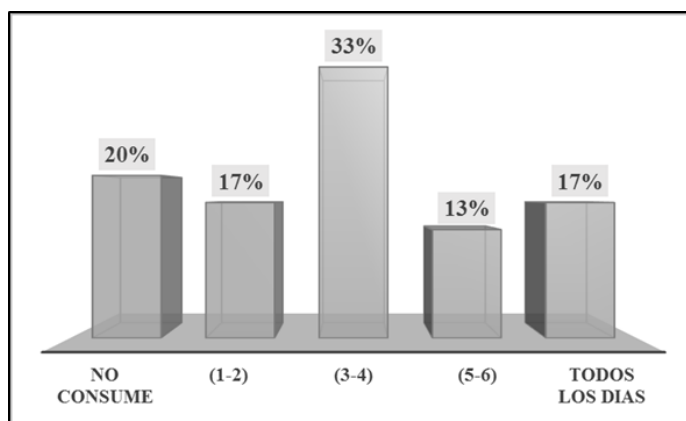


Figura 25. Frecuencia semanal de consumo de los panelista. Elaboración propia (2018).

3.2.2.1 Atributo olor.

Planteamiento de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (El tipo de formulación no afecta en el olor).

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ para algún $i \neq j$ (El tipo de formulación si afecta en el olor).

Prueba de Hipótesis: Análisis de varianza con un factor (ANOVA).

Estadístico de Prueba: Con nivel de error de confianza (α) de 5%.

$$F_{prueba} = \frac{\text{estimación intermediente de variancia}}{\text{estimación interna de variancia}}$$

Regla de decisión	Aceptar H_0 si $p\text{-valor (Sig.)} \geq \alpha$
	Rechazar H_0 si $p\text{-valor (Sig.)} < \alpha$

Tabla 21

ANOVA para la evaluación sensorial del atributo olor

ANOVA de un factor					
<i>Evaluación del olor</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	174,533	4	43,633	39,184	,000
Intra-grupos	161,467	145	1,114		
Total	336,000	149			

Resultado:

El nivel de significancia (sig.) fue menor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) concluyendo que existieron diferencias significativas entre los grupos, es decir que el tipo de formulación si afecta en el olor, por tanto se tiene que estudiar entre cuales formulaciones se presentaron dichas diferencias significativas a través de la aplicación de una prueba post hoc.

En las tablas 22 y 23 se muestran los resultados de la Prueba de Tukey (prueba post hoc) donde se aprecian las comparaciones entre las diferentes formulaciones de par en par existiendo diferencias significativas solo en las filas donde aparece un asterisco dentro de la columna de diferencia de medias; y luego se observa la conformación de subconjuntos homogéneos en donde no existieron diferencias significativas entre los elementos de cada subconjunto.

Tabla 22

Prueba de Tukey para la evaluación del atributo olor

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Evaluación del olor						
HSD de Tukey						
(I) Tipo de formulación	(J) Tipo de formulación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Formula 1	Formula 2	-1,06667*	,27247	,001	-1,8193	-,3140
	Formula 3	-2,33333*	,27247	,000	-3,0860	-1,5807
	Formula 4	-,96667*	,27247	,005	-1,7193	-,2140
	Formula 5	,86667*	,27247	,015	,1140	1,6193
Formula 2	Formula 1	1,06667*	,27247	,001	,3140	1,8193
	Formula 3	-1,26667*	,27247	,000	-2,0193	-,5140
	Formula 4	,10000	,27247	,996	-,6527	,8527
	Formula 5	1,93333*	,27247	,000	1,1807	2,6860
Formula 3	Formula 1	2,33333*	,27247	,000	1,5807	3,0860
	Formula 2	1,26667*	,27247	,000	,5140	2,0193
	Formula 4	1,36667*	,27247	,000	,6140	2,1193
	Formula 5	3,20000*	,27247	,000	2,4473	3,9527
Formula 4	Formula 1	,96667*	,27247	,005	,2140	1,7193
	Formula 2	-,10000	,27247	,996	-,8527	,6527
	Formula 3	-1,36667*	,27247	,000	-2,1193	-,6140
	Formula 5	1,83333*	,27247	,000	1,0807	2,5860
Formula 5	Formula 1	-,86667*	,27247	,015	-1,6193	-,1140
	Formula 2	-1,93333*	,27247	,000	-2,6860	-1,1807
	Formula 3	-3,20000*	,27247	,000	-3,9527	-2,4473
	Formula 4	-1,83333*	,27247	,000	-2,5860	-1,0807

Nota. (*) La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Tabla 23

Subconjuntos homogéneos para la evaluación del olor

Evaluación del Olor					
HSD de Tukey ^a					
Tipo de formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Formula 5	30	4,2333			
Formula 1	30		5,1000		
Formula 4	30			6,0667	
Formula 2	30			6,1667	
Formula 3	30				7,4333
Sig.		1,000	1,000	,996	1,000

Nota. Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. (^a) Usa el tamaño muestral de la media armónica = 30,000.

Conclusión:

En la tabla 23 se aprecia que existieron cuatro subconjuntos formados entre las diferentes formulaciones donde el valor promedio de la evaluación del olor va de manera ascendente, siendo el subconjunto conformado solo por la fórmula 3 la que obtuvo mayor aceptabilidad y por tanto fue elegida como la formulación óptima en cuanto al atributo en cuestión.

3.2.2.2 Atributo color.

Planteamiento de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (El tipo de formulación no afecta en el color).

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ para algún $i \neq j$ (El tipo de formulación si afecta en el color).

Prueba de Hipótesis: Análisis de varianza con un factor (ANOVA).

Estadístico de Prueba: Con nivel de error de confianza (α) de 5%.

$$F_{prueba} = \frac{\text{estimación intermediente de variancia}}{\text{estimación interna de variancia}}$$

Regla de decisión	Aceptar H_0 si $p\text{-valor (Sig.)} \geq \alpha$
	Rechazar H_0 si $p\text{-valor (Sig.)} < \alpha$

Tabla 24

ANOVA para la evaluación sensorial del atributo color

ANOVA de un factor					
<i>Evaluación del color</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	156,360	4	39,090	42,110	,000
Intra-grupos	134,600	145	,928		
Total	290,960	149			

Resultado:

El nivel de significancia (sig.) fue menor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) concluyendo que existieron diferencias significativas entre los grupos, es decir que el tipo de formulación si afecta en el color, por tanto

se tiene que estudiar entre cuales formulaciones se presentaron dichas diferencias significativas a través de la aplicación de una prueba post hoc.

En las tablas 25 y 26 se muestran los resultados de la Prueba de Tukey (prueba post hoc); y luego se observa la conformación de subconjuntos homogéneos en donde no existieron diferencias significativas entre los elementos de cada subconjunto.

Tabla 25

Prueba de Tukey para la evaluación del atributo color

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Evaluación del color						
<i>HSD de Tukey</i>						
(I) Tipo de formulación	(J) Tipo de formulación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Fórmula 1	Fórmula 2	-,90000*	,24278	,003	-1,5707	-,2293
	Fórmula 3	-,83333*	,24278	,007	-1,5040	-,1627
	Fórmula 4	1,60000*	,24278	,000	,9293	2,2707
	Fórmula 5	,96667*	,24278	,001	,2960	1,6373
Fórmula 2	Fórmula 1	,90000*	,24278	,003	,2293	1,5707
	Fórmula 3	,06667	,24278	,999	-,6040	,7373
	Fórmula 4	2,50000*	,24278	,000	1,8293	3,1707
	Fórmula 5	1,86667*	,24278	,000	1,1960	2,5373
Fórmula 3	Fórmula 1	,83333*	,24278	,007	,1627	1,5040
	Fórmula 2	-,06667	,24278	,999	-,7373	,6040
	Fórmula 4	2,43333*	,24278	,000	1,7627	3,1040
	Fórmula 5	1,80000*	,24278	,000	1,1293	2,4707
Fórmula 4	Fórmula 1	-1,60000*	,24278	,000	-2,2707	-,9293
	Fórmula 2	-2,50000*	,24278	,000	-3,1707	-1,8293
	Fórmula 3	-2,43333*	,24278	,000	-3,1040	-1,7627
	Fórmula 5	-,63333	,24278	,074	-1,3040	,0373
Fórmula 5	Fórmula 1	-,96667*	,24278	,001	-1,6373	-,2960
	Fórmula 2	-1,86667*	,24278	,000	-2,5373	-1,1960
	Fórmula 3	-1,80000*	,24278	,000	-2,4707	-1,1293
	Fórmula 4	,63333	,24278	,074	-,0373	1,3040

Nota. (*) La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Tabla 26

Subconjuntos homogéneos para la evaluación del color

Evaluación del color				
<i>HSD de Tukey^a</i>				
Tipo de formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Fórmula 4	30	4,1667		
Fórmula 5	30	4,8000		
Fórmula 1	30		5,7667	
Fórmula 3	30			6,6000
Fórmula 2	30			6,6667
Sig.		,074	1,000	,999

Nota. Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. (^a) Usa el tamaño muestral de la media armónica = 30,000.

Conclusión:

En la tabla 26 se aprecia que existieron tres subconjuntos formados entre las diferentes formulaciones donde el valor promedio de la evaluación del color va de manera ascendente, siendo el subconjunto conformado por la fórmula 2 y la fórmula 3, las que obtuvieron mayor aceptabilidad y por tanto cualquiera de ellas pudo ser la formulación óptima en cuanto al atributo en cuestión.

3.2.2.3 Atributo sabor.

Planteamiento de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (El tipo de formulación no afecta en el sabor).

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ para algún $i \neq j$ (El tipo de formulación si afecta en el sabor).

Prueba de Hipótesis: Análisis de varianza con un factor (ANOVA).

Estadístico de Prueba: Con nivel de error de confianza (α) de 5%.

$$F_{prueba} = \frac{\text{estimación intermedia de variancia}}{\text{estimación interna de variancia}}$$

Regla de decisión	Aceptar H_0 si $p\text{-valor (Sig.)} \geq \alpha$ Rechazar H_0 si $p\text{-valor (Sig.)} < \alpha$
-------------------	--

Tabla 27
ANOVA para la evaluación sensorial del atributo sabor

ANOVA de un factor					
<i>Evaluación del sabor</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	146,107	4	36,527	47,515	,000
Intra-grupos	111,467	145	,769		
Total	257,573	149			

Resultado:

El nivel de significancia (sig.) fue menor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) concluyendo que existieron diferencias significativas entre los grupos, es decir que el tipo de formulación si afecta en el sabor, por tanto se tiene que estudiar entre cuales formulaciones se presentaron dichas diferencias significativas a través de la aplicación de una prueba post hoc.

En las tablas 28 y 29 se muestran los resultados de la Prueba de Tukey (prueba post hoc); y luego se observa la conformación de subconjuntos homogéneos en donde no existieron diferencias significativas entre los elementos de cada subconjunto.

Tabla 28
Prueba de Tukey para la evaluación del atributo sabor

Comparaciones múltiples	
Variable dependiente: Evaluación del sabor	
HSD de Tukey	

(I) Tipo de formulación	(J) Tipo de formulación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Fórmula 1	Fórmula 2	,40000	,22638	,397	-,2254	1,0254
	Fórmula 3	,20000	,22638	,903	-,4254	,8254
	Fórmula 4	1,56667*	,22638	,000	,9413	2,1920
	Fórmula 5	2,60000*	,22638	,000	1,9746	3,2254
	Fórmula 1	-,40000	,22638	,397	-1,0254	,2254
Fórmula 2	Fórmula 3	-,20000	,22638	,903	-,8254	,4254
	Fórmula 4	1,16667*	,22638	,000	,5413	1,7920
	Fórmula 5	2,20000*	,22638	,000	1,5746	2,8254
	Fórmula 1	-,20000	,22638	,903	-,8254	,4254
	Fórmula 2	,20000	,22638	,903	-,4254	,8254
Fórmula 3	Fórmula 4	1,36667*	,22638	,000	,7413	1,9920
	Fórmula 5	2,40000*	,22638	,000	1,7746	3,0254
	Fórmula 1	-1,56667*	,22638	,000	-2,1920	-,9413
	Fórmula 2	-1,16667*	,22638	,000	-1,7920	-,5413
	Fórmula 3	-1,36667*	,22638	,000	-1,9920	-,7413
Fórmula 4	Fórmula 5	1,03333*	,22638	,000	,4080	1,6587
	Fórmula 1	-2,60000*	,22638	,000	-3,2254	-1,9746
	Fórmula 2	-2,20000*	,22638	,000	-2,8254	-1,5746
	Fórmula 3	-2,40000*	,22638	,000	-3,0254	-1,7746
	Fórmula 4	-1,03333*	,22638	,000	-1,6587	-,4080

Nota. (*) La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Tabla 29

Subconjuntos homogéneos para la evaluación del sabor

Evaluación del sabor				
HSD de Tukey ^a				
Tipo de formulación	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Fórmula 5	30	5,3000		
Fórmula 4	30		6,3333	
Fórmula 2	30			7,5000
Fórmula 3	30			7,7000
Fórmula 1	30			7,9000
Sig.		1,000	1,000	,397

Nota. Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. (a) Usa el tamaño muestral de la media armónica = 30,000.

Conclusión:

En la tabla 29 se aprecia que existieron tres subconjuntos formados entre las diferentes formulaciones donde el valor promedio de la evaluación del sabor

va de manera ascendente, siendo el subconjunto conformado por la fórmula 1, fórmula 2 y la fórmula 3, las que obtuvieron mayor aceptabilidad y por tanto cualquiera de ellas pudo ser la formulación óptima en cuanto al atributo en cuestión.

3.2.2.4 Atributo textura.

Planteamiento de hipótesis:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (El tipo de formulación no afecta en la textura).

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$ para algún $i \neq j$ (El tipo de formulación si afecta en la textura).

Prueba de Hipótesis: Análisis de varianza con un factor (ANOVA).

Estadístico de Prueba: Con nivel de error de confianza (α) de 5%.

$$F_{prueba} = \frac{\text{estimación intermediente de variancia}}{\text{estimación interna de variancia}}$$

Regla de decisión	Aceptar H_0 si $p\text{-valor (Sig.)} \geq \alpha$ Rechazar H_0 si $p\text{-valor (Sig.)} < \alpha$
-------------------	--

Tabla 30

ANOVA para la evaluación sensorial del atributo textura

ANOVA de un factor					
<i>Evaluación de la textura</i>					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8,040	4	2,010	2,079	,087
Intra-grupos	140,200	145	,967		
Total	148,240	149			

Resultado:

El nivel de significancia (sig.) fue mayor que 0.05, entonces se acepta la hipótesis nula (H_0) concluyendo que no existen diferencias significativas entre los grupos, es decir que el tipo de formulación no afecta en la textura, por tanto cualquiera de ellas pudo ser la formulación óptima.

En la tabla 31 se detallan los promedios obtenidos en cada formulación según su evaluación sensorial, en el cual la fórmula 3 estuvo dentro de las mejores calificadas en los cuatro atributos evaluados, incluso obtuvo buen puntaje en el atributo de mayor importancia (figura 24). Por tanto se determinó a la fórmula 3 como la formulación óptima (figura 26).

Tabla 31

Promedios de las formulaciones en cada atributo sensorial

Tipo de formulación	Atributo sensorial			
	Olor	Color	Sabor	Textura
Fórmula 1	5.10	5.77	7.90*	6.70*
Fórmula 2	6.17	6.67*	7.50*	6.87*
Fórmula 3	7.43*	6.60*	7.70*	7.07*
Fórmula 4	6.07	4.17	6.33	6.57*
Fórmula 5	4.23	4.80	5.30	6.40*

Nota. (*) Formulación óptima en cada atributo. Elaboración propia (2018)

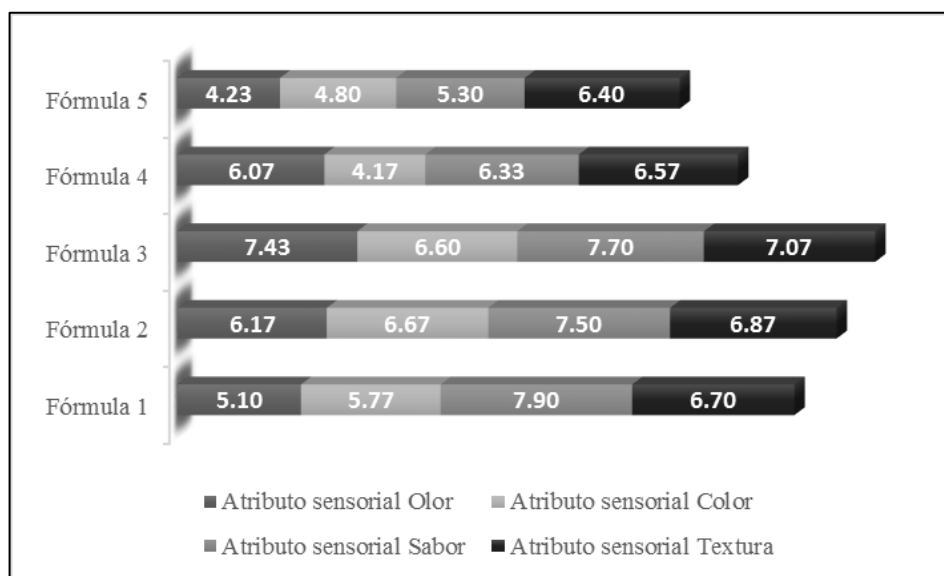


Figura 26. Formulación óptima según la evaluación hedónica. Elaboración propia (2018).

3.2.3 Elaboración del diagrama de flujo del proceso.

En la figura 27 se muestran las operaciones y parámetros para la obtención de un suplemento alimenticio en polvo a base de maca, maíz y quinua mediante extrusión.

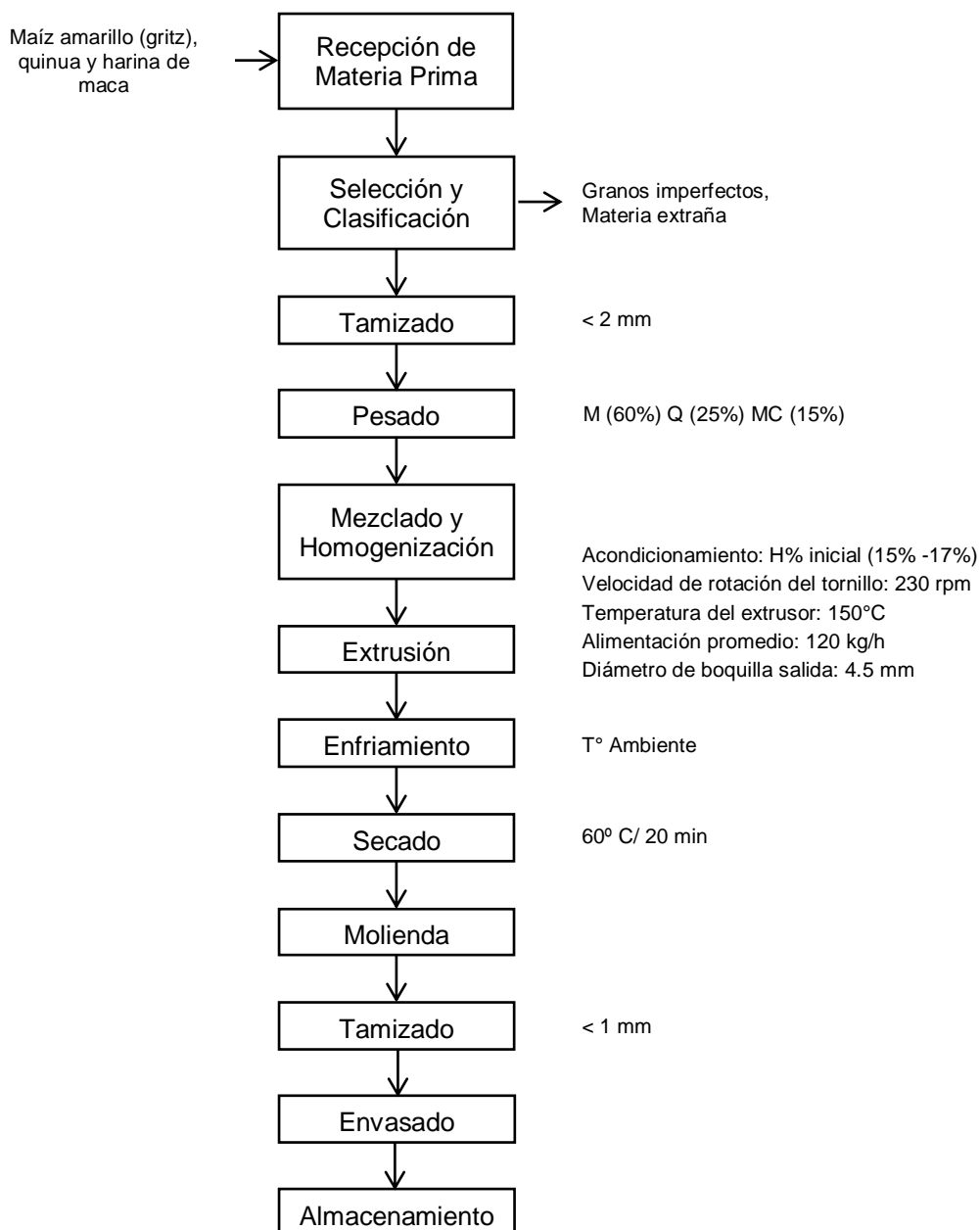


Figura 27. Diagrama de flujo para la obtención del suplemento. Elaboración propia (2018).

3.3 Caracterización del producto extruido

3.3.1 Análisis proximal y energético.

En la figura 28 se puede observar la información nutricional del suplemento alimenticio en cuanto al producto final ganador, que se realizó en base a la NTP 209.038:2009, norma para el etiquetado de los alimentos envasados, la cual se ajustó solo a los datos obtenidos, en el cuadro informativo se analizó el aporte nutricional del suplemento alimenticio a la dieta diaria.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL			
Tamaño por Porción:		2 cucharadas (20 g)	
Porciones por envase:		Aprox. 5	
Cantidad por 100 g		Cantidad por porción	
Humedad	7.7%	% VD*	
Energía	385 kcal	77 kcal	4%
Carbohidratos Totales	73.1 g	14.6 g	5%
Proteínas	11.7 g	2.3 g	3%
Grasas Totales	5.1 g	1 g	2%
(*) % Valores Diarios están basados en una dieta de 2000 kcal. Sus valores diarios pueden ser más altos o más bajos dependiendo de sus necesidades energéticas.			
kilocalorías por gramo:			
Grasa 9		Carbohidratos 4 Proteína 4	

Figura 28. Información nutricional del producto final. Elaboración propia (2018).

El producto final de la formulación óptima representado por la fórmula 3 (maca 15%, maíz 60% y quinua 25%) obtuvo un puntaje promedio de 7.2 en la evaluación sensorial (prueba hedónica), el resultado refiere una categoría ligeramente por encima de “me gusta moderadamente”, lo que indica que el producto fue de buena aceptabilidad.

3.3.2 Análisis físico químico.

3.3.2.1 Índice de absorción en agua (IAA).

Los resultados del análisis del índice de absorción de agua del producto final se muestran en la tabla 32, en donde se presentó un valor promedio de 4.03.

Tabla 32

Resultado del índice de absorción de agua (IAA)

Producto final	Índice de absorción de agua (IAA)			
	1	2	3	MEDIA
F3	3.9	4	4.2	4.03

3.3.2.2 Índice de solubilidad en agua (ISA).

Los resultados del análisis del índice de solubilidad en agua del producto final se muestran en la tabla 33, en donde resultó un valor promedio de 0.58.

Tabla 33

Resultado del índice de solubilidad en agua (ISA)

Producto final	Índice de solubilidad de agua (ISA)			
	1	2	3	MEDIA
F3	0.65	0.60	0.50	0.58

Llopert (2011) y Darío (2017) en sus estudios en productos extruidos demostraron que las propiedades del ISA e IAA aumentan conforme aumenta la T° y disminuyen con el aumento de H%, existiendo una relación directa entre ambos con el grado de cocción. El valor del IAA obtenido significó según Carbajal y Huamancondor (2017) la capacidad de las partículas gelificadas para mantener su integridad en dispersión acuosa y el valor del ISA obtenido permitió verificar el grado de severidad del tratamiento de extrusión. El aumento de solubilidad se atribuye a la dispersión de las moléculas de amilosa y de amilopectina, así como por la formación de compuestos de bajo peso molecular (Cepeda y Moreira, 2015).

3.3.2.3 Tamaño de partícula.

Los resultados del tamizado realizados según la metodología descrita en el punto 2.6.3.2 se resumen en la tabla 34.

Tabla 34

Resultado del tamizado del producto final

N° Tamiz	Tamaño de partícula (µm)	Peso retenido (%)	(%) Ac. Retenido	(%) Ac. Pasante
20	850	1.6%	1.6%	98.4%
40	425	4.8%	6.4%	93.6%
60	250	23.1%	29.5%	70.5%
80	180	34.7%	64.2%	35.8%
100	150	31.4%	95.6%	4.4%
120	125	3.5%	99.1%	0.9%
Fondo	Fondo	0.9%	100.0%	0.0%

Nota. Equipo de tamizado modelo Ro-Tap. Elaboración propia (2018).

De acuerdo a estos resultados se determinó la distribución de tamaño de partícula del producto. En la figura 29 se muestran las aportaciones porcentuales de acuerdo al tamaño de apertura del tamiz, donde se aprecia que la contribución más importante estuvo en las partículas menores a 250 µm (60 MESH).

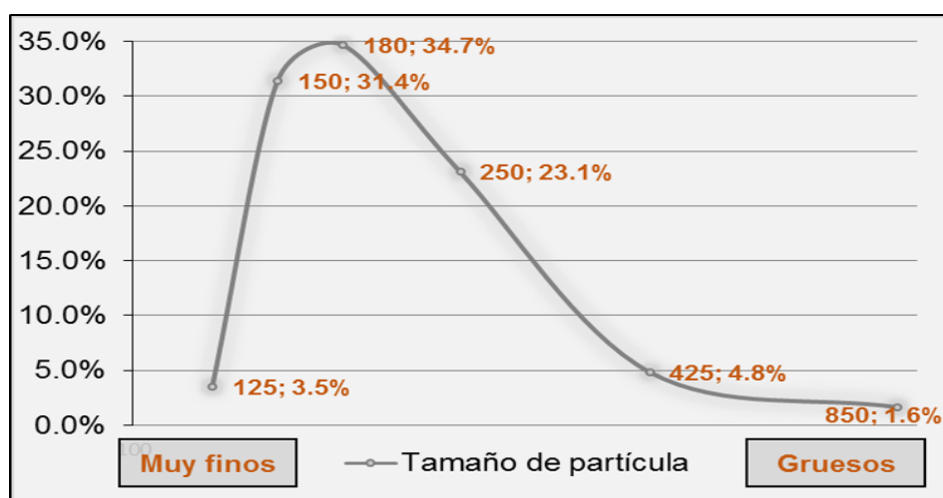


Figura 29. Curva granulométrica del producto final. Elaboración propia (2018).

El diámetro promedio de partícula fue de 206 μm , que de acuerdo a los estándares de la Farmacopea de Estados Unidos (USP) que categoriza todo tipo de polvo según su tamaño, se puede clasificar al producto final como un polvo moderadamente fino (180 – 355 μm).

3.3.3 Análisis microbiológico.

Los resultados del análisis microbiológico del producto final correspondiente a la formulación óptima, realizado después de dos meses de almacenamiento, se presentan en la tabla 35 y anexo 7, en donde se observa que todos los microorganismos evaluados se encontraron muy por debajo de la norma referida, seguramente debido al tratamiento térmico aplicado en el extrusor y las buenas prácticas de higiene en el proceso, lo cual hace indicar que el producto final fue apto para su consumo, de acuerdo con los criterios microbiológicos establecidos por la Norma Técnica de Salud N° 071.

Tabla 35
Análisis microbiológico del producto final

Agente microbiano	Resultado	Límite referencial (*)	
		m	M
Aerobios mesófilos	< 10 (UFC/g)	10^4	10^5
<i>Coliformes</i>	< 3 (UFC/g)	10	10^2
<i>Bacillus cereus</i>	Ausencia (UFC/g)	10^2	10^4
<i>Mohos y levaduras</i>	< 10^2 (UFC/g)	10^2	10^4
<i>Salmonella</i>	Ausencia (UFC/25g)	Ausencia/25g	-

Nota. (*) Norma Técnica de Salud N° 071 MINSA/DIGESA V-01 (2008). Adaptado de Lab. de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNPRG.

IV. CONCLUSIONES

1. Se realizó adecuadamente la formulación y evaluación de un suplemento alimenticio en polvo a base de maca (*Lepidium meyenii*), maíz (*Zea mays*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) mediante extrusión.
2. Se determinaron los análisis proximales de las materias primas utilizadas, las cuales obtuvieron resultados con bastante similitud a los parámetros establecidos en sus respectivas tablas composicionales referidas.
3. Se caracterizaron microbiológicamente las materias primas utilizadas, en las cuales se observó que los valores se encontraron cumpliendo con los límites referidos de acuerdo con los criterios microbiológicos establecidos por la NTS N° 071.
4. Se estableció el diagrama de flujo para la obtención de un suplemento alimenticio en polvo a base de maca, maíz y quinua mediante extrusión.
5. Se analizó proximal y sensorialmente las cinco formulaciones obtenidas y se consideró como formulación óptima a la fórmula 3 (maca 15%, maíz 60% y quinua 25%) ya que se encontró dentro de los mejores calificados en todos los atributos evaluados en el análisis sensorial.
6. Se realizó el análisis proximal del producto de la formulación óptima.
7. La evaluación sensorial del producto de la formulación óptima obtuvo un puntaje promedio de 7.2 (escala hedónica de 9 puntos) correspondiente a una categoría aceptable.
8. Se caracterizó fisicoquímicamente el producto de la formulación óptima el cual presentó un ISA de 0.58, un IAA de 4.03 y un tamaño promedio de partícula de 206 μm (polvo moderadamente fino).

9. El análisis microbiológico del producto de la formulación óptima realizado después de dos meses de almacenamiento, cumplió con los criterios microbiológicos establecidos por la NTS N° 071.
10. Se justificó que la quinua y la maca son excelentes opciones para ser usadas en productos extruidos de gran aporte nutricional y saludable.

V. RECOMENDACIONES

1. Realizar un balance aminoacídico o aminograma del producto alimenticio, para así tener una referencia adecuada de la calidad proteica que aporta la mezcla alimenticia.
2. Se recomienda, en caso se siga la línea de elaboración de este tipo de productos, complementar su caracterización con más análisis como pueden ser la acidez, índice de gelatinización, índice de peróxido y aflatoxinas; ya que estos parámetros también son considerados en las fichas técnicas referidas.
3. Se recomienda realizar un estudio de mercado para determinar la posible demanda nacional, así también se identificarían los nichos de mercado, sin dejar de lado la posibilidad de exportación del producto ya que los granos andinos tienen un gran apogeo a nivel internacional.
4. Se recomienda que el suplemento alimenticio sea parte del programa de Alimentación Escolar, por el contenido de nutrientes que aporta, por ser un producto de fácil preparación y además porque la materia prima utilizada es de origen natural.
5. Para el envasado del producto se utilizó envases de polipropileno, pero se recomienda usar un envase de mejor calidad para el producto, el cual por sus características, se debe proteger contra la humedad, el oxígeno y contra la radiación pudiéndose contemplar las siguientes estructuras de envases como: PET/AL/PE, BOPP/AL/CPP y BOPP/AL/CPE aplicadas comúnmente para este tipo de productos debido a que presentan baja

permeabilidad, su lámina de aluminio que protege contra la radiación y su buena prestación al sellado térmico.

6. A pesar de que no fue necesario usar preservantes ni conservantes en la estabilidad del suplemento en polvo extruido y que las pruebas microbiológicas resultaron favorables después de dos meses en almacenamiento, se debe realizar un estudio de vida útil para mejor seguridad de su duración en el tiempo.
7. Aprovechar la aceptabilidad de la diversidad de productos obtenidos por extrusión para seguir desarrollando formulaciones que fortifiquen algún micronutriente deficiente en nuestra población.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aliaga, R. (2014). Raíces Andinas. Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Capítulo V. Maca (*Lepidium meyenii*). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de: http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/25_La_maca_edit.pdf
2. Alvarado, J. (2015). La Maca Roja (*Lepidium meyenii*) y su acción en el tratamiento de la hiperplasia prostática benigna (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
3. Apró, N., Rodríguez, J., Gornatti, C., Cuadrado, C., Secreto, P. (2000). La extrusión como tecnología flexible de procesamiento de alimentos. Jornadas de Desarrollo e Innovación. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Centro Regional Pampeano, Argentina.
4. Arroyave, L., Esguerra, C. (2006). Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa wild*) en el proceso de panificación (Tesis de grado). Universidad de la Salle, Bogotá.
5. Barallat, I. (2017). Harinas Extruidas en la Industria Alimentaria (Tesis de grado). Universidad Complutense de Madrid, España.
6. Barreno, J. y Barco, J. (2003). Estudio de factibilidad para la fabricación y comercialización de suplemento proteico de soya para deportistas (Tesis de maestría). Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.
7. Becerra, A. (2017). Estudio de pre-factibilidad de una planta productora de una bebida a base de quinua en lima metropolitana (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

8. Beltrán, M. y Marcilla, A. (2012). Extrusión. Tecnología de Polímeros. Procesado y propiedades. Universidad de Alicante, España. Recuperado de: <http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>
9. Bustos, I. y Paiz, M. (2009). Evaluación sensorial en tres líneas de frijoles: MIB395, MIB396, MIB397; Mejorados nutricionalmente en las comunidades: La Vainilla en La Conquista y El Aguacate, en Diriamba Departamento de Cariazo (Tesis de pregrado). Universidad Centroamericana, Nicaragua.
10. Cadena, A. y Yáñez, S. (2010). Elaboración de un snack extruido expandido: a base de chocho y gritz de maíz (Tesis de grado). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.
11. Caldera, Y. (2008). Legislación de los complementos alimenticios en América Latina. Recuperado de: <http://studylib.es/doc/5490003/legislaci%C3%B3n-de-los-complementos-alimenticios-en-am%C3%A9rica-l>
12. Carbajal, G. y Huamancondor, T. (2017). Influencia de la extrusión en las características fisicoquímicas y evaluación de aceptabilidad de un snack a base de kiwicha (*Amaranthus Caudatus*) y Harina de Camote (*Ipomoea batatas*) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
13. Castaño-Corredor, M. (2008). Maca (*Lepidium peruvianum* chacón): composición química y propiedades farmacológicas. *Revista de Fitoterapia* (8), p. 21-28.
14. Cepeda, E. y Moreira, J. (2015). Influencia de variedades de Platano deshidratado a diferentes humedades y velocidad de extrusión en la calidad

- de un tipo snack (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.
15. Chacchi, K. (2009). Demanda de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a nivel industrial (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
 16. Charo, A. y Valdivia, R. (2017). Influencia del nivel de conocimientos sobre el consumo de ayudas ergogénicas: Suplementos nutricionales en personas que asisten a los gimnasios de la ciudad de Arequipa – 2017 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
 17. Comisión del Codex Alimentarios (CAC) (2005). Directrices para complementos alimentarios de vitaminas y/o minerales.
 18. Cruz, A. (2015). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa procesadora de maíz blanco pelado y sus derivados en el cantón San José de Chimbo - Provincia de Bolívar (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
 19. Darío, A. (2007). Determinación de las condiciones de extrusión adecuadas para elaborar harina de maíz con características similares a las de una harina nixtamalizada (Tesis de grado). Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
 20. Dendy D y Dobraszczyk B. (2001). Cereales y Productos Derivados. Química y Tecnología. España: Acribia SA.
 21. Domínguez, N. (2014). Raíces Andinas: Maca. Departamento de Ciencias. Año Internacional de Agricultura Familiar. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/iesasorey/maca-41371151>

22. FAO y OPS (2017). Informe del panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i7914s.pdf>
23. Galarza, R. (2011). Calidad nutricional de un producto extruido fortificado con dos niveles de hierro proveniente de harina de sangre bovina (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
24. Gonzales, G.; Villaorduña, L., Gasco, M.; Rubio, J.; Gonzales, C. (2014). Maca (*Lepidium meyenii* Walp), una revisión sobre sus propiedades biológicas. Revista peruana de medicina experimental y salud pública, 31(1), p. 100-107.
25. INEI (2018). Informe técnico del primer trimestre del año en la encuesta nacional de hogares. Estado de la niñez y adolescencia.
26. Jimenez, L. (2013). Las exportaciones de Quinoa y su contribución al crecimiento Económico de Bolivia (2002-2011) (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
27. Liria, M. (2007). Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Instituto de Investigación Nutricional – IIN Consultora – AgroSalud, Lima.
28. Llopart, E. (2011). Efectos de las condiciones de extrusión en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de productos extrudidos de sorgo integral de bajo contenido de taninos (Tesis de grado). Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
29. Mamani, E. (2016). Determinación del valor nutricional de una mezcla alimenticia adecuada a partir de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), papa (*Solanum tuberosum*) y leche entera en polvo dirigido a preescolares de 3

- a 5 Años de edad (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
30. Milasius, K.; Dadelien, R.; Tubelis, L.; Raslanas, A. (2008). Effects of a maca booster food supplement on sportsmen's bodily adaption to physical loads. In 13th Annual Congress of the European College of Sports Sciences, 226. Estoril, Portugal.
 31. Ministerio de Salud del Perú (2017). Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, 10ma ed. Lima, Perú.
 32. MINSA (2018). Ficha de homologación: Proyecto de alimento infantil fortificado instantáneo. Recuperado de: ftp://ftp2.minsa.gob.pe/descargas/Transparencia/11Proyectos/2018/Ficha_AIF_instantaneo.pdf
 33. Naranjo, R. (2012). Elaboración y control de calidad de un suplemento alimenticio en polvo a base de quinua (*Chenopodium quinoa*) y guayaba (*Psidium guajava*) deshidratada (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
 34. Obregón, L., Renteira, I., y Rentería, E. (2006). Maca Planta de los Incas, Maravilla de la Ciencia (Primera Edición ed.). Lima, Perú: Instituto de Fitoterapia Americano.
 35. Pérez, K.; Elías, C.; Delgado, V. (2017). Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

36. Porres, J. (2008). Procesamiento y Exportación de productos orgánicos. Caso: Maca en polvo hacia mercados latinoamericanos (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
37. Pretell, J.; Taba, K. y Ynouye, R. (2017). Producción y comercialización de suplementos proteicos de concentrado de suero de leche enriquecidos con quinua y kiwicha. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
38. Qali Warma (2018). Fichas Técnicas de Alimentos del servicio alimentario del programa nacional de alimentación escolar Qali Warma. Recuperado de: <ftp://ftpqw.qw.gob.pe/W-ESPECIFICACIONES-TEC/2018/ESP-PRE-TEC-PRODUCTOS-2018.pdf>
39. Quintana, Y. (2018, 01 de enero). Consumer health: Esto es lo que gastamos los peruanos en salud. Código.pe. Recuperado de: <https://codigo.pe/marcas/consumer-health-esto-es-lo-que-gastamos-los-peruanos-en-salud/>
40. Ramírez, J., Murcia, C. y Castro, V. (2014). Análisis de aceptación y preferencia del manjar blanco del Valle. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Universidad Santiago de Cali*. 12 (1), 20-27. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a03.pdf>
41. Rodeiro, C., Gonzales, V., Sanmartín, C. y Vila, S. (2014). Introducción al análisis sensorial: Estudio hedónico del pan en el IES Murgados. Sociedad Galega para la promoción de la estadística y la investigación de operaciones.
42. Roji, B., Quea, M. (2012). Obtención de snack de maíz (*Zea mays*) enriquecido con harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y queso

- procesados por extrusión (Tesis de Grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
43. Salas, W. (2003). Aplicación del sistema haccp en el proceso de elaboración de alimentos de reconstitución instantánea a base de cereales extruidos (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
 44. Sanhueza, F. (2007). Desarrollo de galletón de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) con nuez (Tesis de grado). Universidad de Chile, Santiago.
 45. Sifuentes, G.; León, S.; Paucar, L. (2015). Estudio de la Maca (*Lepidium Meyenni Walp*), cultivo andino con propiedades terapéuticas. (Artículo de Revisión Científica). *Scientia Agropecuaria*, vol. 6, núm. 2, p. 131-140. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357639597006>
 46. Simancas, V., Litardo, M. (2015). Estudio de factibilidad para la producción y exportación de una bebida a base de quinua orgánica hacia el mercado holandés en el periodo 2015 – 2020 (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
 47. Suarez, L. (2013). Proceso de arrime de maíz amarillo (*Zea mays L.*), en los silos de Cereales realizado por los productores de Fondas Zafra 2011, Estado Mongas (Tesis de grado). Universidad de Oriente Núcleo de Mongas, Maturín, Venezuela.
 48. Tineo, C. (2015). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta para la elaboración de crema con choclo (*Zea mays*) en Ayacucho (Tesis

de grado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.

49. Valls, A. (1993). El proceso de extrusión en cereales y habas de soja. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. IX Curso de Especialización FEDNA. Universidad de La Rioja, España.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Experiencia en el proceso de obtención del producto.



Anexo 2. Desarrollo de la evaluación sensorial.

Envasado de las muestras de cada formulación



Puesto de evaluación



Ordenamiento y registro de datos al computador

Anexo 3. Tarjeta de evaluación de la prueba hedónica de 9 puntos.

TARJETA DE EVALUACION	
Código de panelista	
Nombres y Apellidos:	
Marque su respuesta con un aspa (x)	
Sexo:	
Femenino	<input type="checkbox"/>
Masculino	<input type="checkbox"/>
Frecuencia semanal de consumo de un suplemento en polvo:	
Todos los dias	<input type="checkbox"/>
De cinco a seis dias	<input type="checkbox"/>
De tres a cuatro dias	<input type="checkbox"/>
De uno a dos dias	<input type="checkbox"/>
No consume	<input type="checkbox"/>
Atributo más importante según su consideración:	
Olor	<input type="checkbox"/>
Color	<input type="checkbox"/>
Sabor	<input type="checkbox"/>
Textura	<input type="checkbox"/>

TARJETA DE EVALUACION																																						
INSTRUCCIONES																																						
<p>Estimado panelista, frente a usted se presentan cinco muestras de un suplemento en polvo. Primero responde las preguntas que aparecen al dorso de la tarjeta de evaluación y luego vuelve a colocar la tarjeta en la misma posición que antes.</p> <p>Ahora, por favor observe y pruebe cada muestra, yendo de izquierda a derecha, indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo en cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en el código de la muestra respectiva.</p> <p>Actué sin presión, recuerde que cada muestra debe ser probada completamente, también antes de empezar pruebe un poco de agua y vuelva hacerlo para pasar de una muestra a otra.</p>																																						
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">PUNTAJE</th> <th style="width: 85%;">CATEGORIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>me disgusta extremadamente</td></tr> <tr><td>2</td><td>me disgusta mucho</td></tr> <tr><td>3</td><td>me disgusta moderadamente</td></tr> <tr><td>4</td><td>me disgusta levemente</td></tr> <tr><td>5</td><td>no me gusta ni me disgusta</td></tr> <tr><td>6</td><td>me gusta levemente</td></tr> <tr><td>7</td><td>me gusta moderadamente</td></tr> <tr><td>8</td><td>me gusta mucho</td></tr> <tr><td>9</td><td>me gusta extremadamente</td></tr> </tbody> </table>			PUNTAJE	CATEGORIA	1	me disgusta extremadamente	2	me disgusta mucho	3	me disgusta moderadamente	4	me disgusta levemente	5	no me gusta ni me disgusta	6	me gusta levemente	7	me gusta moderadamente	8	me gusta mucho	9	me gusta extremadamente														
PUNTAJE	CATEGORIA																																					
1	me disgusta extremadamente																																					
2	me disgusta mucho																																					
3	me disgusta moderadamente																																					
4	me disgusta levemente																																					
5	no me gusta ni me disgusta																																					
6	me gusta levemente																																					
7	me gusta moderadamente																																					
8	me gusta mucho																																					
9	me gusta extremadamente																																					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">CÓDIGO</th> <th colspan="4" style="width: 85%;">Calificación para cada atributo</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">OLOR</th> <th style="width: 20%;">COLOR</th> <th style="width: 20%;">SABOR</th> <th style="width: 20%;">TEXTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			CÓDIGO	Calificación para cada atributo				OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA																									
CÓDIGO	Calificación para cada atributo																																					
	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA																																		
GRACIAS POR SU PARTICIPACION																																						

Anexo 4. Resultados del análisis sensorial (prueba hedónica de 9 puntos).

Código de panelista	Información adicional			Orden de muestras	EVALUACION HEDÓNICA DE NUEVE PUNTOS																			
	Sexo	Frec. de consumo	Atributo principal		OLOR					COLOR					SABOR					TEXTURA				
					F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5
P-01	F	(5-6)	sabor	ABCDE	3	6	7	4	4	4	7	7	4	5	7	7	7	6	4	7	6	8	6	5
P-02	F	(3-4)	textura	BCDEA	5	5	7	5	6	4	8	7	6	4	6	8	7	5	4	7	7	7	6	6
P-03	F	TD	olor	CDEAB	4	7	8	5	5	5	7	6	5	5	8	7	8	7	5	7	6	8	7	5
P-04	M	(1-2)	sabor	DEABC	4	4	8	6	4	7	5	5	6	5	7	5	9	4	6	7	5	9	7	6
P-05	F	NC	olor	EABCD	6	8	7	7	4	7	8	7	4	3	8	8	7	6	6	7	7	7	8	7
P-06	M	TD	sabor	ABCDE	4	6	8	6	5	7	6	7	6	5	8	6	8	7	6	8	8	8	5	6
P-07	F	(5-6)	color	BCDEA	6	5	7	6	4	6	8	7	4	4	7	9	7	6	6	7	7	7	6	6
P-08	F	(5-6)	olor	CDEAB	6	7	8	7	5	5	7	7	3	5	8	7	8	7	5	6	7	6	7	7
P-09	M	(1-2)	textura	DEABC	5	5	8	7	6	5	7	7	5	7	9	8	8	7	5	7	8	8	7	7
P-10	F	TD	sabor	EABCD	6	6	8	4	5	6	7	6	4	5	7	8	9	6	6	4	6	6	5	4
P-11	M	NC	textura	ABCDE	6	6	7	6	6	7	6	7	5	4	8	9	7	7	5	7	7	9	7	7
P-12	F	(3-4)	color	BCDEA	6	7	5	5	5	6	7	5	5	5	9	8	6	7	6	6	5	6	7	5
P-13	M	TD	color	CDEAB	4	8	5	6	4	5	6	5	6	5	8	6	5	6	5	5	7	5	8	7
P-14	F	NC	olor	DEABC	6	6	8	7	2	7	6	8	5	6	8	8	8	7	5	6	8	6	5	7
P-15	F	(3-4)	sabor	EABCD	6	5	8	6	4	7	5	6	4	5	9	6	8	6	6	8	6	7	7	6
P-16	F	(3-4)	sabor	ABCDE	6	7	7	7	5	6	7	7	4	5	7	7	7	7	6	7	8	8	7	7
P-17	F	NC	olor	BCDEA	4	4	6	6	5	7	6	6	4	5	8	8	6	6	5	5	6	6	7	6
P-18	F	(3-4)	color	CDEAB	6	6	8	7	4	7	6	7	3	5	9	8	8	7	6	7	7	6	6	7
P-19	M	NC	olor	DEABC	6	7	7	7	3	6	7	7	3	3	7	7	8	6	6	7	8	7	7	9
P-20	F	(1-2)	olor	EABCD	6	6	7	7	5	6	6	7	4	5	9	8	8	7	6	6	7	6	6	7
P-21	M	NC	textura	ABCDE	5	6	7	4	4	5	6	7	4	4	7	8	8	7	5	8	7	6	7	6
P-22	M	(3-4)	sabor	BCDEA	6	4	7	7	2	5	8	7	4	7	8	5	7	6	5	7	8	7	5	7
P-23	F	(5-6)	color	CDEAB	6	7	8	7	4	6	7	7	3	4	9	7	8	7	6	6	7	7	7	7
P-24	M	(3-4)	color	DEABC	4	6	8	4	3	7	6	7	3	5	7	8	8	6	5	8	8	6	5	4
P-25	F	(1-2)	sabor	EABCD	5	7	8	8	4	5	7	6	2	5	8	9	8	6	5	7	6	6	7	8
P-26	M	(3-4)	color	ABCDE	4	7	8	7	2	4	7	7	4	7	9	8	9	5	3	6	7	9	7	7
P-27	F	TD	olor	BCDEA	5	6	7	7	5	5	6	7	3	5	8	8	8	6	5	7	7	8	7	7
P-28	F	(1-2)	color	CDEAB	4	7	9	4	3	5	7	6	4	3	7	8	9	7	5	6	7	9	7	6
P-29	F	(3-4)	sabor	DEABC	4	7	8	7	5	5	7	6	3	3	8	8	8	7	5	8	6	8	7	7
P-30	F	(3-4)	textura	EABCD	5	7	9	6	4	6	7	7	5	5	9	8	9	6	6	7	7	6	7	6

Nota. Elaboración propia (2018).


Anexo 5. Desarrollo de las pruebas físico-químicas de IAA e ISA.

1	Pesado de la muestra
2	Dilución de la muestra
3	Baño maría
4	Centrifugación
5	Separación del gel y sobrenadante
6	Pesado del residuo (gel)
7	Evaporación del sobrenadante
8	Obtención del residuo de evaporación (ss)



Anexo 6. Ficha de homologación: Proyecto de alimento infantil fortificado instantáneo (2018).

FICHA DE HOMOLOGACIÓN PROYECTO		
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES		
Denominación del bien	:	Alimento infantil fortificado, instantáneo, en polvo, con leche y cereales.
Denominación técnica	:	Alimento infantil de preparación instantánea, fortificado, en polvo, a base de leche y cereales.
Unidad de medida	:	Bolsa de 50 gramos/día, cajas x 15 días.
Descripción general	:	Producto de preparación instantánea que contiene en su formulación: Cereales (arroz, quinua y maíz), leche entera en polvo, fortificado con vitaminas y minerales. Destinado a niños de 6 a 36 meses.
2. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DEL BIEN		
2.1. Del bien		
CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIÓN	REFERENCIA
Características Físico - Químicas		
Humedad	≤ 5%	Resolución Ministerial N°451-2006/MINSA del 17/05/2006. Norma Sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros, destinados a Programas Sociales de Alimentación. Apartado C
Acidez (expresada en Ac. Sulfúrico)	≤ 0.4%	
Gelatinización	> 94%	
Índice de peróxido	< 10mEq/kg de grasa	
Aflatoxina	no detectable en 5 ppb	
Característica microbiológicas		
Agente microbiano	Cumplir con lo indicado en la segunda tabla del apartado d del documento de la referencia, que se ha transcrito a continuación.	Resolución Ministerial N°451-2006/MINSA del 17/05/2006. Norma Sanitaria para la fabricación de alimentos a base de grano y otros, destinados a Programas Sociales de Alimentación
<p>En la siguiente tabla (segunda tabla del apartado d) se precisan los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para el producto indicado en la denominación del bien.</p>		



FICHA DE HOMOLOGACION
ALIMENTO INFANTIL FORTIFICADO INSTANTANEO

1

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g/ml	
					m	M
Aerobios mesófilos	3	3	5	1	10 ⁴	10 ⁵
Coliformes	6	3	5	1	10	10 ²
<i>Bacillus cereus</i>	9	3	10	1	10 ²	10 ⁴
Mohos	5	3	5	2	10 ²	10 ⁴
Levaduras	2	3	5	2	10 ²	10 ⁴
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	3	5	1	10	10 ²
<i>Salmonella</i> /25g *	15	2	60*	0	0	--

*Hacer compósito para analizar n=5

Características Nutricionales

Densidad energética	Mayor o igual a 1kcal/g producto preparado
Composición de energía, macro y micronutrientes por bolsa / sachet de 50g	
Energía (kcal)	200
Proteínas	12% -15% de la energía total
Grasas	25% - 30% de la energía total
Carbohidratos	Por diferencia
Formulación del contenido de vitaminas y minerales, por bolsa/ sachet de 50 g:	
Vitamina A µg	200
Vitamina D µg	3
Vitamina E mg	5
Vitamina C mg	20
Tiamina mg	0,3
Riboflavina mg	0,3
Niacina mg	3
Vitamina B6 mg	0,3
Vitamina B12 µg	0,5
Ácido fólico µg	70
Hierro mg	5
Zinc mg	4
Calcio mg	50
Fósforo mg	25
Cobre mg	0,2
Magnesio mg	40



FICHA DE HOMOLOGACION
ALIMENTO INFANTIL FORTIFICADO INSTANTANEO

Anexo 7. Análisis microbiológico del producto final.**INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO****LABORATORIO DE CONTROL ANALÍTICO:**

SOLICITADO POR : BERMEO PÉREZ WILLY
DIRECCIÓN : ----
MUESTRA : MUESTRA - F3
N° DE LOTE : ----
TIPO DE MUESTRA : SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN POLVO
CANTIDAD : BOLSA DE POLIPROPILENO x 150 g
FECHA DE RECEPCIÓN : 18 / 07 / 2018

Pruebas	Método de Ensayo	Resultado
Aerobios mesófilos	ICMSF (1983)	< 10 (UFC/g)
Coliformes	ICMSF (1983)	< 3 (UFC/g)
Bacillus cereus	ICMSF (1983)	Ausencia (UFC/g)
Mohos y levaduras	ICMSF (1983)	< 10 ² (UFC/g)
Salmonella sp.	ICMSF (1983)	Ausencia (UFC/25g)

COMENTARIO: Los resultados verificados revelan que la muestra posee carga muy baja de Aerobios mesófilos, Coliformes, Mohos y Levaduras, así como ausencia de Bacillus Cereus y Salmonella.

Lambayeque, miércoles 25 de julio del 2018.



Leonardo Guadalupe Ramírez Bazán
 Biólogo
 C.B.P. 11422


Lic. Ramírez Bazán Leonardo
 Analista

Anexo 8. Presupuesto general del proyecto de tesis.


DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PREC./UNID	COSTO (soles)
BIENES				843.5
Material de escritorio				111.0
Papel bond	millar	3	20	60.0
Cuadernos	unidad	2	5	10.0
Lapiceros	unidad	10	1.5	15.0
Lápiz	unidad	4	1.5	6.0
Plumón indeleble	unidad	2	4	8.0
Folders	unidad	20	0.5	10.0
Borrador	unidad	2	1	2.0
Material y reactivos de laboratorio				295.0
Hidróxido de sodio	gramos	50	0.2	10.0
Hexano	litro	1	180	180.0
Fenoltaleína	gramos	10	0.5	5.0
Ácido bórico	gramos	50	0.05	2.5
Ácido sulfúrico	litro	0.5	80	40.0
Agua destilada	litros	20	1.5	30.0
Bolsas de polipropileno	ciento	5	2.5	12.5
Envases descartables	ciento	1	15	15.0
Material para procesamiento de datos				145.0
USB	unidad	1	25	25.0
Software SPSS v.21	unidad	1	20	20.0
Cartuchos de impresora	unidad	2	50	100.0
Material biológico				292.5
Maca	kilos	7	15	105.0
Maíz	kilos	27	2.5	67.5
Quinua	kilos	12	10	120.0
SERVICIOS				2255.0
Pasajes urbanos				450.0
Chiclayo-Lambayeque y viceversa	unidad	300	1.5	450.0
Concepto de laboratorio				1640.0
Prestación de equipo extrusor	unidad	1	100	100.0
Prestación de cabinas para AS	unidad	10	2	20.0
Análisis microbiológicos	unidad	8	40	320.0
Análisis químico - proximal	unidad	10	120	1200.0
Publicaciones				165.0
Empastado	unidad	6	15	90.0
Copias	unidad	1500	0.05	75.0
IMPREVISTOS Y OMISIONES (20%)				619.7
TOTAL GENERAL				3718.2

Nota. Elaboración propia (2018)

Anexo 9. Decreto de nombramiento de asesor de tesis.



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DECANATO



Calle Juan XXIII N° 391 - Ciudad Universitaria

Lambayeque - Perú

DECRETO N° 367-2017-D-FIQA
 Lambayeque, 5 de octubre del 2017

VISTO:

El Expediente N° 1672-2017-D-FIQA presentado por el Jefe (e) de la Oficina de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, solicitando la emisión del Decreto que nombra Asesor de Proyecto de Tesis;

CONSIDERANDO:

Que, con Oficio N° 336-2017-CGT/FIQA, el Jefe (e) de la Oficina de Grados y Títulos, eleva el expediente de **Wily Jhonatan Bermeo Pérez y Luis Enrique Carrasco Tantachuco**, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, quienes solicitan se nombre al docente **M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz (habilitado)**, como Asesor de su Tesis;

Que, el Artículo 25° del Reglamento de Grados y Títulos, establece los lineamientos a seguir para la designación del Asesor de tesis y, teniendo en cuenta que el recurrente ha cumplido con alcanzar la propuesta respectiva y de acuerdo a lo informado por la señora Jefa (e) de la Oficina de Grados y Títulos, así como lo dispuesto en el Artículo 62° del Reglamento de Grados y Títulos, a la docente **M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz (habilitado)**, se encuentra apta y habilitada para asesorar, por lo que procede que su nombramiento sea oficializado;

Que, asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 66° del Reglamento de Grados y Títulos-FIQA "El asesor tiene la responsabilidad de orientar permanentemente a sus asesorados, hasta la presentación de los volúmenes encuadernados";

En uso de las atribuciones que le confiere al Decano el Art. 56° del Estatuto vigente de nuestra Universidad;

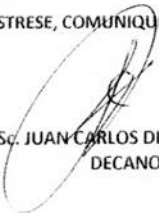

SE DECRETA:

1° NOMBRAR a la **M. Sc. JUAN FRANCISCO ROBLES RUIZ (habilitado)**, como Asesora del Proyecto de Tesis: Investigación y/o Inversión, que elaboren **Wily Jhonatan Bermeo Pérez y Luis Enrique Carrasco Tantachuco**, egresadas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

2° El M. Sc. Juan Francisco Robles Ruiz, en su condición de asesor asume la responsabilidad que establece el artículo correspondiente del Reglamento de Grados y Títulos de la FIQA.



3° Dar a conocer el presente Decreto a: Oficina Grados y Títulos -FIQA, Unidad de Investigación, Asesora, e **Interesadas**.

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVESE

M. Sc. JUAN CARLOS DIAZ VISITACION
DECANO

Anexo 10. Decreto de asignación de jurado de tesis.


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DECANATO


Calle Juan XXIII N° 391 - Ciudad Universitaria Lambayeque - Perú

DECRETO N° 168-2018-D-FIQIA
Lambayeque, 30 de abril de 2018

VISTO:

El Expediente N° 910-2018-FIQIA, presentado por el Jefe (e) de la Oficina de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, solicitando la emisión del Decreto de designación de Jurado de Tesis;

CONSIDERANDO:

Que, con Oficio N° 147-2018-GyT/FIQIA, el Jefe (e) de la Oficina de Grados y Títulos en coordinación con la Dirección de Investigación y con los Directores de la Escuela Profesional de esta Facultad, alcanza la propuesta del Jurado para el Proyecto de Tesis de Investigación titulado: **"FORMULACION Y EVALUACIÓN DE UN SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN POLVO A BASE DE MACA (*Lepidium meyenii*) MAIZ (*Zea mays*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*) MEDIANTE EXTRUSIÓN"**, presentado por el (la) bachiller (es) **BERMEO PEREZ WILY JHONATAN** y **CARRASCO TANTACHUCO LUIS ENRIQUE**, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, con el asesoramiento del **M.Sc. Juan Francisco Robles Ruiz**, indicando que luego de realizada la designación, este quedó conformado por los señores docentes: **M.Sc. Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno** - Presidente; **Dra. Noemi León Roque** - Secretario y el **Ing. Héctor Lorenzo Villa Cajavilca** - Vocal;

Que, es necesario dar cumplimiento al Art. 25° del Reglamento de Grados y Títulos de la FIQIA;

Que, por lo expuesto, y en uso de las atribuciones que le confiere al Decano el Artículo 56° del Estatuto de nuestra Universidad;

SE DECRETA:

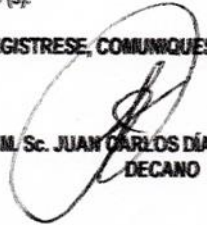
1° DESIGNAR como **JURADO DEL PROYECTO DE TESIS DE INVESTIGACIÓN** titulado: **"FORMULACION Y EVALUACIÓN DE UN SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN POLVO A BASE DE MACA (*Lepidium meyenii*) MAIZ (*Zea mays*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa*) MEDIANTE EXTRUSIÓN"**, presentado por el (la) Bachiller (es): **BERMEO PEREZ WILY JHONATAN** y **CARRASCO TANTACHUCO LUIS ENRIQUE**, egresados (as) de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, con el asesoramiento del **M.Sc. Juan Francisco Robles Ruiz**, conformado por los señores docentes:

▪ M.Sc. Ronald Alfonso Gutiérrez Moreno	-	Presidente
▪ Dra. Noemi León Roque	-	Secretario
▪ Ing. Héctor Lorenzo Villa Cajavilca	-	Vocal

2° DISPONER que los señores miembros del jurado así como los responsables de dicho Proyecto de Tesis de Investigación, se ajusten a lo normado en el Reglamento de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la FIQIA.

3° Dar a conocer el presente Decreto a: Unidad de Investigación-FIQIA, Miembros del Jurado, Oficina Grados y Títulos - FIQIA e Interesado (s).

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVESE


M. Sc. JUAN CARLOS DÍAZ VISITACIÓN
DECANO
