

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**“DESARROLLO Y OPTIMIZACIÓN DE UNA BEBIDA
NUTRICIONAL INSTANTÁNEA A BASE DE
HARINA EXTRUIDA DE LA TORTA DE SACHA
INCHI (*Plukenetia volubilis L.*) Y HARINA EXTRUIDA
DE LA TORTA DE CASTAÑA (*Bertholletia excelsa*)”**

**TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE
ALIMENTOS**

**GARCIA MOLERO WINNIE NAJAT
CHUMPITAZ HUANQUI GERALD PAUL**

Callao, Diciembre del 2019

DEDICATORIA

A nuestros padres, por su sacrificio y esfuerzo brindado para la culminación de nuestros estudios. Gracias por sus consejos, lecciones de vida y apoyo absoluto para realizar y culminar la presente investigación.

A nuestros asesores por sus enseñanzas de lucha constante para lograr nuestras metas.

A nuestros compañeros, amigos y a todas aquellas personas que de alguna u otra manera nos ayudaron a cumplir con este gran sueño.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios, por darnos la vida y no dejarnos caer durante todo el camino a la tesis.

A nuestra familia, por su apoyo incondicional, comprensión, paciencia y ánimo para la culminación de nuestro trabajo de investigación.

A Winnie por no sólo ser mi compañera de tesis sino mi mejor amiga, por aguantar mis cambios de humor, por apoyarme en todo sentido y por los buenos y malos momentos en esta aventura. ¡Eres lo máximo!

A Gerald por no sólo ser mi compañero de tesis sino mi mejor amigo, por la confianza, por escucharme, por apoyarme y acompañarme en esta aventura.

Al Instituto de Investigación de Especialización en Alimentos, por darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y apoyarnos durante la ejecución de nuestra tesis.

A la Ing. Ana Mercado del Pino, por la orientación y la ayuda que me brindó para la realización de nuestra tesis.

A nuestro asesor el Dr. José Ramón Cáceres Paredes y a nuestra coasesora la Ing. Cynthia Masgo Acha, por el apoyo, la amistad, la paciencia, el soporte que nos brindaron y los consejos a lo largo del camino.

A los Ingenieros Gloria Bravo y Carmen Mabel Luna por su apoyo para el desarrollo y finalización de nuestra Tesis.

INDICE

TABLAS DE CONTENIDO.....	5
TABLA DE GRÁFICOS.....	7
TABLA DE IMÁGENES Y OTROS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN.....	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción de la realidad problemática	13
1.2 Formulación del problema	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Objetivos de la investigación	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Limitantes de la investigación.....	17
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del estudio	18
2.2. Marco	20
2.2.1. Teórico.....	20
2.2.2. Marco conceptual.....	34
2.2.3. Teórico-conceptual	49
2.3. Definiciones o términos básicos	49
III. HIPOTESIS Y VARIABLES.....	52
3.1. Hipótesis de la investigación	52
3.1.1 Hipótesis general	52
3.1.2. Hipótesis específica	52
3.2 Variables de la investigación	53
3.2.1. Variable Independiente	53
3.2.2. Variables Dependientes.....	53
3.3 Operacionalización de variables.....	53
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	54
4.1. Tipo y diseño de investigación.....	54

4.2. Población y Muestra	56
4.2.1. Población.....	56
4.2.2. Muestra.....	56
4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información documental.....	56
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información de campo	56
4.5. Procedimientos de recolección de datos.	61
4.5.1. Obtención de las harinas extruidas de las tortas de Sacha inchi y Castaña.....	61
4.5.2. Caracterización de las harinas extruidas.....	64
4.5.3. Determinación de niveles del diseño experimental de Taguchi.	64
4.5.4. Selección de los panelistas.....	66
4.5.5. Elección de la variable respuesta prioritaria.	66
4.5.6. Determinación de los factores significativos.....	67
4.5.7. Determinación de los modelos ajustados.	68
4.5.8. Determinación de la condición óptima.....	69
4.5.9. Validación de la estimación de la condición optima.....	69
4.5.10. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la bebida nutricional instantánea óptima.	69
V. RESULTADOS	70
5.1. Resultados descriptivos.....	70
5.1.1. Caracterización de las Harinas Extruidas de la torta de Sacha inchi y Castaña.....	70
5.1.2. Determinación de niveles del diseño experimental de Taguchi.	70
5.1.3. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la bebida nutricional instantánea óptima.	71
5.2. Resultados Inferenciales	73
5.2.1. Elección de la variable respuesta prioritaria.	73
5.2.2. Determinación de los factores significativos.....	74
5.2.3. Determinación de los modelos ajustados.	83
5.2.4. Determinación de la condición óptima.....	92
5.2.5. Validación de la estimación de la condición optima.....	95
VI. DISCUSIONES.....	96
6.1. Contrastación de la hipótesis con los resultados	96
6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares	99
6.3. Responsabilidad ética.	101

CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXOS.....	116
ANEXO I	
DIAGRAMA DE FLUJO PARA OBTENCIÓN DE LAS HARINAS EXTRUIDAS DE LA TORTA DE SACHA INCHI Y CASTAÑA.....	117
ANEXO II	
MÉTODO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD.....	118
ANEXO III	
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS HARINAS EXTRUIDAS DE LAS TORTAS DE SACHA INCHI Y CASTAÑA.....	119
ANEXO IV	
PRUEBA PRELIMINAR DE ELECCIÓN DE NIVELES DE GOMA GUAR Y CACAO.....	120
ANEXO V	
SELECCIÓN DE PANELISTAS: FILTRO 1.....	121
ANEXO VI	
SELECCIÓN DE PANELISTAS: FILTRO 2.....	122
ANEXO VII	
FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DISEÑO DE TAGUCHI.....	123
ANEXO VIII	
FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DISEÑO ORTOGONAL COMPUESTO.....	124
ANEXO IX	
EVALUACIÓN SENSORIAL.....	125
ANEXO X	
RESULTADOS DE ACEPTABILIDAD GENERAL.....	126
ANEXO XI	
RESULTADOS DE COLOR.....	127
ANEXO XII	
RESULTADOS DE OLOR.....	128
ANEXO XIII	
RESULTADOS DE SENSACIÓN DE SEDIMENTO.....	129
ANEXO XIV	
RESULTADOS DE CONSISTENCIA.....	130
ANEXO XV	
RESULTADOS DE SABOR.....	131

ANEXO XVI	
RESULTADOS DE VALOR PROTEICO TAGUCHI	132
ANEXO XVII	
RESULTADOS DE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE TAGUCHI	133
ANEXO XVIII	
RESULTADOS DE ACEPTABILIDAD GENERAL DE DCCRO.....	134
ANEXO XIX	
RESULTADOS DE VALOR PROTEICO DE DCCRO	135
ANEXO XX	
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DCCRO	136
ANEXO XXI	
VALOR DIARIO DE REFERENCIA	137
ANEXO XXII	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	138
ANEXO XXIII	
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS.....	139
ANEXO XXV	
DIAGRAMA DE FLUJO	140
ANEXO XXVI	
ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA HARINA EXTRUIDA DE TORTA DE CASTAÑA	141
ANEXO XXVII	
ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA HARINA EXTRUIDA DE TORTA DE SACHA INCHI.....	142
ANEXO XXVIII	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA.....	143
ANEXO XXVIX	
ANÁLISIS DE SOLUBILIDAD DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA	144
ANEXO XXX	
ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA OPTIMA	145
ANEXO XXXI	
AMINOGRAMA DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA	146

TABLAS DE CONTENIDO

TABLA N° 2.1 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL SACHA INCHI.....	20
TABLA N° 2.2 EXPORTACIONES DE ACEITE DE SACHA INCHI EN FOB.....	22
TABLA N° 2.3 EXPORTACIONES DE ACEITE DE SACHA INCHI EN FOB Y KILOS.....	22
TABLA N° 2.4 RENDIMIENTOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SACHA INCHI.....	23
TABLA N° 2.5 COMPARACIÓN DE LA EXTRACCIÓN MECÁNICA Y SOLVENTE.....	23
TABLA N° 2.6 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA Y TORTA DE SACHA INCHI.....	24
TABLA N° 2.7 PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE SEMILLA Y TORTA DE SACHA INCHI.....	24
TABLA N° 2.8 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA SEMILLA DE CASTAÑA.....	25
TABLA N° 2.9 EXPORTACIÓN DE ACEITE DE CASTAÑA.....	26
TABLA N° 2.10 RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CASTAÑA.....	26
TABLA N° 2.11 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA TORTA DE CASTAÑA.....	26
TABLA N° 2.12 PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE LA TORTA DE CASTAÑA.....	27
TABLA N° 2.13 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL CACAO.....	28
TABLA N° 2.14 ANÁLISIS PROXIMAL DEL CACAO.....	28
TABLA N° 2.15 PERFIL DE AMINOÁCIDOS DEL CACAO.....	28
TABLA N° 2.16 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA HARINA DE QUINUA NORMAL Y HARINA DE QUINUA GERMINADA (ANTES Y DESPUÉS DE EXTRUIR).....	31
TABLA N° 2.17 ANÁLISIS PROXIMAL DE MACA EXTRUIDA Y SIN EXTRUIR.....	32
TABLA N° 2.18 ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD.....	33
TABLA N° 2.19 ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINA EXTRUIDA DE LA TORTA DE SACHA INCHI.....	33
TABLA N° 2.20 EXPRESIONES ALGEBRAICAS DE LOS ÍNDICES (SEÑAL /RUIDO).....	35
TABLA N° 2.21 ARREGLO ORTOGONAL $L_8 (2^7)$	35
TABLA N° 2.22 DISEÑO CENTRAL COMPUESTO PARA 2 Y 3 RESPUESTAS.....	42
TABLA N° 2.23 DISEÑO CENTRAL COMPUESTO ROTABLE.....	43
TABLA N° 2.24 MATRIZ DEL DISEÑO DE BOX-BEHNKEN PARA TRES FACTORES.....	44
TABLA N° 2.25 ESTIMACIONES ESTÁNDAR SOBRE LA ESCALA DE DESEABILIDAD.....	48
TABLA N° 4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL DE TAGUCHI.....	55
TABLA N° 4.2 DISEÑO EXPERIMENTAL DEL DISEÑO CENTRAL COMPUESTO ROTABLE ORTOGONAL	55
TABLA N° 4.3 NORMA GENERAL PARA ADITIVOS ALIMENTARIOS - GOMA GUAR ..	64
TABLA N° 4.4 DISEÑO DE PRUEBA PRELIMINAR DE LA GOMA GUAR.....	65
TABLA N° 4.5 DISEÑO DE PRUEBA PRELIMINAR DEL CACAO EN POLVO.....	65
TABLA N° 4.6 DISEÑO PRELIMINAR PARA ANÁLISIS DE PROTEÍNA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD	66
TABLA N° 4.7 DISEÑO DEL ARREGLO ORTOGONAL $L_8(2^4)$ DEL MÉTODO TAGUCHI.....	67
TABLA N° 4.8 FACTORES Y SUS NIVELES EMPLEADOS PARA EL DCCRO	68
TABLA N° 4.9 DCCR SEGÚN LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA ..	68
TABLA N° 5.1 RESULTADOS FÍSICOQUÍMICOS	70
TABLA N° 5.2 NIVELES DE LA PRUEBA PRELIMINAR	70
TABLA N° 5.3 NIVELES DEL DISEÑO DE TAGUCHI.....	71
TABLA N° 5.4 ANÁLISIS PROXIMAL DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA.....	71

TABLA N° 5.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	72
TABLA N° 5.6 PERFIL DE AMINOACIDOS	72
TABLA N° 5.7 COMPUTO QUÍMICO DE LA BEBIDA NUTRICIONAL ÓPTIMA.....	73
TABLA N° 5.8 VALOR DIARIO RECOMENDADO DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA	73
TABLA N° 5.9 DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL VALOR PROTEICO E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD	74
TABLA N° 5.10 PUNTAJES DE ACEPTABILIDAD GENERAL SEGÚN EL ARREGLO ORTOGONAL $L_8(2^4)$ DEL MÉTODO DE TAGUCHI.....	75
TABLA N° 5.11 EFECTO DE LOS FACTORES PRINCIPALES SOBRE LA MEDIA DE ACEPTABILIDAD GENERAL	75
TABLA N° 5.12 ANÁLISIS DE VARIANZA DE RELACIONES S/R	76
TABLA N° 5.13 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE ACEPTABILIDAD GENERAL	81
TABLA N° 5.14 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE VALOR PROTEICO	82
TABLA N° 5.15 ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD	82
TABLA N° 5.16 FACTORES Y NIVELES QUE PROPORCIONAN MAYOR ACEPTABILIDAD GENERAL	83
TABLA N° 5.17 RESULTADOS DE ACEPTABILIDAD GENERAL, VALOR PROTEICO E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD SEGÚN EL DISEÑO CENTRAL COMPUESTO ORTOGONAL ROTABLE	84
TABLA N° 5.18 CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS PARA LA VARIABLE ACEPTABILIDAD GENERAL	85
TABLA N° 5.19 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ACEPTABILIDAD GENERAL	86
TABLA N° 5.20 COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA ACEPTABILIDAD GENERAL	86
TABLA N° 5.21 CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS PARA LA VARIABLE VALOR PROTEICO	88
TABLA N° 5.22 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE VALOR PROTEICO	88
TABLA N° 5.23 COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA VARIABLE VALOR PROTEICO.....	89
TABLA N° 5.24 CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS PARA LA VARIABLE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD.....	90
TABLA N° 5.25 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD	91
TABLA N° 5.26 COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA VARIABLE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD.....	91
TABLA N° 5.27 VALORES OBSERVADOS DE LAS VARIABLES RESPUESTAS	95
TABLA N° 5.28 RESULTADOS DE LA PRUEBA T-STUDENT	95
TABLA N° 6.1 COMPARACIÓN DE PORCENTAJE PROTEICO DE LAS HARINAS EXTRUIDAS	96
TABLA N° 6.2 COMPARACIÓN DEL PERFIL DE AMINOACIDOS Y CÓMPUTO QUÍMICO	98
TABLA N° 6.3 EFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN SOBRE LOS AMINOACIDOS DE LA HARINA DE GARBANZO	98
TABLA N° 6.4 COMPARACIÓN DEL VALOR PROTEICO CON OTROS ESTUDIOS.....	99
TABLA N° 6.5 VALOR DE PROTEÍNA/PORCIÓN, VALOR DIARIO Y PRODUCTOS COMERCIALES EN EL MERCADO	100

TABLA N° 6.6 T° Y H% USADO EN LA EXTRUSION DE OTROS AUTORES.....	100
--	-----

TABLA DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 5.1 GRÁFICO DE SEÑAL/RUIDO	76
GRÁFICO N° 5.2 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA VARIABLE ACEPTABILIDAD GENERAL	77
GRÁFICO N° 5.3 GRÁFICO DE INTERACCIÓN PARA LA VARIABLE ACEPTABILIDAD GENERAL	77
GRÁFICO N° 5.4 GRÁFICOS DE EFECTOS PRINCIPALES Y DE INTERACCIÓN DEL VALOR PROTEICO Y EL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD	78
GRÁFICO N° 5.5 GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES DE COLOR, OLOR SENSACION DE SEDIMENTO, CONSISTENCIA Y SABOR.....	79
GRÁFICO N° 5.6 GRÁFICOS DE INTERACCIÓN DE COLOR, OLOR SENSACIÓN DE SEDIMENTO, CONSISTENCIA Y SABOR	80
GRÁFICO N° 5.7 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE ACEPTABILIDAD GENERAL	87
GRÁFICO N° 5.8 GRÁFICO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA DE VALOR PROTEICO	89
GRÁFICO N° 5.9 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LA VARIABLE ÁNDICE DE SOLUBILIDAD	92
GRÁFICO N° 5.10 GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA VARIABLE ACEPTABILIDAD GENERAL (DCCRO).....	93
GRÁFICO N° 5.11 GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA VARIABLE VALOR PROTEICO (DCCRO).....	93
GRÁFICO N° 5.12 GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA VARIABLE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD (DCCRO).....	94
GRÁFICO N° 5.13 GRÁFICO DE OPTIMIZACIÓN.....	94

TABLA DE IMÁGENES Y OTROS

FIGURA N° 2.1 EXPORTACIONES DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL SACHA INCHI	22
FIGURA N° 2.2 DISEÑO DE UN EXTRUSOR	29
FIGURA N° 2.3 MAÍZ NO PROCESADO Y MAÍZ EXTRUIDO	30
FIGURA N° 2.4 ANÁLISIS DE LAS GRAFICAS FACTORIALES	36
FIGURA N° 2.5 ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.....	37
FIGURA N° 2.6 GRÁFICA TRIDIMENSIONAL DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	38
FIGURA N° 2.7 GRÁFICA DE CONTORNO DE UNA SUPERFICIE DE RESPUESTA... 39	
FIGURA N° 2.8 REPRESENTACIÓN DEL DISEÑO DE BOX-BEHNKEN PARA TRES FACTORES.....	44
FIGURA N° 2.9 FUNCIÓN DE DESEABILIDAD INDIVIDUAL PARA LA MAXIMACION DE UNA RESPUESTA	46
FIGURA N° 2.10 FUNCIÓN DE DESEABILIDAD PARA LA MINIMIZACIÓN DE UNA RESPUESTA	47
FIGURA N° 2.11 FUNCIÓN DE DESEABILIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE UN NIVEL ESPECÍFICO DE UNA RESPUESTA.....	48
FIGURA N° 2.12 FUNCIÓN DE DESEABILIDAD PARA LA MINIMIZACIÓN DE UNA RESPUESTA.....	47
FIGURA N° 2.13 FUNCIÓN DE DESEABILIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE UN NIVEL ESPECÍFICO DE UNA RESPUESTA.....	48
FIGURA N° 4.1 MOLIENDA DE TORTA DE SACHA INCHI Y TORTA DE CASTAÑA....	62
FIGURA N° 4.2 TAMIZADO DE TORTA DE SACHA INCHI Y TORTA DE CASTAÑA....	62
FIGURA N° 4.3 EXTRUSIÓN DE TORTA DE SACHA INCHI Y TORTA DE CASTAÑA..	63
FIGURA N° 4.4 MOLIENDA Y TAMIZADO DE LAS TORTAS EXTRUIDAS DE SACHA INCHI Y CASTAÑA	63

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue elaborar una bebida nutricional instantánea determinando la proporción óptima de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) y de castaña (*Bertholletia excelsa*) con un alto valor proteico, buena aceptabilidad y solubilidad. Mediante la metodología de Taguchi se analizó la variable aceptabilidad obteniéndose como factores significativos la harina extruida de la torta de sachá inchi y el cacao en polvo ($p < 0.05$). Se determinó la formulación óptima mediante la metodología de superficie de respuesta mediante el diseño central compuesto rotatable: harina extruida de la torta de sachá inchi (29.70 %), cacao en polvo (25.45 %), harina extruida de la torta de castaña (43.33 %), goma guar (1.52 %) con un puntaje promedio de aceptabilidad general igual a 5.84, un valor proteico de 39.98 % y un índice de solubilidad de 16 % con una deseabilidad (D) igual a 0.7297, obteniéndose en la validación los siguientes resultados : puntaje de aceptabilidad general igual a 6.47, un valor proteico de 40.22% y índice de solubilidad de 16.34%. La bebida nutricional instantánea óptima fue de una composición fisicoquímica de humedad (3.66 %), proteína (47.99 %) grasa (6.95 %) fibra cruda (4.46 %), ceniza (7.65%), carbohidratos (29.29 %), cumpliendo con el valor diario recomendado (VDR) que propone la FDA de proteína (6 %), grasa (0.6 %) y carbohidratos (0.6 %) en una porción de 6 g de producto. Se determinó el perfil de aminoácidos de la formulación optimizado teniendo como aminoácido limitante la isoleucina ($7.43 \pm 0.27\%$).

Palabras clave: Harinas extruidas, Metodología de Taguchi, Diseño Central Compuesto Rotable Ortogonal (DCCRO), Optimización de respuestas Múltiples, Deseabilidad global.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop an instant nutritional drink by determining the optimal proportion of extruded flours from sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) and chestnut (*Bertholletia excelsa*) cakes with a high protein value, good acceptability and solubility. Taguchi's methodology analyzed the acceptability variable by obtaining as significant factors the extruded flour of sacha inchi cake and cocoa Powder ($p < 0.05$). Optimal formulation was determined using the response surface methodology using the rotatable composite central design: extruded flour from sacha inchi cake (29.70 %), cocoa powder (25.45 %), extruded chestnut cake flour (43.33 %), guar gum (1.52 %), with an overall acceptability score of 6.21, a protein value 40.22 % of and a solubility index of 16.34% and with a desirability (D) equal to 0.7297.

The optimal instant nutritional drink was of a physicochemical composition of humidity (3.66 %), protein (47.99 %), fat (6.95 %), raw fiber (4.46 %), ash (7.65 %), and carbohydrates (29.29 %), complying with the FDA's recommended daily value (VDR): protein (6 %), fat (0.6 %) and carbohydrates (0.6 %) in a 6 g portion of product. The amino acid profile of the optimized formulation was determined taking as an amino acid limiting isoleucine (7.43 ± 0.27 %).

Keywords: Extruded Flours, Taguchi Methodology, Rotatable Orthogonal Composite Central Design (DCCRO), Multiple Response Optimization, Global Desirability.

INTRODUCCIÓN

En toda la amazonia peruana se encuentran distribuidos los cultivos de Sacha inchi y Castaña. La semilla de sachá inchi se encuentra en diferentes regiones del Perú como en Loreto, San Martín, Amazonas, Junín, Ucayali y Cuzco (Galluser, 2005). Mientras que la Castaña principalmente crece en Madre de Dios (Castañeda, et al., 2007).

Estas semillas son consideradas alimentos ricos en ácidos grasos esenciales como los omegas 3 y 6 (Andía, 2010), los cuales están relacionados con la salud cardiovascular de las personas (Sanchez, 2012; García et al., 2009), lo que genera mayor demanda en su producción y por ende un incremento en las exportaciones (SUNAT, 2018; AGRODATAPERÚ, 2018).

Del proceso de extracción del aceite de semillas oleaginosas, se obtiene un subproducto o residuo denominado “torta”, la cual tiene una importante composición nutricional aprovechable. Bentacourth (2013) reporta que la torta de sachá inchi posee una alta cantidad de proteínas (59.1%). Además, Ruiz et al., (2013) estudiaron la comparación del perfil de aminoácidos de la semilla y la torta de sachá inchi, encontrando que la torta de sachá inchi tiene un mayor contenido de proteínas, cenizas y carbohidratos en comparación con la semilla. Asimismo, la torta de castaña también presenta un valor nutritivo aprovechable, debido a que posee una considerable cantidad de proteínas de origen vegetal (Souza & Menezes, 2004).

Diferentes estudios reportan que las tortas de estas semillas son utilizadas como alimento principalmente para la ganadería, sin embargo, otros estudios reportan que se puede elaborar alimentos para consumo humano (Gloria & Regitano d'arce, 2000) y de esta manera aprovechar su valor nutricional. Sin embargo, por ser un residuo crudo y poco digestible para el ser humano debe aplicarse un tratamiento previo que permita modificar su estructura y mejorar sus características sensoriales, su conservación. Tratamientos como la extrusión hacen posible esto, ya que

el proceso de extrusión permite que el material amiláceo y proteínico sea sometido a una combinación de factores, tales como la humedad, la presión, la temperatura y la energía mecánica, dando resultados muy ventajosos en alimentos.

En base a lo expuesto, se planteó como objetivo de esta investigación elaborar una bebida nutricional instantánea, determinando la proporción óptima de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) y de castaña (*Bertholletia excelsa*) usando la metodología de Taguchi y la metodología de superficie de respuesta, para obtener un alto valor nutricional, buena aceptabilidad y solubilidad.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Las semillas oleaginosas como el sachá inchi y castaña son muy explotadas en la industria aceitera, ya que estas son fuente de proteína y de aceite esencial (Gutiérrez et al., 2011). El aceite de sachá inchi contiene un buen aporte en omega 3 y omega 6, los cuales están relacionados con la salud cardiovascular de las personas (Sánchez, 2012; García et al., 2009).

Según las estadísticas de la SUNAT (2018), las exportaciones de aceite de castaña y aceite de sachá inchi están en continuo crecimiento. El aceite proveniente de estas semillas oleaginosas ha tenido una gran aceptación en el mercado internacional, por sus propiedades y beneficios. Según AGRODATAPERÚ (2018), reporta exportaciones de aceite de Sachá Inchi en el año 2010 de 12 744 kg (FOB \$168 230) y en el año 2017 de 98 603 kg de aceite de sachá inchi (FOB \$1 575 913), habiéndose incrementado las exportaciones a lo largo de esos años.

Así mismo SUNAT (2018) reporta que en el año 2010 un FOB (Free On Board) de \$620 393.28, aumentando las exportaciones cada año hasta el 2017 con un FOB de \$1 997 494.15. Respecto al aceite de castaña AGRODATAPERÚ (2018), reporta exportaciones en el año 2015 de 18 619 kg (FOB \$223 638) y en el año 2017 de 28 960 kg (FOB \$706 759).

Existen diversos métodos de extracción de aceite en semillas oleaginosas, la más común es la operación de prensado ya que el aceite extraído es de mayor calidad (Pascual & Mejía, 2000), se obtiene rendimientos de hasta 50% para sachá inchi y 63.81% para castaña. Como resultado de esta extracción se obtiene un residuo llamado "torta".

Se puede estimar que con los datos del aceite de sachá inchi reportados por AGRODATAPERÚ (2018), que en el año 2010 se obtuvo como residuo más de 6372 kg y en el año 2017 se obtuvo como residuo más de 49301.5 kg de torta de sachá inchi. De igual forma con los datos de

exportación del aceite de castaña reportados por AGRODATAPERÚ (2018), se estima que en el año 2015 se obtuvo más de 6738.2 kg y en el año 2017 más de 10 480.624 kg de torta de castaña.

Los subproductos en ocasiones se desechan y generan un impacto adverso hacia el medio ambiente, por lo que actualmente se viene buscando alternativas para poder aprovecharlos, en el mejor de los casos, destinarlos para alimentación animal, por ser un producto muy rico en proteínas (Antoniolli y Arfini, 2013). Sin embargo, en los últimos años, se están buscando otras alternativas para seguir aprovechando estas tortas. Bentacourth (2013), mejora el proceso de extracción de aceite en tortas logrando incrementar su rendimiento. Por otro lado, se han realizado bebidas en polvo y galletas a base de estas tortas (Vásquez, 2016; Vásquez et al., 2017). Otros estudios reportan el uso de distintas fuentes de origen vegetal ricas en proteínas en la dieta humana, pero presentan baja digestibilidad y asimilación debido a la presencia de ciertos antinutrientes naturales, los cuales se inactivan con la aplicación de la tecnología de extrusión, logrando mejorar la digestibilidad de las proteínas e incrementando las características de solubilidad relacionadas a los almidones (Pérez et al., 2006).

Hoy por hoy, nuestra alimentación es el pilar sobre el que se basa una buena salud y a través de lo que consumimos nuestro organismo obtiene los nutrientes para su correcto desarrollo, crecimiento, funcionamiento y protección. La nutrición es la ingesta de alimentos relacionados con las necesidades dietéticas que requerimos. “Una buena nutrición (una dieta suficiente y equilibrada combinada con el ejercicio físico regular) es un elemento fundamental de la buena salud” (OMS, 2017). “Una mala nutrición puede reducir la inmunidad, aumentar la vulnerabilidad a las enfermedades, alterar el desarrollo físico y mental, y reducir la productividad” (OMS, 2017). La buena nutrición está determinada por el suministro de energía alimentaria que satisface las necesidades de la población (FAO, 2017).

Actualmente la mentalidad del consumidor ha cambiado, la tendencia a consumir alimentos saludables y nutritivos se ha incrementado constantemente y por esta razón se elaboran productos que no solo sean sensorialmente aceptables para el consumidor, sino que también tengan un adecuado contenido nutricional. Se ha utilizado el proceso de extrusión por los beneficios que se han mencionado anteriormente para elaborar diversos productos como cereales, bebidas instantáneas en polvo inclusive se han registrado la elaboración de productos a partir de tortas extruidas de sachá inchi aprovechando sus propiedades nutricionales, por ejemplo, en la elaboración de pan de molde enriquecido con torta desengrasada y extruida de la semilla de sachá inchi (Avellaneda & Pardo, 2015).

Por todo lo expuesto la presente investigación propone utilizar las harinas extruidas de las tortas de Sachá inchi y Castaña para desarrollar una bebida nutricional instantánea de alto valor proteico, buena aceptabilidad y solubilidad.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto de los componentes de la bebida nutricional instantánea a base de harinas extruidas de las tortas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) y de castaña (*Bertholletia excelsa*) sobre el valor proteico, la aceptabilidad general y la solubilidad?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña que se utilizan para la elaboración de una bebida nutricional instantánea?
- ¿Cuál es el efecto de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña, de cacao en polvo y goma guar sobre la aceptabilidad general aplicando el método Taguchi?

- ¿Cuál es la proporción óptima de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña, de cacao en polvo y goma guar que intervienen en la elaboración de una bebida nutricional instantánea, aplicando el método de superficie de respuesta?
- ¿Cuál es la caracterización microbiológica, el valor proteico y el perfil aminoacídico de la bebida nutricional instantánea óptima?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Elaborar una bebida nutricional instantánea a base de harinas extruidas de las tortas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) y de castaña (*Bertholletia excelsa*) determinando la proporción óptima de sus componentes, con un alto valor proteico, buena aceptabilidad general y solubilidad.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña que se utilizan para la elaboración de una bebida nutricional instantánea.
- Determinar el efecto de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña, de cacao en polvo y goma guar sobre la aceptabilidad general, aplicando el método de Taguchi.
- Determinar la proporción óptima de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña, de cacao en polvo y goma guar que intervienen en la elaboración de una bebida nutricional instantánea, aplicando el método de superficie de respuesta.
- Caracterizar microbiológicamente, el valor proteico y el perfil aminoacídico de la bebida nutricional instantánea óptima.

1.4 Limitantes de la investigación

Teórico

No se pudo encontrar información sobre la composición de aminoácidos de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y castaña, por ello se tuvo que utilizar la composición de aminoácidos teóricos para realizar el cómputo químico teórico.

Temporal

La investigación se llevó a cabo en un período de un año, el cual estuvo comprendido del mes de agosto del 2017 al mes de mayo del 2019.

Espacial

La presente investigación se llevó a cabo principalmente en la Universidad Nacional del Callao.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Huaccho Y Lope, (2007); Elaboraron una mezcla alimenticia a base de tarwi, quinua, maca y harina de lúcuma mediante el proceso de extrusión dirigido a niños en edad preescolar. La mezcla estuvo conformada por 10 % de tarwi, 78 % de quinua, 7 % de maca y 5 % harina de lúcuma y fueron humectadas a 11 %, 15 % y 18 %. Las temperaturas de extrusión fueron de 150°C y 180°C de donde establecieron que la mezcla con 15 % de humedad y sometida a 180°C resultó ser la mejor con un índice de solubilidad de agua 18.9 %. La evaluación sensorial de la mezcla alimenticia resultó favorable en cuanto al sabor debido al uso de la harina de lúcuma.

Pacheco et al., (2008); Elaboraron y evaluaron polvos para bebidas instantáneas a base de harina extrudida de ñame (*Dioscorea alata*). Prepararon dos formulaciones con harina extrudida de ñame (F1: 40 % y F2: 20 %) en donde se analizó su composición química, sus características físicas (actividad de agua, color, pH y viscosidad) y sus propiedades organolépticas. El análisis de la composición química de las 2 formulaciones reportó de proteína (F1: 15.12 % y F2: 19.10 %), grasa (F1: 8.60 % y F2: 10.8 %), cenizas (F1: 3.08 % y F2: 2.75 %) y fibra dietética (F1: 3.90 % y F2: 3.40 %). Asimismo, organolépticamente la formulación F2 fue la más aceptada. Concluyendo que partir de un 20 % de harina extrudida de ñame se puede preparar bebidas instantáneas presentando características físicas y químicas similares a los productos análogos comerciales y con un mayor contenido de proteínas.

Jiménez, (2013); Elaboró un suplemento nutricional a partir de la mezcla de harinas extruidas de amaranto, quinua, chocho con adición de avena.

Mediante el cálculo de cómputo químico se determinó que los porcentajes necesarios para alcanzar una complementación aminoacídica adecuada son: harina extruida de amaranto (35 %), harina extruida de quinua (35 %), harina extruida de chocho (15 %), avena (15 %) y se saborizó con cacao (17.1 %), sabor chocolate (0.5 %) y sabor leche (0.4 %). La composición química de la mezcla tuvo: humedad (11.22 %), proteína (19.40 %), ceniza (2.48 %), fibra cruda (3.13 %), carbohidratos (57.13 %)

Salazar, (2013); Formuló un suplemento alimenticio infantil, a base de harinas extruidas maíz (*Zea mays* L.), tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) y quinua (*Chenopodium quinoa* W.), seleccionando la mezcla óptima a partir del cómputo químico, donde la mejor formulación fue de 10 %, 45 % y 45 % respectivamente. La mezcla optima presentó una composición proximal de: humedad (7,03 %), proteína (17,90 %), grasa (6,32 %), carbohidratos (64, 11 %) y cenizas (2,43 %), teniendo un índice de solubilidad de 5.62%. El perfil de aminoácidos de la mezcla fue: isoleucina 32.20 %, leucina 22 %, lisina 16.80 %, metionina + cisteína 16 %, fenilalanina + tirosina 23.20 %, treonina 21.10 %, triptófano 17.10 %, valina 24.80 %.

Aylas, (2017); Desarrolló una mezcla alimenticia en polvo combinando harinas extruidas de arroz, quinua y lupino. La mezcla optima estuvo conformada por 31.35 % de arroz, 6.96 % de quinua y 61.69 % de lupino. El análisis proximal de la mezcla optima presentó una composición proximal de: humedad de 6.6 ± 0.09 %, proteína 27 ± 0.85 %, carbohidratos 55.0 ± 1.04 %, fibra cruda: 1.3 ± 0.065 %, grasa total: 11.9 ± 0.18 %, ceniza 2.2 ± 0.05 % y un perfil de aminoácidos expresado en mg/g proteína: isoleucina 41.7 %, leucina 68.4 %, lisina 48.1 %, metionina + cisteína 11.5 %, fenilalanina + tirosina 70.8 %, treonina 32.5 %, triptófano 8.1 %, valina 35.7 %, histidina 18.7 %. Los aminoácidos que superaron los valores del patrón de la FAO 2007 son: histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina + tirosina, treonina y valina, alcanzando a cubrir el

91% en lisina, 80% en triptófano y el 16 % de los aminoácidos azufrados (metionina + cisteína), siendo estos últimos los aminoácidos limitantes de la mezcla. La mezcla óptima permitió complementar un 18.5 % del requerimiento diario de proteínas (36.4 g/día) para niños mayores de 11 años en una porción de 25 g.

2.2. Marco

2.2.1. Teórico

2.2.1.1. Sacha inchi

Según Gorriti, (2013) el sachá inchi es una semilla que también es conocida como maní del monte, sachá maní o maní del inca. El sachá inchi es propia de la Amazonia Peruana en donde se puede cultivar desde los 50 hasta los 2100 metros de altitud (Adriánzen et al., 2011).

Esta semilla se encuentra distribuida en diferentes regiones del Perú como en Loreto, San Martín, Amazonas, Junín, Ucayali, Madre de Dios y el Cuzco, registrándose especies como, por ejemplo: *Plukenetia volúbilis* L. y *Plukenetia lorentensis* (Galluser, 2005).

Téllez, (2008) clasifica taxonómicamente a la semilla de sachá inchi tal como se muestra en la Tabla N° 2.1.

TABLA N° 2.1
CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL SACHA INCHI

CLASIFICACIÓN	NOMBRE
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Euphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Género	<i>Plukenetia</i>
Especie	<i>Plukenetia volubilis</i> L.

Fuente: Téllez (2008).

Arévalo, (1995) explica que los pioneros en estudiar al maní del inca por sus bondades nutricionales fueron investigadores de la Universidad

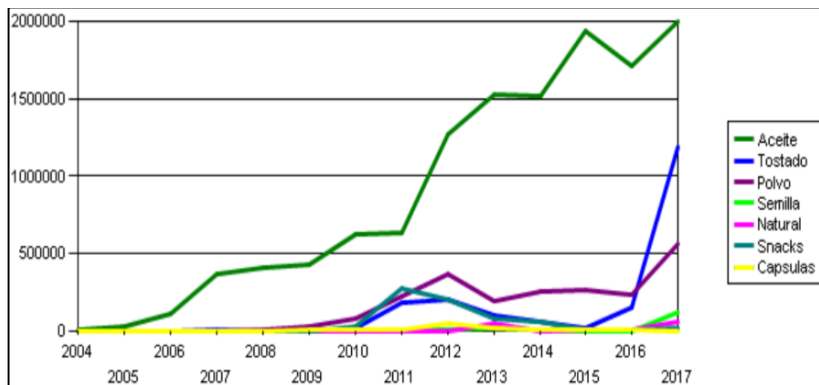
Nacional Agraria la Molina con apoyo de científicos europeos, quienes publicaron la presencia de proteínas, ácidos grasos esenciales como omega 3, omega 6 y una gran cantidad de compuestos antioxidantes.

Manco, (2006) reporta que el sachá inchi está constituido alrededor de un 45 % a 48 % por cáscara y de un 52 - 55 % por semilla, en donde esta última es de interés especialmente por la industria alimentaria debido a su contenido de aceite alrededor del 45 % o más dependiendo de su variedad (Adrianzén et al., 2011). Por su parte, Sánchez, (2012) y Garcia et al., (2009) reportan que el aceite de sachá inchi tiene una cantidad importante de omega 3 y omega 6, los cuales están relacionados con la salud cardiovascular de las personas. Por otro lado, Chirinos et al., (2009) nos reportan que el Ministerio de Agricultura del Perú durante el periodo 2005 al 2007, publicó reportes donde la producción de sachá inchi se incrementó en un 31 % y que la exportación del aceite de sachá inchi creció en un 1069 %, debido al surgimiento de muchas empresas productoras y al interés de los mercados internacionales. Por otro lado, en febrero del 2014, se levantaron las barreras comerciales del Noovel Food en la Unión Europea y el GRASS en los Estados Unidos para el aceite de sachá inchi, motivo por el cual actualmente el mercado demandante de aceite esencial de sachá inchi crece de manera acelerada teniendo una notable aceptación en el mercado internacional (DPA y DRASAM, 2016).

Como se observa en la Figura N° 2.1, en la Tabla N° 2.2 y en la Tabla N° 2.3 de la página 22, las exportaciones del aceite de sachá inchi muestran un considerable crecimiento, conllevando a que la torta de igual manera aumente, ya que se obtiene luego de la extracción del aceite por medio de solventes orgánicos o el método de prensado (Bentacourth, 2013).

FIGURA N° 2.1

EXPORTACIONES DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL SACHA INCHI



Fuente: SUNAT (2018).

TABLA N° 2.2

EXPORTACIONES DE ACEITE DE SACHA INCHI EN FOB

AÑO	FOB US\$
2010	620 393.28
2011	635 582.31
2012	1 275 265.18
2013	1 522 683.59
2014	1 522 683.59
2015	1 935 044.41
2016	1 707 520.66
2017	1 997 494.15

Fuente: SUNAT (2018).

TABLA N° 2.3

EXPORTACIONES DE ACEITE DE SACHA INCHI EN FOB Y KILOS

AÑO	FOB US\$	KILOS
2010	168 230	12 744
2011	254 542	11 842
2012	788 368	35 990
2013	762 624	40 855
2014	1412 229	82 650
2015	1 576 448	91 456
2016	1 570 396	89 453
2017	1 575 913	98 603
2018	2 095 184	114 337

Fuente: AGRODATAPERÚ (2018).

La cantidad de torta de sachá inchi obtenida depende de que método de extracción de aceite se realiza y de la variedad de la semilla, ya que dependiendo de esta se obtendrán diferentes rendimientos y calidades de aceites. En la Tabla N° 2.4, se puede apreciar que la extracción del aceite por el método de prensado no genera rendimientos altos. Sin embargo, este método de prensado me permite obtener una mejor calidad y pureza del aceite, tal y como se puede ver en la Tabla N° 2.5, en la cual se compara la extracción del aceite de sachá inchi de manera mecánica y mediante solventes

**.TABLA N° 2.4
RENDIMIENTOS DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SACHA INCHI**

MÉTODO	RENDIMIENTO
Prensado en frío	17.2 - 38.4 %
Prensado en caliente	24.28 - 50 %
Fluido supercrítico	39.42 - 50.6 %
Por solventes	54.3% - 87 %

Fuente: Ullrich & Encalada, 2015; Adriánzen et al., 2011; Sihuayro, 2013; Follegati et al., 2009; Romero, 2014.

**TABLA N° 2.5
COMPARACIÓN DE LA EXTRACCIÓN MECÁNICA Y POR SOLVENTE**

DESCRIPCIÓN	EXTRACCIÓN MECÁNICA	EXTRACCIÓN POR SOLVENTE
Nivel de inversión	Reducido	Alto
Tamaño	Flexible	Alto
Control del proceso	Sencillo	Complejo
Riesgo de seguridad del proceso	Simple	Complejo
Calificación de la mano de obra	Media	Especializado
Extracción de aceite	Incompleta	Completo
Consumo de energía eléctrica	Alto	Medio
Costos de mantenimiento	Medio	Medio
Pureza del aceite	Alto	Medio

Fuente: Pascual & Mejía (2000).

Bentacourth, (2013) reporta que, aunque la torta de sachá inchi sea un residuo, tiene una alta cantidad de proteínas encontrándose un 59.1 % mediante la extracción por el método de prensado en frío.

Ruiz et al., (2013) encontraron que la torta de sachá inchi tiene un mayor contenido de proteínas, cenizas y carbohidratos en comparación con la semilla. En la Tabla N° 2.6 se muestra la comparación químico proximal de la semilla y de la torta de sachá inchi en base seca.

TABLA N° 2.6
ANÁLISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA Y TORTA DE SACHA INCHI

COMPOSICIÓN	SEMILLA DE SACHA INCHI (%)	TORTA DE SACHA INCHI (%)
Grasa	49,0 ± 1,0	7,8 ± 0,2
Proteínas	29,6 ± 0,5	59,0 ± 0,7
Cenizas	2,7 ± 0,2	4,8 ± 0,2
Fibra	6,6 ± 0,7	4,5 ± 0,6
Carbohidratos	12,1 ± 1,3	23,9 ± 1,7

Fuente: Ruiz et al., (2013).

TABLA N° 2.7
PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE SEMILLA Y TORTA DE SACHA INCHI

AMINOÁCIDOS ESENCIALES	CONTENIDO EN mg/g DE PROTEÍNA		
	<i>Plukenetia volubilis</i>		FAO, OMS
	Semilla	Torta	
Histidina	17	32	19
Isoleucina	26	30	28
Leucina	37	39	66
Lisina	28	12	58
Metionina	14	17	-
Cisteína	8	11	-
Fenilalanina	13	20	-
Tirosina	58	24	-
Treonina	36	64	34
Triptófano	13	11	11
Valina	40	47	35

Fuente: Ruiz et al., (2013).

Dada la alta cantidad de proteína encontrada por Bentacourth, (2013) y al perfil de aminoácidos reportado por Ruiz et al., (2013) presentes en la Tabla N° 2.7 presente en la torta residual de la semilla de sachá inchi, se puede buscar diferentes alternativas para su aprovechamiento ya sea destinado a consumo animal o para consumo humano.

2.2.1.2. Castaña

El árbol de castaña es una especie forestal originaria de América del Sur y crece en ciertas regiones del Brasil, Bolivia, Venezuela y en nuestro país principalmente crece en Madre de Dios (Castañeda et al., 2007). El fruto del árbol de castaña es una cápsula leñosa de forma redonda, de unos 8 cm a 15 cm de diámetro, en cuyo interior se encuentran 15 a 20 semillas (Arias y Rondón, 2010). En la Tabla N° 2.8 se presenta la clasificación botánica de la semilla de castaña según el Comité Multisectorial de la castaña (2006).

TABLA N° 2.8
CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA SEMILLA DE CASTAÑA

CLASIFICACIÓN	NOMBRE
Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Dicotyledonea
Orden	Mirtales
Familia	Lecythidaceae
Género	<i>Bertholletia</i>
Especie	<i>Bertholletia excelsa</i>

Fuente: Comité Multisectorial de la Castaña (2006).

La semilla de castaña posee importantes características desde el punto de vista nutricional, tal como lo reportan Sotero et al., (2011), donde encontraron un 38.95 ± 1.05 % de proteína en la harina de castaña. Asimismo, la semilla de castaña posee altos valores en selenio (Chang et al., 1995, y el aceite extraído de la semilla tiene una excelente composición de ácidos grasos esenciales (Andía, 2010). Actualmente en el Perú la exportación de aceite de castaña ha ido en aumento según los

reportes de AGRODATAPERÚ (2018) que se muestran en la Tabla N° 2.9.

TABLA N° 2.9
EXPORTACIÓN DE ACEITE DE CASTAÑA

AÑO	KILOS (kg)	FOB US\$
2015	18 619	223 638
2016	56 245	706 759
2017	28 960	482 372
2018	52 561	1 017 991

Fuente: AGRODATAPERÚ (2018).

Se puede interpretar con estos datos, que la exportación de aceite de castaña va en aumento y consecuentemente, la torta de castaña también se ha incrementado con los años. En la Tabla N° 2.10 se puede apreciar el rendimiento del aceite de castaña obtenida por el método de prensado.

TABLA N° 2.10
RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CASTAÑA

MÉTODO	RENDIMIENTO
Prensado en frío	63.81

Fuente: Sotero et al., (2011).

Por su parte Souza y Menezes, (2004) reportan que la torta de castaña es rica en nutrientes debido a que posee una considerable cantidad de proteínas de origen vegetal como se puede apreciar en la Tabla N° 2.11.

TABLA N° 2.11
ANÁLISIS PROXIMAL DE LA TORTA DE CASTAÑA

COMPOSICIÓN	CANTIDAD (%)
Humedad	6.70
Proteína	40.23
Carbohidrato	7.13
Grasa	25.13
Ceniza	8.85

Fuente: Souza &Menezes (2004).

Además, la torta de castaña puede emplearse como insumo en la preparación de dietas para animales debido a su extraordinario valor nutricional rico en aminoácidos esenciales, favoreciendo el crecimiento de los mismos (Spini et al., 2006). Asimismo, Gloria y Regitano D'arce, (2000) reportan también que torta de castaña puede utilizarse en el rubro de la pastelería y confitería.

En la Tabla N° 2.12 se muestra el perfil de proteínas que tiene la torta de castaña, teniendo en mayor cantidad la metionina y cisteína.

TABLA N° 2.12
PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE LA TORTA DE CASTAÑA

AMINOÁCIDOS	Aminoácidos mg/g de proteína	
	Venkatachalam y Sathe (2006)	Souza y Menezes (2004)
Isoleucina	32.1	32.4
Leucina	78.9	67.8
Lisina	24.5	29.3
Metionina+cisteína	97.3	91.6
Fenilalanina+Tirosina	65.3	59.8
Treonina	22.7	22.7
Triptófano	7.1	9
Valina	47.1	46.3

Fuente: Venkatachalam y Sathe (2006); Souza y Menezes (2004).

2.2.1.3. Cacao

El cacao tiene por nombre científico *Theobroma cacao* L. y es un árbol que se cultiva en el continente de América durante muchos años antes de la invasión de los europeos (Braudeau, 1970).

López & gil, (2017) reportan que las semillas de cacao tienen un contenido alto de energía, además es fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes.

TABLA N° 2.13
CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL CACAO

CLASIFICACIÓN	NOMBRE
Reino	Vegetal
División	Spermatophita
Clase	Dicotiledónea
Familia	Sterculaceae
Genero	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao</i>

Fuente: Flores (2013).

Los granos de cacao están principalmente constituidos por lípidos (Acosta et al., 2001); por ello para obtener el cacao en polvo se debe realizar un previo desengrasado. En la Tabla N° 2.14 y en la Tabla N° 2.15 se muestra el análisis proximal de la Ficha técnica del cacao en polvo de Eurolatin Trade Company Sac y el perfil de aminoácidos respectivamente.

TABLA N° 2.14
ANÁLISIS PROXIMAL DEL CACAO

COMPOSICIÓN	CANTIDAD (%)
Proteína	26.95
Carbohidratos totales	45.30
Grasa	15.36
Ceniza	7.75
Fibra	29.99

Fuente: Eurolatin Trade Company Sac (2018).

TABLA N° 2.15
PERFIL DE AMINOÁCIDOS DEL CACAO

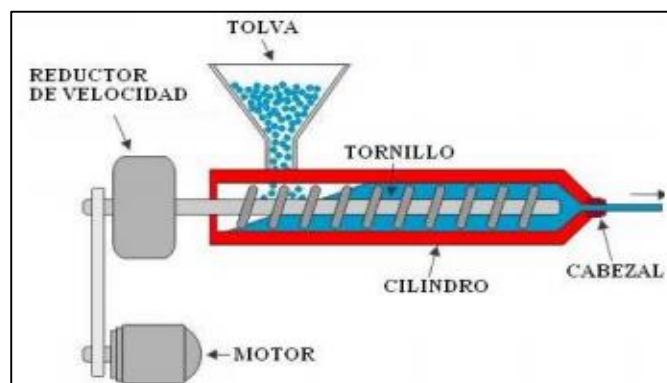
AMINOÁCIDOS	mg / g de proteína
Isoleucina	0.56 ± 1.58
Leucina	0.45 ± 4.75
Lisina	0.08 ± 0.56
Fenilalanina	0.56 ± 0.36
Treonina	0.14 ± 0.84
Valina	0.57 ± 2.60
Histidina	0.04 ± 0.08

Fuente: Kalvatechev et al., (1998).

2.2.1.4. Extrusión de alimentos

Para Harper, (1981) la extrusión es un proceso donde un material es sometido a un fuerte calentamiento y luego es moldeado por forzamiento a través de boquillas que presentan un diseño especial. El proceso de extrusión se lleva a cabo en un equipo llamado extrusor, en donde se combinan distintas operaciones unitarias como el mezclado, la cocción, el amasado y el moldeo (Gil, 2010).

FIGURA N° 2.2
DISEÑO DE UN EXTRUSOR



Fuente: Vargas et al., (2008).

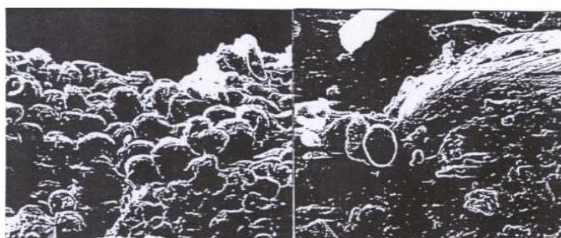
El extrusor de alimentos facilita el proceso del moldeado, por lo que la extrusión de alimentos se vuelve altamente versátil ya que se puede aplicar para distintos procesos alimentarios (Riaz, 2004). La flexibilidad de esta operación permite obtener una gran variedad de productos, dando la posibilidad de elaborar y procesar formulaciones adecuando el nivel nutricional y asimismo, obtener un mínimo deterioro de nutrientes en el proceso, inactivando enzimas y factores antinutricionales (Apro et al., 2000).

La tecnología de extrusión se basa en un proceso HTST (alta temperatura en corto tiempo) cuyo principio convierte una gran variedad de ingredientes a productos intermedios o terminados como, por ejemplo: "Cereales para desayuno, snacks, alimentos para bebés, sopas

instantáneas, proteínas vegetales texturizadas, productos de confitería, pastas, bebidas en polvo, galletas, productos dietéticos, granolas, etc". (Apro et al., 2000; Gonzales et al., 2002). La tecnología de extrusión genera múltiples efectos positivos en los alimentos, sin embargo, se suelen presentar efectos negativos dependiendo de los parámetros utilizados, el origen y la composición del alimento destinado al proceso. Fellows, (1994) sostiene que durante la extrusión el almidón incrementa su humedad por la adición de agua que se utiliza en el proceso y es sometido a grandes temperaturas e intensas fuerzas de cizalla, produciendo que el granulo retenga agua, se hinche, aumente su volumen y su estructura macromolecular se convierte en una masa viscosa y plástica (gelatinización). No obstante, el producto que sale del extrusor, el agua que ingresa a presión se convierte en vapor y el almidón modifica su alineamiento, rizado y rotura tal como se muestra en la Figura N° 2.3.

FIGURA N° 2.3

MAÍZ NO PROCESADO Y MAÍZ EXTRUIDO



Fuente: Fellows (1994).

Para Harper, (1981) el almidón gelatinizado posee otras propiedades, tales como el incremento del índice de solubilidad en agua, el incremento de la absorción de agua y la digestibilidad del almidón.

En el caso de los efectos generados sobre las proteínas, se ha reportado que la extrusión genera un incremento en la digestibilidad de la proteína vegetal debido a que se inactiva los inhibidores de proteasas. Sin embargo, la disponibilidad de ciertos aminoácidos puede verse afectada a través de mecanismos de oxidación y la reacción de Maillard en cereales (Bjorck y Asp, 1983). Asimismo, Tovar et al., (2017) reportan que el efecto

de la temperatura, genera una disminución en el contenido de proteína, grasa, fibra y carbohidratos y un aumento de ceniza, como se puede ver en la Tabla N° 2.16, donde se aprecia las diferencias entre 2 tipos de harina de quinua extruida y sin extruir.

TABLA N° 2.16

ANÁLISIS PROXIMAL DE LA HARINA DE QUINUA NORMAL Y HARINA DE QUINUA GERMINADA (ANTES Y DESPUÉS DE EXTRUIR)

COMPOSICIÓN (%)	HQN	HQNE	HQG	HQGE
Proteína	18.5819	18.3434	16.6801	19.1998
Grasa	4.3398	4.2509	4.5264	2.7445
Cenizas	1.5892	2.4725	1.7835	3.1837
Fibra cruda	2.4694	2.5091	2.2878	2.4640
Carbohidratos	79.86	73.8367	82.6874	67.5530

*HQN: Harina de Quinua normal

HQNE: Harina de Quinua normal extruida

HQG: Harina de Quinua germinada

HQGE: Harina de Quinua germinada extruida

Fuente: Tovar et al., (2017).

Por otro lado, en los efectos generados sobre los lípidos, Singh et al., (2007) establecen que un alimento procesado tiene un alto contenido en ácidos grasos libres provenientes de la hidrólisis de los triglicéridos por acción de las enzimas lipasas. Estos ácidos grasos libres están, expuestos a oxidarse, generando olores y sabores indeseables en el alimento. Sin embargo, las altas temperaturas de extrusión hacen que las enzimas lipasas se desnaturalicen, impidiendo la hidrólisis de los triglicéridos y de esta forma se incrementa la estabilidad posterior del alimento.

Riaz, (2004) reporta que el contenido en lípidos presente en un alimento extruido disminuye tras el procesamiento debido a la pérdida en forma de aceite libre directamente en el troquel y a la formación de los ácidos grasos con complejos de amilosa o proteínas.

Vilchez et al., (2012) reportaron una comparación fisicoquímica entre la Harina de Maca antes y después de extruir en base seca y húmeda, tal

como se puede apreciar en la Tabla N° 2.17 de la página 32, en donde se muestra que durante el proceso de extrusión a temperaturas entre 90°C y 120°C hay una disminución en los contenidos de proteína, fibra y grasa mientras que el contenido de carbohidratos y ceniza se incrementan.

Así mismo, este efecto durante el proceso de extrusión, coincide con Ceron et al., (2016), cuya temperatura promedio de extrusión fue de 105°C al estudiar las características fisicoquímicas en harina de Quinua

TABLA N° 2.17

ANÁLISIS PROXIMAL DE MACA EXTRUIDA Y SIN EXTRUIR

COMPOSICIÓN (%)	MACA SIN EXTRUIR		MACA EXTRUIDA	
	b.h	b.s	b.h	b.s
Humedad	9.64 ± 0.08	-	5.57 ± 0.05	-
Proteína (6.25)	13.20 ± 0.08	14.61	12.68 ± 0.01	13.43
Grasa	0.81 ± 0.05	0.90	0.26 ± 0.03	0.28
Fibra cruda	5.29 ± 0.07	5.85	5.33 ± 0.06	5.64
Ceniza	4.49 ± 0.16	4.97	5.06 ± 0.01	5.36
Carbohidratos	71.86 ± 0.11	79.53	76.42 ± 0.12	80.93

Fuente: Vilchez et al., (2012).

2.2.1.5. Harinas extruidas

Resulta ventajoso el uso de harinas extrudidas para la obtención de ciertos productos alimenticios, puesto que el proceso de extrusión conlleva a la gelatinización de los gránulos de almidón, provocando un incremento del índice de solubilidad, lo que permite a las suspensiones de las harinas extruidas sean capaces de aumentar su viscosidad, disminuyendo la formación de grumos, mostrando un gran poder de hinchamiento en frío y en caliente, por lo que se recomienda su uso en la elaboración de productos alimenticios instantáneos (Vasanthan et al., 2001). También se puede emplear el uso del proceso de extrusión para gelatinizar harinas e incrementar los índices de absorción de agua y los índices de solubilidad en agua. Los productos con esas características

son adecuados para elaboración de bebidas y para usos industriales donde se requieran propiedades adhesivas (Anderson et al., 1969).

Tovar et al., (2017) reportan que los índices de absorción de agua (IAA) y de solubilidad en agua (ISA) aumentan en alimentos que han sido sometidos a un proceso de extrusión, tal como se puede apreciar en la Tabla N° 2.18.

TABLA N° 2.18
ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD

MUESTRA	IAA (peso gel / peso muestra)	ISA (%)
Harina de Quinoa normal	2.5274± 0.326	5.8779 ±0.0985
Harina de Quinoa normal extruida	5.8761 ±0.2197	14.9842 ± 0.3695
Harina de Quinoa germinada	2.5829± 0.1836	5.5841 ± 0.1478
Harina de Quinoa germinada extruida	5.4197± 0.2409	16.6843 ± 0.1754

Fuente: Tovar et al., (2017).

Avellaneda & Pardo, (2015) realizaron un estudio de extrusión con la torta de sachá inchi para utilizarla como insumo en la elaboración de pan molde, en donde la temperatura de proceso alcanzada fue de los 120°C, obteniendo los resultados que se muestra en la Tabla N° 2.19.

TABLA N° 2.16
ANÁLISIS PROXIMAL DE HARINA EXTRUIDA DE LA TORTA DE SACHA INCHI

COMPONENTE	CANTIDAD (%)
Humedad	5.6 ± 0.05
Proteína	55.71 ± 0.2
Carbohidratos	21.47 ± 0.1
Cenizas	5.83 ± 0.2
Fibra	6.6 ± 0.1
Grasa	4.79 ± 0.2

Fuente: Avellaneda & Pardo (2015).

2.2.2. Marco conceptual

2.2.2.1. Metodología de Taguchi

La metodología de Taguchi se basa en la optimización de productos y procesos, a fin de asegurar productos robustos, de alta calidad y bajo costo (Reyes, 2008).

Taguchi desarrolló una serie de arreglos particulares a los que denominó:

$$L_a (b)^c \quad (1)$$

Donde:

a = Representa el número de pruebas o condiciones experimentales que se tomarán.

b = Representa los diferentes niveles a los que se tomará cada factor.

c = Es el número de efectos independientes que se pueden analizar (Reyes, 2008).

Para llegar a una conclusión confiable mediante los resultados tenemos herramientas estadísticas como la media y variación. Este valor ya existe y se llama índice cociente señal ruido, denotado como (S/R) de aquí en adelante (Reyes, 2008).

Para el análisis de los resultados, Taguchi clasifica los distintos problemas de diseño de parámetros dependiendo del objetivo que se quiere obtener con la respuesta (minimizarla, maximizarla, u obtener un valor nominal) y dependiendo de la categoría del S/R, para medir la variabilidad inducida por los factores ruido (Cruz et al., 2012) como se muestra en la Tabla N° 2.20 página 35.

TABLA N° 2.20
EXPRESIONES ALGEBRAICAS DE LOS ÍNDICES (SEÑAL /RUIDO)

OBJETIVO PARA EL VALOR DE LA RESPUESTA	S / R
“Cuanto menor mejor”	$-10 \log \left[\frac{1}{n} \sum y_{f^2} \right]$
“Cuanto más grande mejor”	$-10 \log \left[\frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_{f^2}} \right]$
“Nominal es lo mejor”	$10 \log \left(y^2 / S^2 \right)$

Fuente: Cruz et al., (2012).

Catacora & Merino, (2014) citan un ejemplo, donde se quiere probar el efecto de 7 factores, con 2 niveles cada uno, sobre una característica determinada: sabor, aroma, consistencia y aceptabilidad. Por lo tanto, se usó un arreglo ortogonal $L_8 (2^7)$ como se muestra en la Tabla N°2.21.

TABLA N° 2.17
ARREGLO ORTOGONAL $L_8 (2^7)$

TRATAMIENTO	A	B	C	D	E	F	G
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Fuente: Catacora & Merino, (2014).

En la Figura 2.4 se puede apreciar que los resultados de los diseños ortogonales se calculan con la relación Señal / Ruido (S/R) desarrollado por Genichi Taguchi.

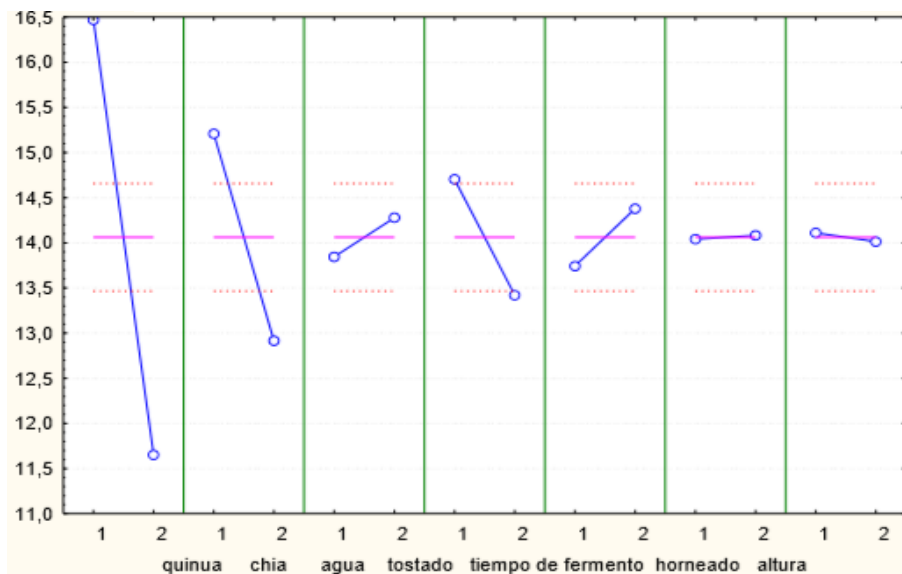
La relación S/R implica 2 términos importantes, la variación y la desviación contra el promedio o llamado también valor nominal.

Se puede definir la forma experimental de la S/R, como la razón de la media a la desviación estándar (o el inverso del coeficiente de variación).

La S/R debe maximizarse para lograr un diseño robusto. Después del cálculo de la relación S/R y de las medias para cada grupo de experimentación, se realiza la construcción de graficas lineales mediante el cálculo del efecto promedio de los factores (Marfil, 1991).

FIGURA N° 2.4

ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS FACTORIALES



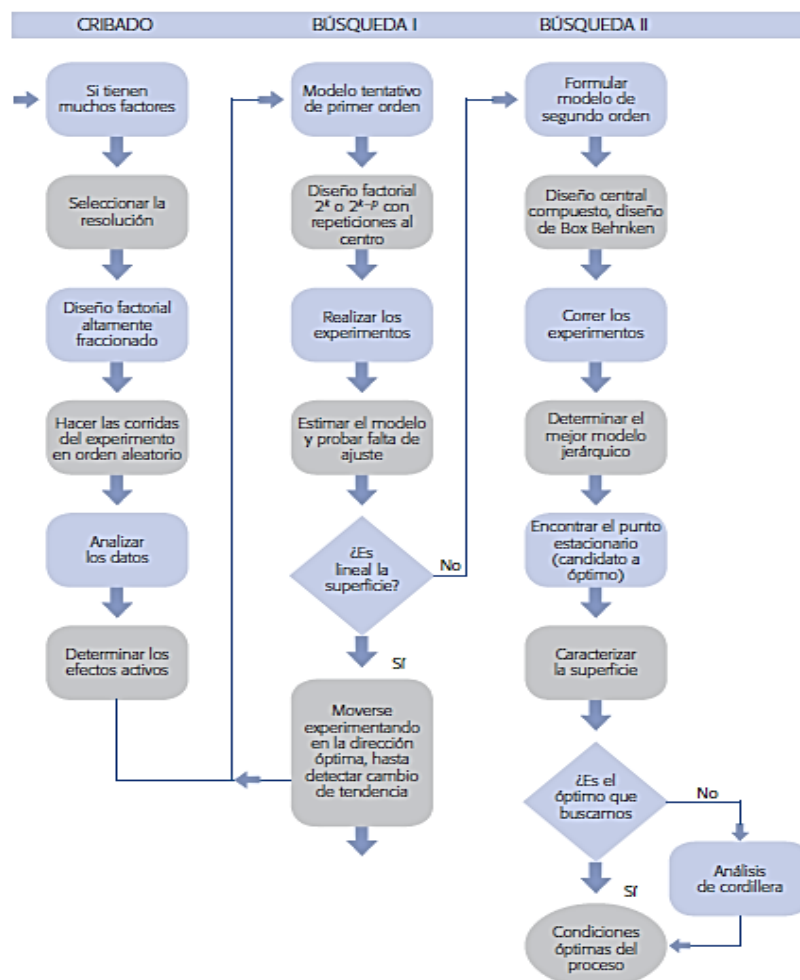
Fuente: Catacora & Merino, (2014).

2.2.2.2. Metodología de Superficie de Respuesta

Zan (2006) define a la metodología de superficie de respuesta como “un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras, permitiendo seleccionar la combinación de niveles óptimos en la obtención de la mejor respuesta para una situación dada”. El análisis

estadístico es realizado usando planeamientos factoriales y los resultados son ajustados usando modelos matemáticos. Por otro lado, Montgomery (2004) define a la metodología de superficie de respuesta como “una colección de técnicas matemáticas y estadísticas que se utilizan para modelar y analizar problemas en los que una respuesta de interés recibe la influencia de diversas variables, teniendo como objetivo optimizar esta respuesta”. En la Figura N° 2.5 se muestra un esquema para poder realizar correctamente la metodología de respuesta.

FIGURA N° 2.5
ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA



Fuente: Gutiérrez & Salazar (2008).

Kuehl, (2001) nos dice que, “los modelos polinomiales comúnmente empleados para el análisis de superficie de respuesta son el modelo lineal y el modelo cuadrático”.

El modelo de primer orden para dos factores es:

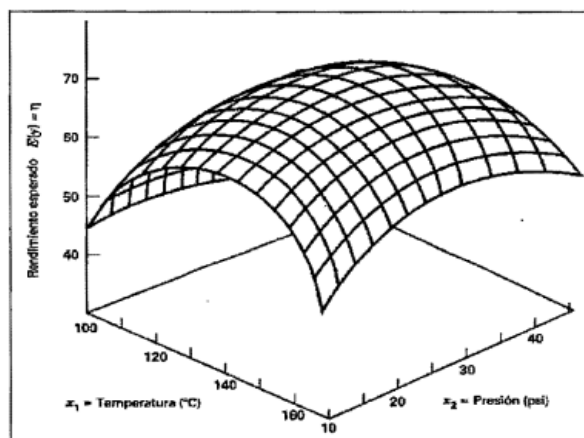
$$\mu_y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (2)$$

El modelo de segundo orden es:

$$\mu_y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 \quad (3)$$

Por lo general la superficie de respuesta se representa gráficamente como se muestra en la Figura N° 2.6, en donde la respuesta está en función de las variables independientes.

FIGURA N° 2.6
GRÁFICA TRIDIMENSIONAL DE SUPERFICIE DE RESPUESTA



Fuente: Montgomery (2004).

Las etapas para realizar la superficie de respuesta se pueden dividir en los siguientes:

a. Etapa I: Cribado o Screening

Para Ayala & Pardo, (1995) la etapa I tiene como objetivo identificar y eliminar del proceso aquellas variables que no influyen sobre la eficiencia del mismo. A los datos obtenidos se les verifica la falta de ajuste del modelo de primer orden.

b. Etapa II: Método del Ascenso más Pronunciado

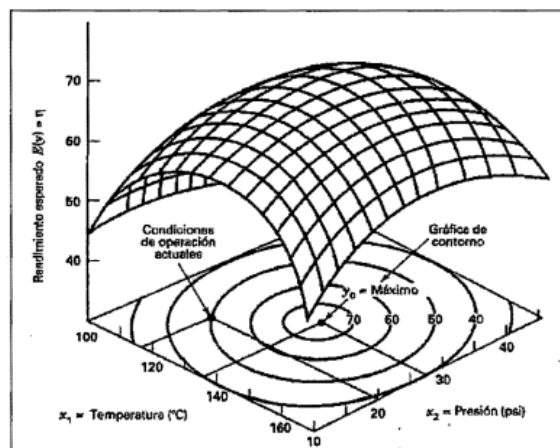
La dirección del ascenso dependerá del tipo de interés que tenga la variable respuesta, por ejemplo, si es del tipo “mientras más grande es mejor”, se tiene un escalamiento ascendente; pero si es del tipo “mientras más pequeña mejor”, se trata de escalamiento descendente. (Gutiérrez & Salazar, 2008). El modelo de primer orden es:

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i \quad (4)$$

La superficie de respuesta de primer orden, es decir, los contornos de \hat{y} , es una serie de líneas paralelas como las que se muestran en la Figura N° 2.7.

FIGURA N° 2.7

GRÁFICA DE CONTORNO DE UNA SUPERFICIE DE RESPUESTA

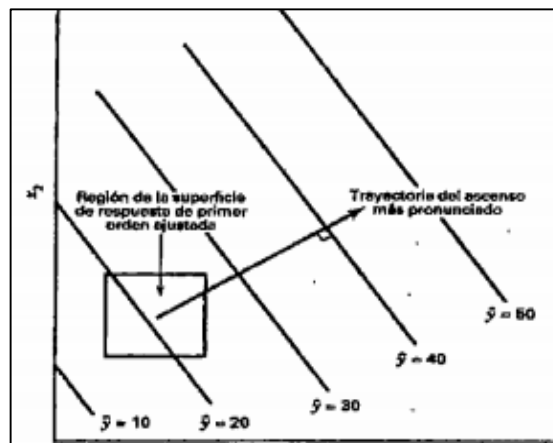


Fuente: Montgomery (2004).

La dirección del ascenso más pronunciado es aquella en la que se incrementa con mayor rapidez. Por lo general se toma como la trayectoria del ascenso más pronunciado a la recta que pasa por el centro de la región de interés y que es normal a la superficie ajustada tal como se puede ver en la Figura N° 2.8 de la página 40. Por lo tanto, los pasos sobre la trayectoria son proporcionales a los coeficientes de regresión (β_i). El experimentador determinará el tamaño real del paso, basándose en el conocimiento del proceso o conduciendo experimentos sobre la

trayectoria del ascenso más pronunciado hasta que se deja de observar un incremento adicional en la respuesta. Con lo anterior, puede ajustarse un nuevo modelo de primer orden, además, determinarse una nueva trayectoria del ascenso más pronunciado hasta llegar a la zona del óptimo. Montgomery (2004), dice lo siguiente: “La falta de ajuste del modelo de primer orden indica que se ha logrado llegar a ella. En ese momento se realiza experimentos adicionales para obtener una estimación más precisa del óptimo”.

FIGURA N° 2.8
CONTORNOS DE PRIMER ORDEN Y TRAYECTORIA DEL ASCENSO
MÁS PRONUNCIADO



Fuente: Montgomery (2004).

c. Etapa III: Ajuste de modelos de segundo orden

Al lograr el cumplimiento de los procedimientos anteriores (la falta de ajuste del diseño de primer orden y la detección de la curvatura); se procederá al moldeamiento del proceso con un modelo de mayor grado que el lineal. “Cuando el experimentador se encuentra relativamente cerca del óptimo, por lo general se requiere un modelo que incorpore la curvatura para aproximar la respuesta” (Montgomery, 2004). En la mayoría de los casos el modelo de segundo orden es adecuado (Montgomery, 2004).

Diseño Central Compuesto (DCC):

El diseño de composición central (DCC) es un diseño muy flexible ya que se puede construir a partir de un diseño factorial completo (2^k) o con un diseño factorial fraccionado (2^{k-p}) agregando puntos sobre los ejes y puntos al centro.

Este diseño se compone de tres tipos de puntos:

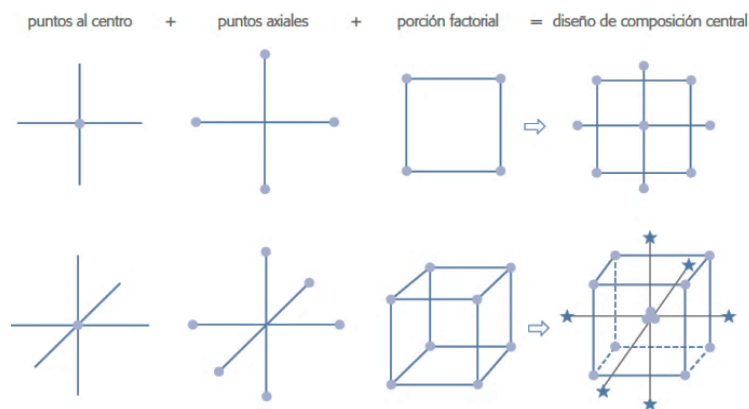
1. Porción factorial: Es una réplica de un diseño factorial en dos niveles, completo o fraccionado.
2. Puntos centrales: n_0 repeticiones al centro del diseño, con $n_0 \geq 1$.
3. Porción axial: Dos puntos sobre cada eje a una distancia α del origen.

La forma en la que se enlaza el Diseño Central Compuesto resultante se muestra en Figura N° 2.9, para los casos de 2 y 3 factores (Gutiérrez & Salazar, 2008).

Esta distancia se define como $\alpha = (F)^{1/4}$; donde F corresponde al número de puntos de diseño de la porción factorial. En la Figura N° 2.9, se puede observar como la unión de puntos al centro, puntos axiales y porción factorial dan como resultado un DCC (Cuesta, 2010).

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_i < \sum_j \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (5)$$

FIGURA N° 2.9
DISEÑO CENTRAL COMPUESTO PARA 2 Y 3 FACTORES



Fuente: Gutiérrez & Salazar (2008).

Montgomery, (2004) cita un ejemplo de Diseño Central Compuesto de 2 factores y 3 respuestas en la Tabla N° 2.22, en la cual se aumentó los puntos axiales o puntos α ($x_1 = 0, x_2 = \pm 1.414$) y ($x_1 = \pm 1.414, x_2 = 0$) al diseño de segundo orden para tener un mejor ajuste.

TABLA N° 2.18
DISEÑO CENTRAL COMPUESTO PARA 2 Y 3 RESPUESTAS

VARIABLES NATURALES		VARIABLES CODIFICADAS		RESPUESTAS		
F ₁	F ₂	X ₁	X ₂	Y1 (rendimiento)	Y2 (viscosidad)	Y3 (peso molecular)
80	170	-1	-1	76.5	62	2940
80	180	-1	1	77	60	3470
90	170	1	-1	78	66	3680
90	180	1	1	79.5	59	3890
85	175	0	0	79.9	72	3480
85	175	0	0	80.3	69	3200
85	175	0	0	80	68	3410
85	175	0	0	79.7	70	3290
85	175	0	0	79.8	71	3500
92.07	175	1.414	0	78.4	68	3360
77.93	175	1.414	0	78.4	71	3020
85	182.07	0	1.414	75.6	58	3630
85	167.93	0	-1.414	78.5	57	3150

Fuente: Montgomery (2004).

Para evaluar los diferentes diseños que pueden proporcionarse para ajustar una superficie de respuesta de segundo orden, es necesario algún criterio que constituya un buen diseño. Lógicamente, una propiedad útil es que los cálculos no sean muy difíciles. En una consideración más extensiva de propiedades deseables, Box y Hunter propusieron el criterio de Rotabilidad (Cochran & Cox, 1990). La rotabilidad asegura la calidad de predicción del punto óptimo, independientemente de la dirección en que se explore a partir del centro del diseño. (Gutiérrez & Salazar, 2008). Por otro lado, Cochran & Cox, (1990) muestran los componentes de un Diseño Central Compuesto Rotable de segundo orden, tal y como se puede apreciar en la Tabla N° 2.23 de la página 43.

TABLA N° 2.19
DISEÑO CENTRAL COMPUESTO ROTABLE

NUMERO DE VARIABLES (K)	NÚMERO DE PUNTOS EN 2 ^k			Total N	Valor de α
	Factorial	Estrella	Centro		
3	8	6	6	20	1.682
4	16	8	7	31	2.000
5	16	10	6	32	2.000
6	32	12	9	53	2.378

Fuente: Cochran & Cox (1990).

Gutierrez & Salazar, (2008) nos indica que el criterio de ortogonalidad me permite que el efecto de cada termino se estime de manera más precisa ya que los coeficientes estimados en el modelo ajustado no están correlacionados entre sí.

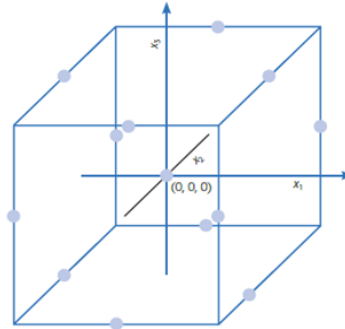
Para que un diseño cumpla el criterio de Rotabilidad y ortogonalidad se cumple lo siguiente:

$$\alpha = (F)^{1/4} \quad n_o = 4(F)^{1/2} + 4 - F \quad (6)$$

Diseño de Box-Behnken

Este diseño se aplica cuando se tienen tres o más factores, y suelen ser eficientes en cuanto al número de corridas, ya que no incluye como tratamientos a los vértices de la región experimental. En el Tabla N° 2.24 de la página 44 se muestran los 15 tratamientos del diseño Box-Behnken para tres factores. Su representación geométrica se muestra en la Figura N° 2.10 de la página 44, en donde los puntos de este diseño se ubican en medio de las aristas del cubo centrado en el origen, se puede observar que no se incluye los vértices (1, 1, 1) y el (-1, -1, -1) ya que en ocasiones resultan extremos y no se pueden correr. Esto hace que los tratamientos sean menos extremos que los de factorial completo 3² (Gutiérrez & Salazar, 2008).

FIGURA N° 2.10
REPRESENTACIÓN DEL DISEÑO DE BOX-BEHNKEN PARA 3
FACTORES



Fuente: Gutiérrez & Salazar (2008)

TABLA N° 2.24
MATRIZ DEL DISEÑO DE BOX-BEHNKEN PARA TRES FACTORES

TRATAMIENTO	X1	X2	X3
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	0	-1	-1
6	0	1	-1
7	0	-1	1
8	0	1	1
9	-1	0	-1
10	1	0	-1
11	-1	0	1
12	1	0	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

Fuente: Gutiérrez & Salazar (2008).

2.2.2.3. Optimización por Respuestas Múltiples

Este método es utilizado cuando se debe analizar varias respuestas a la vez. Por ello, se debe construir primero un modelo de superficie de respuesta adecuado para cada respuesta y para luego encontrar un conjunto de condiciones de operación que logren optimizar con criterio todas las respuestas o que por lo menos, las mantenga en los rangos deseados (Montgomery, 2004).

Por ejemplo, este método se puede utilizar para lograr productos con mejor calidad y propiedades se consideran diversas características. Ya que, un alimento tiene varias propiedades como: textura, pH, color, sabor, apariencia, etc., y todas son importantes para que el alimento sea bien aceptado por los consumidores. Si únicamente se realiza la optimización para una peculiaridad del producto, puede resultar condiciones incorrectas para las otras peculiaridades. Es por ello que Gutiérrez & Salazar (2008), establecen que es sumamente imprescindible contar con técnicas que, en lo ideal, optimicen simultáneamente todas las respuestas de interés. Dicha técnica se basa en la función de deseabilidad (d_i), el cual varía en el rango $0 < d_i < 1$, los valores del d_i dependerá de la respuesta (y_i), por ejemplo, si (y_i) está en su meta u objetivo, entonces $d_i = 1$ y si la respuesta está fuera de una región aceptable, $d_i = 0$. Los valores individuales de deseabilidad (d) para cada respuesta, son luego combinados utilizando la media geométrica para obtener la condición de Deseable Global (D), presentada en la siguiente ecuación:

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_k)^{1/m} \quad (7)$$

Donde hay m respuestas.

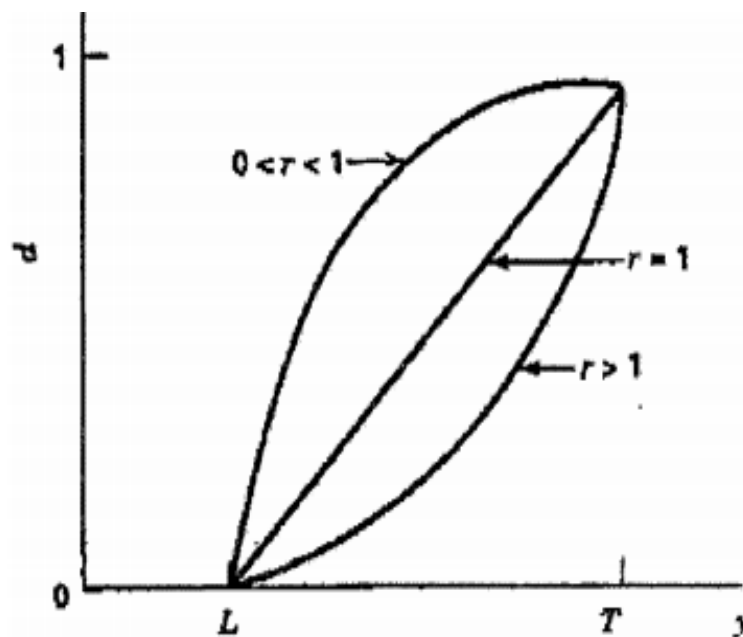
El valor D brinda una estimación total de la deseabilidad de los niveles de respuestas combinados dentro del intervalo $[0,1]$ y este se incrementará conforme el balance de las características o respuestas se haga más favorable (Cornell, 2002).

Para Montgomery, (2004) La función con condición deseable individual está estructurada:

Si el objetivo T para la respuesta y es un valor máximo como puede apreciarse en la Figura N° 2.11, se define como: $d = 0$.

$$d = \begin{cases} 0 & y < L \\ \left(\frac{y-L}{T-L}\right)^r & L \leq y \leq T \\ 1 & y > T \end{cases} \quad (8)$$

FIGURA N° 2.11
FUNCIÓN DE DESEABILIDAD INDIVIDUAL PARA LA MAXIMACIÓN
DE UNA RESPUESTA



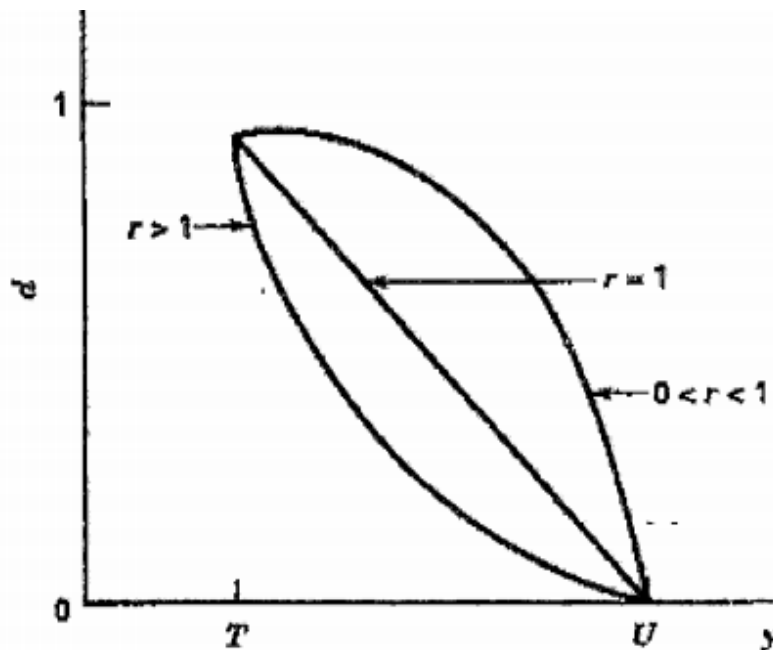
Fuente: Montgomery (2004).

Cuando la ponderación $r = 1$, la función con condición deseable es lineal. Al elegir $r > 1$ se pone más interés en estar cerca del valor objetivo, y cuando se elige $0 < r < 1$ esto tiene menos importancia.

Si el objetivo para la respuesta es un valor mínimo como se aprecia en la Figura N° 2.10, se define como:

$$d = \begin{cases} 1 & y < T \\ \left(\frac{U-y}{U-T}\right)^r & L \leq y \leq U \\ 0 & y > U \end{cases} \quad (9)$$

FIGURA N° 2.12
FUNCIÓN DE DESEABILIDAD PARA LA MINIMIZACIÓN DE UNA
RESPUESTA

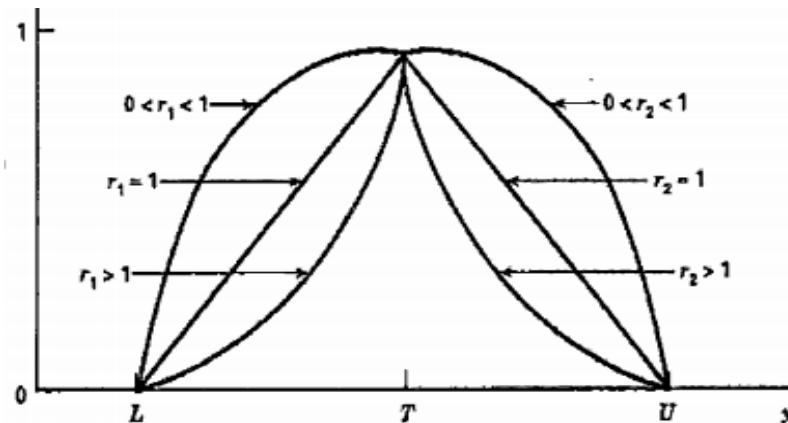


Fuente: Montgomery (2004).

En la Figura N° 2.13 de la página 48, se puede apreciar que si el objetivo es obtener una respuesta a un nivel específico que se encontrará entre el límite inferior (L) y superior (U), entonces la función de deseabilidad se definirá como:

$$d = \begin{cases} 0 & y < L \\ \left(\frac{U-y}{U-T}\right)^r & L \leq y \leq T \\ \left(\frac{U-y}{U-T}\right)^r & T \leq y \leq U \\ 0 & y \geq U \end{cases} \quad (10)$$

FIGURA N° 2.13
FUNCIÓN DE DESEABILIDAD PARA LA OBTENCIÓN DE UN
NIVEL ESPECÍFICO DE UNA RESPUESTA



Fuente: Montgomery (2004).

Lazi'c, (2004) presentó una escala para la deseabilidad, la cual pretende dar al experimentador una interpretación de los valores de la deseabilidad en términos de la calidad del producto. Los estándares para la deseabilidad se presentan en la Tabla N° 2.23.

TABLA N° 2.20
ESTIMACIONES ESTÁNDAR SOBRE LA ESCALA DE DESEABILIDAD

VALOR	ESCALA	CALIDAD DEL PRODUCTO
1	Excelente	Lo último en "satisfacción" o calidad, y mejora más allá de este punto no tendría valor apreciable.
0.80-1.00	Muy bueno	Aceptable y excelente, representan calidad inusual, más allá de cualquier cosa comercialmente disponible
0.63-0.80	Bueno	Aceptable y bueno. Representa una mejora sobre el mejor comercial. Calidad, esta última tiene el valor de 0,63.
0.37-0.63	Satisfactorio	Aceptable pero pobre. La calidad es aceptable para los límites de especificación, pero se desea una mejora
0.20-0.37	Malo	Inaceptable. Materiales de esta calidad conducirían al fracaso del proyecto.
0.00-0.20	Muy malo	Completamente inaceptable

Fuente: Lazi'c (2004).

2.2.3. Teórico-conceptual

Por lo mencionado en el apartado 2.2.1 y 2.2.2 se puede inferir que la determinación de las proporciones de los componentes para la formulación de la bebida nutricional nos permitirá alcanzar un alto valor proteico, buena aceptabilidad y solubilidad.

2.3. Definiciones o términos básicos

Almidón.- El almidón se encuentra organizado en pequeños gránulos con tamaños y formas característicos, dependiendo de la especie botánica (Badui, 2006).

Aminoácidos esenciales. - Según Rodríguez, (2011) citado por Conislla, (2018), los aminoácidos esenciales son aquellos que deben ser proporcionados por la dieta ya que nuestro organismo no puede sintetizarlos en cantidad suficiente para poder cubrir las necesidades metabólicas.

Aminograma. - El perfil de aminoácidos se define como la comparación entre el patrón aminoacídico de la proteína por evaluar con el de una proteína denominada patrón. Al determinar el aminoácido que está en menor proporción con relación al patrón, se le denominará aminoácido limitante y es el que define la calidad proteica (Maíz, 1990) citado por Mora, (2002).

Antinutrientes.- Para Elizalde et al., 2009, los antinutrientes son compuestos que afectan el valor nutricional de algunos alimentos, puesto que obstaculizan o inhiben la asimilación de nutrientes como por ejemplo proteínas, minerales, que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal.

Digestibilidad de un nutriente.- Según Low, (1976) citado por Parra & Gómez, (2009), se entiende por digestibilidad a la interacción de los procesos que ocurren durante la digestión y la absorción de nutrientes provenientes de la ingestión de alimentos.

Extrusión.- Según Colina, (2013) citado por Cerón et al., 2016, la extrusión es un proceso tecnológico muy versátil utilizado en la agroindustria puesto que permite que el alimento alcance su cocción de manera rápida, continua y homogénea. En la extrusión de alimentos se alcanza altas temperaturas durante un tiempo corto, permitiendo modificar las propiedades funcionales como la solubilidad, la gelatinización, la textura, las características sensoriales, así como también desnaturalizando e inactivando factores anti nutricionales.

Gelatinización.- Para Jiménez & Martínez (2016), La gelatinización del almidón es un proceso en el cual, el almidón se pasa de un estado ordenado a un estado desordenado en el que se absorbe calor en presencia de agua.

Harina extruida.- Se denomina harinas extruidas son aquellas que han sido sometidas a extrusión (Aylas, 2017). La extrusión genera muchos efectos sobre un alimento, por ejemplo, uno de los efectos sobre las harinas es la gelatinización del almidón, con la cual se obtiene un producto de preparación instantánea de buena digestibilidad (Repo carrasco, 1998).

Índice de absorción de agua.- El Índice de absorción de agua es una medida expresada en forma de porcentaje, que representa la cantidad de agua absorbida por los gránulos de almidón al hincharse a medida que se incrementa la temperatura básicamente en el rango comprendido entre 70°C y 90°C. Como resultado del aumento de temperatura, se rompen los enlaces tipo puente de hidrógeno permitiendo una absorción progresiva de agua (Lajolo & Wenzel, 2006).

Índice de solubilidad.- Se trata de la capacidad de una cierta sustancia para disolverse en otra. Por ejemplo, el índice de solubilidad es la capacidad que tiene el almidón de reaccionar con agua y disolverse en ella, igualmente indica el grado de asociación existente entre los polímeros del almidón amilosa/amilopectina (Araujo et al., 2004).

Metodología de Taguchi.- La metodología de diseños robustos es una técnica propuesta por Taguchi para mejorar la calidad de productos al reducir su variabilidad, esta técnica se enfoca en hacer el proceso insensible a los factores de ruido (Pizarro et al., 2015). Los factores de ruido Los factores de ruido son variables no controlables que pueden causar una apreciable variabilidad en el proceso, el producto o el servicio. (Besterfield, 2009)

Omega 3 y 6.- Los ácidos grasos omega 3 y omega 6 son ácidos grasos esenciales para el ser humano debido a que nuestro organismo no tiene la capacidad enzimática necesaria para biosintetizarlos (Burr & Burr 1930) citado por Valenzuela et al., (2011).

Poder de hinchamiento.- El poder de hinchamiento es una propiedad está en relacionado con la capacidad de absorción de agua que tienen los diferentes tipos de almidones. Para Garnica et al., 2010, el poder de hinchamiento de los almidones es una propiedad de su contenido de amilopectina, siendo la amilosa un diluyente e inhibidor del hinchamiento.

Torta de sachá inchi. - Subproducto generado de la extracción del aceite de la semilla de sachá inchi por prensado.

Torta de castaña. - Subproducto generado de la extracción del aceite de la semilla de castaña por prensado.

Alimento instantáneo. - Alimentos que están aptos para consumir luego de añadir agua.

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis de la investigación

3.1.1 Hipótesis general

Si se determina la proporción óptima de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) y de Castaña (*Bertholletia excelsa*) se obtendrá una bebida nutricional instantánea con un alto valor proteico, buena aceptabilidad y solubilidad.

3.1.2. Hipótesis específica

- Las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de Castaña que se utilizan para la elaboración de una bebida nutricional instantánea, tienen un porcentaje de proteína mayor a 12.68 %.
- La aplicación de la metodología de Taguchi en la elaboración de la bebida nutricional instantánea permite determinar los efectos de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de Castaña, de Cacao en polvo y Goma Guar sobre su aceptabilidad en el análisis sensorial.
- La aplicación de la metodología de superficie de respuesta permite obtener la proporción óptima de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de Castaña, de Cacao en polvo y Goma Guar en la bebida nutricional instantánea.
- La bebida nutricional instantánea cubre más del 5 % del Valor diario recomendado de proteína por la FDA (2017), además cumple con los criterios microbiológicos de la RM 591-2008/MINSA y cubre más del 70 % de aminoácidos del Patrón de la FAO (2011)

3.2 Variables de la investigación

3.2.1. Variable Independiente

- Proporción de la harina extruida de la torta de sachá inchi, harina extruida de la torta de castaña, cacao en polvo y goma guar de la bebida nutricional instantánea.

3.2.2. Variables Dependientes

- Valor proteico
- Aceptabilidad
- Índice de Solubilidad

3.3 Operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONSTITUTIVA	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE DIMENSIÓN	INSTRUMENTO
V.I	Proporción de la harina extruida de la torta de castaña, harina extruida de la torta de sachá inchi, cacao orgánico en polvo y goma guar de la bebida nutricional instantánea	Proporción adecuada de los componentes para la elaboración de la bebida nutricional instantánea	Cantidad de cada insumo que se mezclan para elaborar la bebida nutricional instantánea	Cuantitativo	Porcentaje	Harina extruida de la torta de sachá inchi	Porcentaje (%)	Balanza
						Harina extruida de la torta de castaña		
						Cacao en polvo		
						Goma guar		
V.D	Aceptabilidad	Atributos sensoriales que tiene un producto que garantizan su aceptación o rechazo en el consumidor	Escala de valoración hedónica	Cuantitativo	Ordinal	Me disgusta mucho Me disgusta moderadamente Me disgusta poco No me gusta ni me disgusta Me gusta poco Me gusta moderadamente Me gusta mucho	1 2 3 4 5 6 7	Ficha de prueba sensorial
	Valor proteico	Medida del porcentaje de proteínas que se incorpora a las proteínas del cuerpo	Cantidad de la proteína presente en un alimento	Cuantitativo	Porcentaje	Mayor valor presente de formulación óptima	Porcentaje (%)	Equipo Khendal
	Índice de solubilidad	Capacidad de una sustancia para disolverse al mezclarse con un líquido	Relación entre el peso de la cantidad soluble y el peso inicial de la muestra	Cuantitativo	Relación entre el peso de la cantidad soluble y el peso inicial de la muestra	% de solubilidad	Porcentaje (%)	Centrifugador

Fuente: Elaboración propia (2018).

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación será:

- **Aplicada**, porque el propósito es resolver un problema de naturaleza práctica, buscando aprovechar las tortas de sachá inchi y de castaña consideradas un residuo de la industria aceitera. Estas serán utilizadas en la elaboración de una bebida nutricional instantánea a base de la harina extruida de torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y harina extruida de torta de castaña (*Bertholletia excelsa*) saborizada con cacao en polvo mediante las adecuadas proporciones de los componentes aplicando los resultados.
- **Transversal**, porque se evalúa el evento una vez ocurrida la manipulación.
- **Cuantitativa**, porque en la investigación se utilizará escalas cuantitativas para la elección de una bebida nutricional instantánea óptimo.
- **Experimental**, porque será seleccionado, siguiendo un modelo, la variable independiente proporción de los ingredientes de la bebida nutricional instantánea se manipulará para provocar cambios esperados en las variables dependientes: Valor proteico, aceptabilidad general e índice de Solubilidad.

En la Tabla 4.1 y en la Tabla 4.2 de la página 55 se muestra el diseño utilizado en la presente investigación:

TABLA N° 4.1
DISEÑO EXPERIMENTAL DE TAGUCHI

ARREGLO ORTOGONAL L₈ (2⁴)				
Tratamiento	Sacha inchi	Castaña	Cacao	Goma Guar
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2
3	1	2	1	2
4	1	2	2	1
5	2	1	1	2
6	2	1	2	1
7	2	2	1	1
8	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia (2018).

TABLA N° 4.2
DISEÑO EXPERIMENTAL DEL DISEÑO CETRAL COMPUESTO
ROTABLE ORTOGONAL

TRATAMIENTO	FACTORES	
	Castaña	Goma Guar
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	-1.414	0
6	1.414	0
7	0	-1.414
8	0	1.414
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0	0

Fuente: Elaboración propia (2018).

4.2. Población y Muestra

4.2.1. Población

- Se tiene 30 Kg de harina extruida de la torta de sachá inchi y 30 Kg harina extruida de la torta de castaña obtenidos de la empresa Complementos y Suplementos Orgánicos del Perú.
- 5 kg de Cacao en polvo de la marca Eurolatin.
- 1kg de Goma Guar de la marca Montana.

4.2.2. Muestra

- Se tiene 2 Kg de harina extruida de la torta de sachá inchi y harina extruida de la torta de castaña.
- 1 kg de cacao en polvo.
- 500 g de goma guar.

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información

documental

Tesis de pre grado y post grado, papers, revistas científicas, Norma Codex Alimentarius y FDA.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información de

campo

La experimentación en esta investigación nos permitió recopilar los datos a partir de la manipulación intencional de la variable independiente (proporción de la harina extruida de la torta de sachá inchi, harina extruida de la torta de castaña, cacao en polvo y goma guar de la bebida nutricional instantánea) la cual se analizó su influencia respecto a las variables dependientes (valor proteico, aceptabilidad e índice de solubilidad). Esto se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Químico, Laboratorio de Microbiología y en la Planta Piloto del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustria (IIEA) de la UNAC.

A continuación, se detalla los métodos de análisis realizados en la investigación.

Análisis fisicoquímicos

- ✓ Determinación de Humedad (Método AOAC 934.06, 1998)

Se pesó 5 g de muestra (m_1) en una placa petri previamente pesada (m_0) y se introdujo la placa en una estufa a una temperatura de 130°C hasta peso y se fue pesando hasta que alcance un peso constante (m_2). El ensayo se realizó por triplicado y el resultado se expresó en:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

- ✓ Determinación de Grasas (Método AOAC 920.85, 1998)

Se pesó los vasos de extracción, que van a contener el solvente éter de petróleo. Se pesó 3 g de muestra y colocamos el papel filtro de forma circular dentro de un cartucho de celulosa de manera que se reciba la muestra pesada. Se instaló el equipo extractor de grasa (Soxhlet) y se midió 40 ml del solvente éter de petróleo en los vasos de extracción. Posteriormente se abre la llave del flujo de agua para el condensador y procedemos a encender el equipo estableciendo una temperatura de calentamiento de la parrilla a 110°C. La extracción de grasa se da en 3 etapas “inmersión”, “washing” y “recover” con tiempos de 60 minutos, 60 minutos y 30 minutos respectivamente. Al finalizar el ensayo, se retiran los vasos y se eliminó el solvente residual en una campana extractora y se pesaron los vasos y por diferencia se tuvo el peso de grasa extraída. El ensayo se realizó por triplicado y el resultado se expresó en:

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{W_{\text{grasa extraída}}}{W_{\text{Muestra}}} \times 100$$

- ✓ Determinación de Proteínas (Método AOAC 955.04, 1998)

El procedimiento que se realizó se lleva a cabo en 4 etapas: digestión, neutralización, destilación y titulación.

La digestión de la muestra se llevó a cabo en una campana extractora para lo cual se pesó 0.2 g de muestra y 0.8 g de la mezcla digestora y se introdujo en un matraz Kjeldahl adicionándole lentamente 15 ml de ácido sulfúrico concentrado Q.P. Luego se encendió el extractor Kjeldahl marca Velp Científica y se colocó el matraz dentro de las parrillas para que dé paso a la digestión de la muestra.

Se mantuvo el calentamiento hasta que la solución contenida en el matraz Kjeldahl se volvió un color turquesa claro y se dejó enfriar. Posteriormente, en la etapa de neutralización se adicionó lentamente 15 ml de NaOH al 45 % y 10 ml de agua destilada al matraz y se procedió a realizar la destilación en el equipo de destilación Kjeldahl a una temperatura de 80°C, donde se colocó el matraz Kjeldahl y procediendo a abrir la llave de agua de entrada al refrigerante, verificando que esté circulando adecuadamente. Finalmente, se procedió a titular el destilado obtenido con solución de HCl (0.1N). El ensayo se realizó por triplicado y el resultado se expresó siguiendo la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{\text{mEq N} \times N_{\text{HCl}} \times V_{\text{gasto HCl } 0,1 \text{ N(ml)}}}{W_{\text{muestra (g)}}} \times 100$$

✓ Determinación de Cenizas (Método AOAC 940.26, 1998)

Se pesó 2 g de muestra (m_1) en un crisol de porcelana previamente curado y pesado (m_0), luego se colocó el crisol en un mufla y se incineró la muestra a 400°C y posteriormente se cerró por completo la puerta de la mufla y se dejó incinerar a 550°C por 5 horas hasta obtener cenizas blancas o grisáceas. Al culminar el tiempo de incineración, se llevaron las muestras a una campana desecadora, donde se dejó enfriar y finalmente se pesó el crisol (m_2). El ensayo se realizó por triplicado y el resultado se expresó en:

$$\text{Cenizas Totales (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

✓ Determinación de Carbohidratos

Se determinó mediante la siguiente formula:

$$\text{Carbohidratos} = 100\% - \%(\text{humedad} + \text{proteína} + \text{ceniza} + \text{fibra} + \text{grasa})$$

✓ Determinación de Fibra cruda (Método AOAC. 962.09)

El procedimiento que se realizó se lleva a cabo en 2 etapas: digestión ácida y digestión alcalina.

En una balanza analítica, se pesó 4 g de muestra libre de grasa y se colocó en un vaso precipitado de 600 ml añadiéndole 200ml de H₂SO₄ al 1.25 % y se puso a hervir durante 30 minutos. Luego se filtró usando un papel filtro libre de cenizas y se lavó con agua destilada caliente de forma cuidadosa. Posteriormente, en la digestión alcalina, se adiciona al residuo filtrado y lavado 200 ml de NaOH al 1.25 % y vuelve a hervir por 30 minutos en otro vaso precipitado de 600 ml. Luego se filtró y se lavó con agua destilada caliente. Finalmente, el papel filtro se llevó a una temperatura de 100°C por 2 horas dentro de una estufa y el residuo seco se pesó (P₁) en un crisol y se llevó a incinerar en una mufla a 550°C hasta obtener cenizas de color blanco, anotando después el peso de las cenizas (P₂). El ensayo se realizó por triplicado y el resultado se expresó siguiendo la siguiente ecuación:

$$\text{Fibra cruda (\%)} = \frac{P_1 - P_2}{W_{\text{muestra}}} \times 100$$

✓ Determinación del Perfil de Aminoácidos – HPLC

Fue realizado en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo (LID) de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) y el certificado del análisis se muestra en el ANEXO XXXI de las páginas 146 y 147.

✓ Determinación del Índice de solubilidad: Método modificado de Anderson et al., (1969) y Cano et al., (2005).

El método se detalla en el ANEXO II de la página 117.

Análisis microbiológicos

- ✓ Aerobios Mesofilos: Método ISO 4833-1:2003

Se vertió 1 ml de cada dilución por duplicado en placas petri estériles y se agregó de 15 ml de Agar Plate Count estéril temperado a 45°C. Se mezcló mediante agitación manual (movimientos circulares) para lograr homogenizar cuidadosamente y se dejó enfriar. Al solidificarse el agar, se invirtieron las placas petri y se incubaron a 37°C por 48 horas. Se contaron las colonias, se multiplicó por el factor de dilución correspondiente y se reportó en "UFC / g de muestra.

- ✓ Mohos: Método ISO 21527:2008

Se vertió 1 ml de cada dilución por duplicado en placas petri estériles y se agregó de 15 ml de Agar OGY estéril y temperado a 45°C mezclado con Oxitetraciclina preparado en condiciones estériles. Se mezcló mediante agitación manual (movimientos circulares) para lograr homogenizar cuidadosamente y se dejó enfriar. Al solidificarse el agar, se invirtieron las placas petri y se incubaron a 25°C por 48 horas. Se contaron las colonias, se multiplicó por el factor de dilución correspondiente y se reportó en "UFC / g de muestra.

- ✓ Coliformes: Método ISO 4832:2006

Se vertió 1 ml de cada dilución por duplicado en placas petri estériles y se agregó 12 ml de Agar violeta, rojo y bilis (VRB) temperado a 45°C. Se mezcló mediante agitación manual (movimientos circulares) para lograr homogenizar cuidadosamente y se dejó enfriar. Posteriormente se adicionó 5 ml más de agar temperado a 45°C y una vez solidificado, se invirtieron las placas petri y se incubaron a 37°C durante 24 horas. Para su posterior reconocimiento de las colonias se tuvo en consideración su aspecto rojo ladrillo eventualmente rodeado de bilis, aspecto característico por el medio de cultivo utilizado. Se reportó en "UFC / g de muestra.

✓ Determinación de *Bacillus cereus*: Método ISO 7932, 2005

Se vertió 0.1 ml de cada dilución por duplicado en placas petri estériles y se agregó de 15 ml de Agar MYP temperado a 45°C. Se mezcló mediante agitación manual (movimientos circulares) para lograr homogenizar cuidadosamente y se dejó enfriar. Al solidificarse el agar, se invirtieron las placas petri y se incubaron a 37°C / 24h. Luego de paso el tiempo se Pico 5 colonias y se transfirió por estrías a placas de Agar nutritivo, luego se procedió a incubar a 30 ± 2°C / 24 h. Transferir cultivo a tubos que contienen 0,5 ml de agua de dilución buffer fosfato, suspenda el cultivo y mezcle en vortex. Inocular 0.1ml del tubo al agar tirosina e incubar a 35 ± 2°C / 24h por 7 días. Las colonias se reportaron en "UFC / g de muestra.

✓ Determinación de *Salmonella* sp: Método AOAC 989.13

Se pesa 25 g de muestra y se agrega 225 ml de caldo ENDO en una bolsa estéril y se homogeniza en el Stomacher. La mezcla se incuba a 30°C / 24 h. Posteriormente se tiene preparado tubos con caldo selenito y tetrionato y transferimos diluciones en cada caldo respectivamente, homogenizando manualmente y se tomaron 2 tubos de cada caldo y otros 2 tubos por igual dejándose incubar a 37°C y 42°C respectivamente por 24 h. Posteriormente se realiza la siembra por estrías en placas con 4 divisiones plaqueadas con agar SS y XLD utilizando asa de siembra. Finalmente, las placas se incuban a 37°C y a las colonias que crecen se le realizará las pruebas bioquímicas correspondientes.

4.5. Procedimientos de recolección de datos.

4.5.1. Obtención de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y Castaña.

Los pellets de las tortas de sachá inchi y de castaña fueron donadas por la empresa Comercio Alternativo de Productos No Tradicionales y Desarrollo para Latino América Perú (CANDELA Perú), las cuales pasaron por las siguientes etapas, tal como se muestra en el ANEXO I de la página 117.

a) Pesado

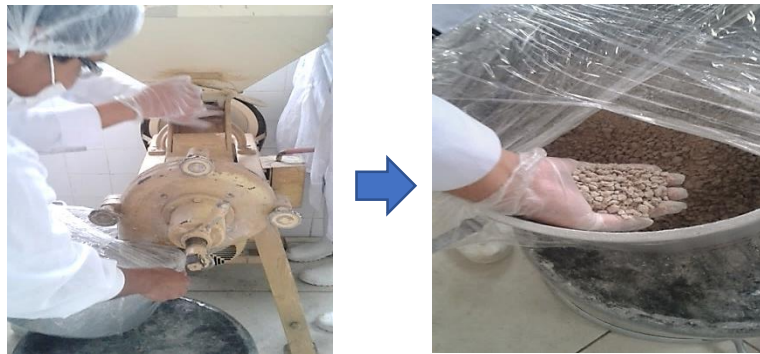
Las tortas de sachá inchi y castaña se pesaron en una balanza de plataforma (METRIPOND S/S).

b) Molienda

Las tortas previamente pesadas fueron molidas en un molino de platos (BUCHER S/S) de la planta piloto del Instituto de Investigación de Especialización en Agroindustrias (IIEA), a una velocidad de 1750 RPM y con una distancia entre los platos de 1.05cm.

FIGURA N° 4.1

MOLIENDA DE TORTA DE SACHA INCHI Y TORTA DE CASTAÑA



Fuente: Elaboración propia, (2017).

c) Tamizado

Se tamizaron las tortas molidas para obtener pellets con una granulometría comprendida entre 2.0 mm a 3.0 cm.

FIGURA N° 4. 2

TAMIZADO DE TORTA DE SACHA INCHI Y TORTA DE CASTAÑA



Fuente: Elaboración propia, (2017).

d) Extrusión

Las tortas de sachá inchi y castaña fueron extruidas en un extrusor (ETT-1000X) en la empresa Complementos y Suplementos Orgánicos del Perú, obteniendo de esta manera la torta extruida de sachá inchi y la torta extruida castaña.

FIGURA N° 4.3

EXTRUSION DE TORTA DE SACHA INCHI Y TORTA DE CASTAÑA



Fuente: Elaboración propia, (2017).

e) Molienda -Tamizado

Las tortas extruidas fueron molidas en el molino de martillos (MNT 455RX) de la empresa Complementos y Suplementos Orgánicos del Perú obteniéndose las harinas extruidas de sachá inchi y castaña con una granulometría 0.25 mm

FIGURA N° 4.4

MOLIENDA Y TAMIZADO DE LAS TORTAS EXTRUIDAS DE SACHA INCHI Y CASTAÑA



Fuente: Elaboración propia, (2017).

4.5.2. Caracterización de las harinas extruidas.

La metodología que se utilizó para la caracterización de las harinas extruidas de se detalla según el acápite 4.4.1 y en el ANEXO III de la página 119 se muestra la realización de estos análisis.

Los resultados obtenidos se compararon con los datos teóricos de la harina extruida de maca.

4.5.3. Determinación de niveles del diseño experimental de Taguchi.

Para determinar el nivel de goma guar se utilizó los datos de la Tabla N° 4.3 dados por el CODEX STAN 192-1995.

TABLA N° 4.3
NORMA GENERAL PARA ADITIVOS ALIMENTARIOS - GOMA GUAR

GOMA GUAR SIN 412 Goma Guar Clases Funcionales: Emulsionantes, Estabilizantes, Espesantes				
No/Cat/Alim	Categoría de alimento	Dosis máxima	Notas	Año adoptado
14.1.5	Café, sucedáneos del café, té, infusiones de hierbas y otras bebidas a base de cereales y granos, excluido el cacao	BPF	160	2014
Buenas prácticas de fabricación (BPF) Todos los aditivos alimentarios regulados por las disposiciones de esta Norma se emplearán conforme a las condiciones de buenas prácticas de fabricación, que incluyen lo siguiente: a) La cantidad de aditivo que se añada al alimento se limitará a la dosis mínima necesaria para obtener el efecto deseado; b) La cantidad de aditivo que pase a formar parte del alimento como consecuencia de su uso en la fabricación, elaboración o envasado de un alimento y que no tenga por objeto obtener ningún efecto físico o técnico en el alimento mismo, se reducirá en la mayor medida que sea razonablemente posible; c) El aditivo será de una calidad alimentaria apropiada y se preparará y manipulará de la misma forma que un ingrediente alimentario. Nota 160: Solo para uso en productos listos para tomar y pre mezclas de productos listos para tomar.				

Fuente: CODEX STAN 192-1995 (2018).

Con lo citado en la Tabla N° 4.3, se realizó una prueba sensorial diluyendo la goma guar en 50 ml de leche modificada UHT “La preferida”, utilizando el diseño de la Tabla N° 4.4 en donde se determinó el nivel y la escala apropiados para la formula base del diseño de Taguchi (ANEXO IV de la página 120)

TABLA N° 4.4
DISEÑO DE PRUEBA PRELIMINAR DE LA GOMA GUAR

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
0.03%	0.08%	0.13%

Fuente: Elaboración propia (2018)

Para determinar el nivel de cacao en polvo se realizó una prueba sensorial diluyendo el cacao en polvo en 50 ml de leche modificada UHT “La preferida”, utilizando el diseño de la Tabla N° 4.5, en donde se determinó el nivel y la escala apropiados para la formula base del diseño de Taguchi.

TABLA N° 4.5
DISEÑO DE PRUEBA PRELIMINAR DEL CACAO EN POLVO

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
0.1%	0.4%	0.7%

Fuente: Elaboración propia (2018)

Los niveles escogidos en la prueba preliminar están en función de la leche por lo tanto estos niveles se tuvieron que pasar a % en función de la bebida nutricional instantánea (polvo). Esto se realizó tomando en cuenta la proporción de Polvo/leche: 2%.

Finalmente, para determinar los niveles de las harinas extruidas de las tortas de sachu inchi y castaña se tuvo en consideración el contenido proteico, por lo tanto el nivel de la harina extruida de torta de sachu inchi fue mayor que el de la harina extruida de torta de castaña, puesto que la harina extruida de la torta de sachu inchi es la que presenta mayor contenido proteico.

4.5.4. Selección de los panelistas

Para la elección de los panelistas, esos pasaron por 2 filtros. El primer filtro consistió en una evaluación de selección utilizando la cartilla presente en el ANEXO V de la página 121. La información recolectada en esta cartilla nos permitió seleccionar los panelistas que consumían leche. Posteriormente, con estas personas se realizó un segundo filtro, en donde se eligió a las que consumían el mismo grado de dulzor utilizando la cartilla presente en el ANEXO VI de la página 122, obteniéndose 32 panelistas para realizar las evaluaciones sensoriales (ANEXO IX de la página 125) utilizando la cartilla del ANEXO VII de la página 123 para el diseño de Taguchi y la cartilla del ANEXO VIII de la página 124 para el Diseño Central Compuesto.

4.5.5. Elección de la variable respuesta prioritaria.

Se eligió la variable aceptabilidad general como variable respuesta prioritaria en vista de que, aunque el producto tenga alto contenido de proteínas o altamente soluble, este ya no tendría importancia si no fuera aceptado por él consumidor. En la Tabla N° 4.6, se muestra el diseño de la prueba preliminar para determinar el orden de importancia del contenido proteico y del índice de solubilidad. Los tratamientos que se utilizaron para la prueba preliminar fueron del diseño de Taguchi, los cuales se detallan en la Tabla N° 4.7 de la página 67.

TABLA N° 4.6
DISEÑO PRELIMINAR PARA ANÁLISIS DE PROTEÍNA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD

TRATAMIENTO	SACHA INCHI	CASTAÑA	CACAO	GOMA GUAR
2	38%	23%	33%	5%
3	41%	47%	9%	3%
6	29%	43%	25%	3%
8	45%	21%	30%	3%

Fuente: Elaboración Propia (2018).

4.5.6. Determinación de los factores significativos.

Una vez determinado la variable respuesta prioritaria (aceptabilidad general) y los niveles de los factores, se diseñó el arreglo ortogonal $L_8 (2^4)$ del método de Taguchi tal como se presenta en la Tabla N° 4.7

Este diseño nos permitió estudiar el efecto de los factores principales y de interacción. Por cada tratamiento se obtuvo los atributos olor, color, sabor, sedimentación, consistencia y las variables respuestas aceptabilidad general, contenido proteico e índice de solubilidad.

Los resultados de los tratamientos del Arreglo Ortogonal $L_8 (2^4)$ para las variables aceptabilidad general y sus atributos se procesaron estadísticamente bajo la condición "Mayor es Mejor" (mientras mayor es la variable respuesta es mejor) del método de Taguchi empleando el software estadístico Minitab versión 18. A través de este Software se obtuvo el análisis de varianza (ANOVA) el cual identificó los efectos significativos de los factores en estudio con un nivel de significancia de 95 % ($p < 0,05$), así como también los gráficos y cuadros donde se obtuvieron los efectos para los promedios, siendo significativos aquellos factores que presentaron un valor $p < 0,05$. Asimismo, los niveles de los factores significativos elegidos fueron aquellos que proporcionaron los máximos valores de aceptabilidad general.

TABLA N° 4.7

DISEÑO DEL ARREGLO ORTOGONAL $L_8 (2^4)$ DEL METODO TAGUCHI

TRATAMIENTO	FACTORES			
	A	B	C	D
1	35	21	10	3
2	35	21	30	5
3	45	51	10	3
4	45	51	30	5
5	35	51	10	5
6	35	51	30	3
7	45	21	10	5
8	45	21	30	3

Fuente: Elaboración Propia (2018)

4.5.7. Determinación de los modelos ajustados.

En esta etapa se consideraron las variables respuesta de aceptabilidad general, contenido proteico e índice de solubilidad.

Los modelos fueron ajustados considerando los factores y niveles de estudio de la Tabla N° 4.8 con el diseño de la Tabla N° 4.9

TABLA N° 4.8
FACTORES Y SUS NIVELES EMPLEADOS PARA EL DCCRO

FACTORES	NIVELES				
	-1.414	-1	0	1	1.414
A: Castaña	43.93	46	51	56	58.07
B: Goma Guar	1.59	2	3	4	4.41

Fuente: Elaboración Propia (2018).

TABLA N° 4.9
DCCR SEGÚN LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

TRATAMIENTO	FACTORES	
	A	B
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	-1.414	0
6	1.414	0
7	0	-1.414
8	0	1.414
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	0	0
13	0	0
14	0	0
15	0	0
16	0	0

Fuente: Elaboración propia (2018).

4.5.8. Determinación de la condición óptima.

Una vez establecido los modelos ajustados para cada variable de respuesta, se maximizó la aceptabilidad general y el contenido proteico teniendo como valor objetivo de 16% para el índice de solubilidad, para encontrar la bebida nutricional instantánea óptima con un índice de deseabilidad mayor a 0.6.

4.5.9. Validación de la estimación de la condición óptima

Se realizó una prueba una prueba t-student con los valores observados y estimados para determinar si estos tienen una diferencia significativa.

4.5.10. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la bebida nutricional instantánea óptima.

Obtenida la formulación óptima se pesará una muestra de 500g y se mandó al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad nacional Agraria la Molina (LENA – UNALM) para su análisis microbiológico y químico proximal. Estos resultados se compararon con los valores recomendados dados por la FDA (ANEXO XXI de la página 137) para el análisis químico proximal y la RM-N591-2008/MINSA del ANEXO XXIII de la página 139 para el análisis microbiológico. En cuanto el aminograma se envió 200g para su análisis a la Unidad de Investigación en Productos Naturales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia y de los resultados obtenidos se compararon con el patrón de la FAO (2011).

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Caracterización de las Harinas Extruidas de la torta de sachá inchi y Castaña.

En la Tabla N° 5.1 se muestran los resultados la caracterización fisicoquímica de las harinas extruidas.

TABLA N° 5.1
RESULTADOS FISICOQUÍMICOS

DETERMINACIONES	HETSI	HETC
Humedad (%)	2.13	6.13
Carbohidratos (%)	25.54	31.17
Ceniza (%)	5.96	8.88
Grasa (%)	6.82	5.82
Proteínas (%)	55.54	42.44
Fibra (%)	4.01	5.56

*HETSI (Harina extruida de la torta de sachá inchi).

HETC (Harina extruida de la torta de castaña).

HEQ (Harina extruida de quinua).

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.1.2. Determinación de niveles del diseño experimental de Taguchi.

En la Tabla N° 5.2 se muestra los niveles escogidos de la prueba preliminar y la conversión de estos niveles para la fórmula base.

TABLA N° 5.2
NIVELES DE LA PRUEBA PRELIMINAR

FACTOR	NIVEL	CONVERSIÓN PARA LA FORMULA BASE
Cacao	0.4%	$\frac{0.4 * 100}{2}$
Goma Guar	0.08%	$\frac{0.08 * 100}{2}$

Fuente: Elaboración propia (2018).

En la Tabla N° 5.3 se muestran los niveles utilizados en el diseño de Taguchi.

**TABLA N° 5.3
NIVELES DEL DISEÑO DE TAGUCHI**

FACTORES	FORMULA BASE (%)	Escala (%)	NIVELES	
F1: SACHA INCHI	40	5	35	45
F2: CASTAÑA	36	15	21	51
F3: CACAO	20	10	10	30
F4: GOMA GUAR	4	1	3	5

Fuente: Elaboración propia (2018).

5.1.3. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la bebida nutricional instantánea óptima.

En la Tabla N° 5.4 se muestra el resultado del análisis proximal enviado para analizar al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad nacional Agraria la Molina (LENA – UNALM).

**TABLA N° 5.4
ANÁLISIS PROXIMAL DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA
ÓPTIMA**

DETERMINACIONES	CANTIDAD (%)
Humedad (%)	3.66
Carbohidratos (%)	29.29
Ceniza (%)	7.65
Grasa (%)	6.95
Proteínas (%)	47.99
Fibra (%)	4.46

Fuente: LENA-UNALM, (2018).

En el ANEXO XXIII de la página 139 se muestra el procedimiento del análisis microbiológico realizado en el laboratorio de microbiología del IIEA y los resultados se muestran en la Tabla N° 5.5 de la página 72 expresados en UFC.

TABLA N° 5.5
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

MICROORGANISMOS	RECUESTO
Aerobios mesófilos	5 x 10 ³ UFC/g
Mohos	10 UFC/g
Coliformes	<1 UFC/g
Bacillus cereus	<1 UFC/g
Salmonella sp.	Ausencia/25g

Fuente: Elaboración propia, (2018).

El perfil de aminoácidos de la bebida nutricional instantánea óptima se muestra en la Tabla N° 5.6 enviado para analizar al laboratorio de investigación y desarrollo de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

TABLA N° 5.6
PERFIL DE AMINOÁCIDOS

AMINOÁCIDOS	mg/g de muestra
Isoleucina	1.07 ± 0.04
Leucina	7.22 ± 0.22
Lisina	2.45 ± 0.06
Metionina + Cisteína	59.76 ± 1.33
Fenilalanina +Tirosina	43.43 ± 0.9
Treonina	1.01 ± 0.02
Triptófano	2.12 ± 0.06
Valina	2.27± 0.02
Histidina	3.23 ± 0.13
Fenilalanina	11.81 ± 0.22
Cisteína	56.98 ± 1.26
Lisina	2.45 ± 0.06
Histidina	3.23 ± 0.13
Tirosina	31.62 ± 0.68

Fuente: Laboratorio de Investigación y Desarrollo - UPCH (2018).

En la Tabla N° 5.7 de la página 73 se muestra el cómputo químico de la bebida nutricional óptima, observándose que los aminoácidos aromáticos y azufrados cubren más del 100% de lo exigido por la FAO (2011).

TABLA N° 5.7**CÓMPUTO QUÍMICO DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA**

	Isoleucina	Leucina	Lisina	SAA	AAA	Treonina	Triptofano	Valina	Histidina
mgAA/g proteína	2.23±0.08	15.08±0.46	5.12±0.13	124.8±2.78	99.05±1.88	2.11±0.04	4.43±0.13	4.74±0.04	6.75±0.27
PATRON(FAO, 2011)	30.00	61.00	48.00	23.00	41.00	25.00	6.60	40.00	16.00
COMPUTO QUIMICO (%)	7.43±0.27	24.72±0.75	10.67±0.27	542.60±12.09	241.59±4.59	8.44±0.16	67.12±1.967	11.85±0.1	42.19±1.69

Fuente: Elaboración Propia, (2018).

En la Tabla N° 5.8 se muestra los valores diarios recomendados en base a una dieta de 2000 calorías para una ración de 6g utilizándose como patrón la FDA (2009).

TABLA N° 5.8**VALOR DIARIO RECOMENDADO DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA**

COMPONENTES	RACIÓN DE 6 g	VALOR DIARIO RECOMENDADO
Proteína	2.88	6 %
Grasa	0.42	0.6 %
Carbohidrato	1.76	0.6 %

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.2. Resultados Inferenciales**5.2.1. Elección de la variable respuesta prioritaria.**

En la Tabla N° 5.9 de la página 74 se muestran las desviaciones estándar de las variables respuesta contenido proteico e índice de solubilidad, las cuales son utilizadas para determinar el orden de estas variables.

TABLA N° 5.9
DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL VALOR PROTEICO E ÍNDICE DE
SOLUBILIDAD

REPLICA	TRATAMIENTO	VALOR PROTEICO	ÍNDICE DE SOLUBILIDAD
1	2	37.89%	15.28%
	3	45.77%	14.60%
	6	39.67%	14.68%
	8	40.48%	14.00%
2	2	37.77%	16.06%
	3	45.57%	14.22%
	6	39.59%	14.30%
	8	40.31%	15.04%
3	2	37.62%	16.20%
	3	45.53%	14.36%
	6	39.46%	14.40%
	8	40.17%	15.02%
Desviación Estándar		0.03	0.01

Fuente: Elaboración propia, (2018).

De esta manera el orden de prioridad de las variables respuesta es la siguiente:

1. Aceptabilidad.
2. Valor Proteico.
3. Índice de Solubilidad.

5.2.2. Determinación de los factores significativos.

Los resultados de aceptabilidad, Valor proteico e índice de solubilidad se muestran desde el ANEXO X de la página 126 hasta el ANEXO XVII de la página 133. Para determinar los factores significativos se consideró la variable respuesta aceptabilidad por ser la variable prioritaria. En la Tabla N° 5.10 de la página 75 se observan los resultados de los promedios, la desviación estándar de la variable aceptabilidad general de la bebida nutricional instantánea obtenida según el arreglo ortogonal $L_8 (2^4)$ del método de Taguchi.

TABLA N° 5.10
PUNTAJES DE ACEPTABILIDAD GENERAL SEGÚN EL ARREGLO
ORTOGONAL L₈(2⁴) DEL MÉTODO DE TAGUCHI

TRATAMIENTO	FACTORES				ACEPTABILIDAD GENERAL	
	F1	F2	F3	F4	Desviación Estándar	Media
1	35	21	10	3	0.14	5.57
2	35	21	30	5	0.04	5.43
3	45	51	10	3	0.13	4.84
4	45	51	30	5	0.08	5.57
5	35	51	10	5	0.02	5.21
6	35	51	30	3	0.13	5.63
7	45	21	10	5	0.13	5.10
8	45	21	30	3	0.19	5.51

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.11 se muestra los efectos de los factores, donde los efectos más altos se observaron para el factor F1 y F3 con valores de 0.20 y 0.35 respectivamente.

TABLA N° 5.11
EFFECTO DE LOS FACTORES PRINCIPALES SOBRE LA MEDIA DE
ACEPTABILIDAD GENERAL

FACTOR	F1		F2		F3		F4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Media	5.57	4.84	5.57	4.84	5.57	5.43	5.57	5.43
	5.43	5.57	5.43	5.57	4.84	5.57	4.84	5.57
	5.21	5.10	5.10	5.21	5.21	5.63	5.63	5.21
	5.63	5.51	5.51	5.63	5.10	5.51	5.51	5.10
Promedio	5.46	5.26	5.40	5.31	5.18	5.53	5.39	5.33
Pro.Total	5.36							
Efecto	0.10	-0.10	0.05	-0.05	-0.18	0.18	0.03	-0.03
	0.20		0.09		0.35		0.06	

Fuente: Elaboración propia, (2018).

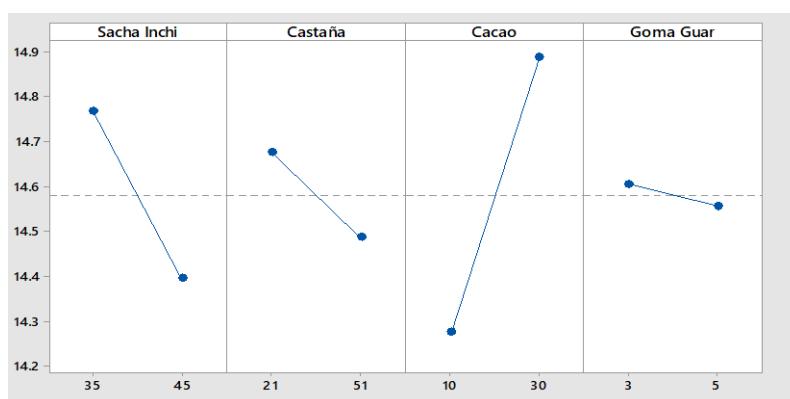
En la Tabla N° 5.12 se muestra los índices de S/R de los factores observándose que el Factor 1, 2 y 3 tiene efecto en la variabilidad del proceso (mezclado y análisis sensorial).

TABLA N° 5.12
ANÁLISIS DE VARIANZA DE RELACIONES S/R

FUENTE	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Sacha inchi	1	0.27490	0.274903	0.274903	664.58	0.025
Castaña	1	0.07061	0.070610	0.070610	170.70	0.049
Cacao	1	0.72921	0.729206	0.729206	1762.86	0.015
Goma Guar	1	0.00686	0.006857	0.006857	16.58	0.153
Sacha inchi*Cacao	1	0.20616	0.206161	0.206161	498.40	0.028
Castaña*Cacao	1	0.20862	0.208622	0.208622	504.35	0.028
Error residual	1	0.00041	0.000414	0.000414		
Total	7	1.49677				

Fuente: Elaboración propia, (2018).

GRÁFICO N° 5.1
GRÁFICO DE SEÑAL/RUIDO

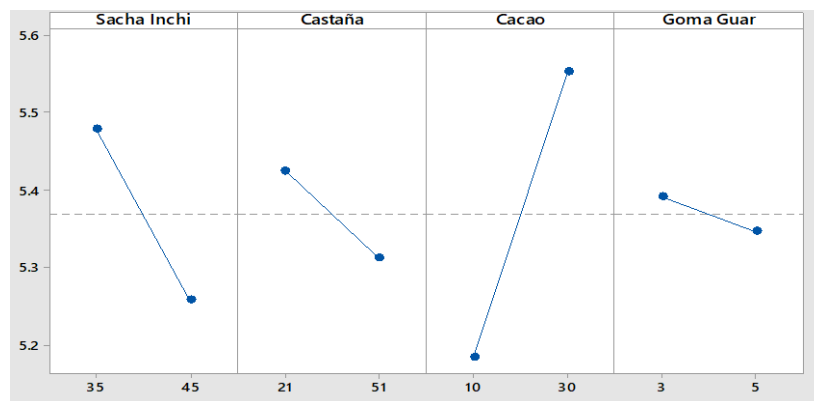


Fuente: Elaboración propia, (2018).

En el Gráfico N° 5.2 de la página 77, se muestra los efectos de los factores principales sobre el promedio de la variable respuesta aceptabilidad general. En el cual se puede observar que para los factores F1, F2, F3 y F4 se obtienen valores altos de aceptabilidad general con los siguientes niveles 1,1, 2 y 1 respectivamente.

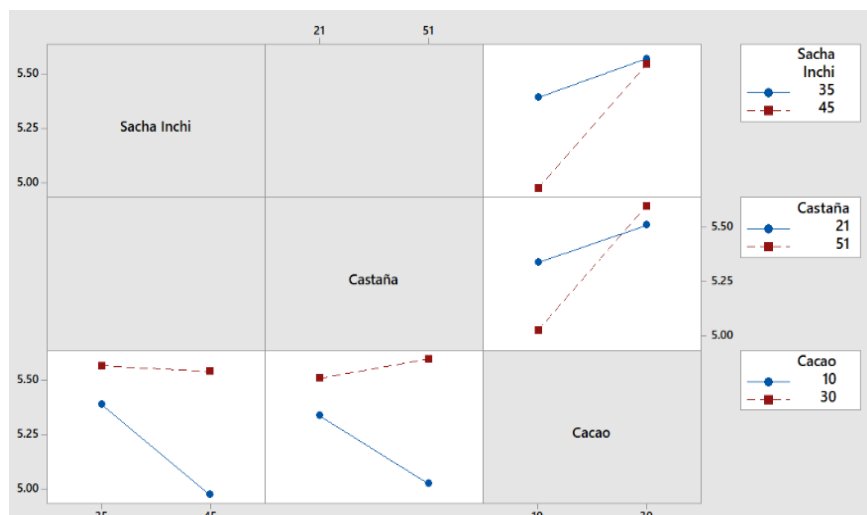
En el Gráfico N° 5.3 se observa que para la interacción de los factores F1*F3 y F2*F3 se obtienen los valores más altos de aceptabilidad general con los niveles 1*2 y 2*2 respectivamente.

GRÁFICO N° 5.2
GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA VARIABLE
ACEPTABILIDAD GENERAL



Fuente: Elaboración propia, (2018).

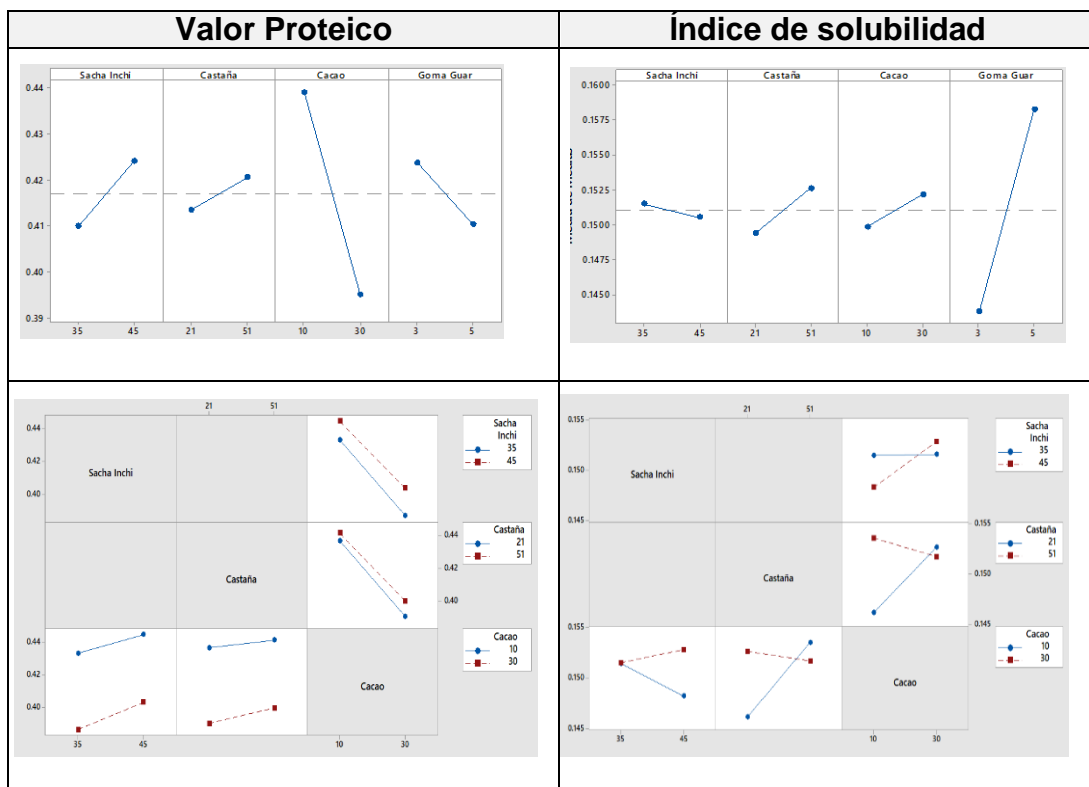
GRÁFICO N° 5.3
GRÁFICO DE INTERACCIÓN PARA LA VARIABLE ACEPTABILIDAD
GENERAL



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En el Gráfico N° 5.4 se observa que para los factores F1, F2, F3 y F4 se obtienen valores altos de proteína con los siguientes niveles 2, 2, 1 y 1 respectivamente, en el caso de índice de solubilidad este aumenta con los factores F1, F2, F3 y F4 trabajan con los siguientes niveles 1, 2, 2 y 2 respectivamente.

GRÁFICO N° 5.4
GRÁFICOS DE EFECTOS PRINCIPALES Y DE INTERACCIÓN DEL
VALOR PROTEICO Y EL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD



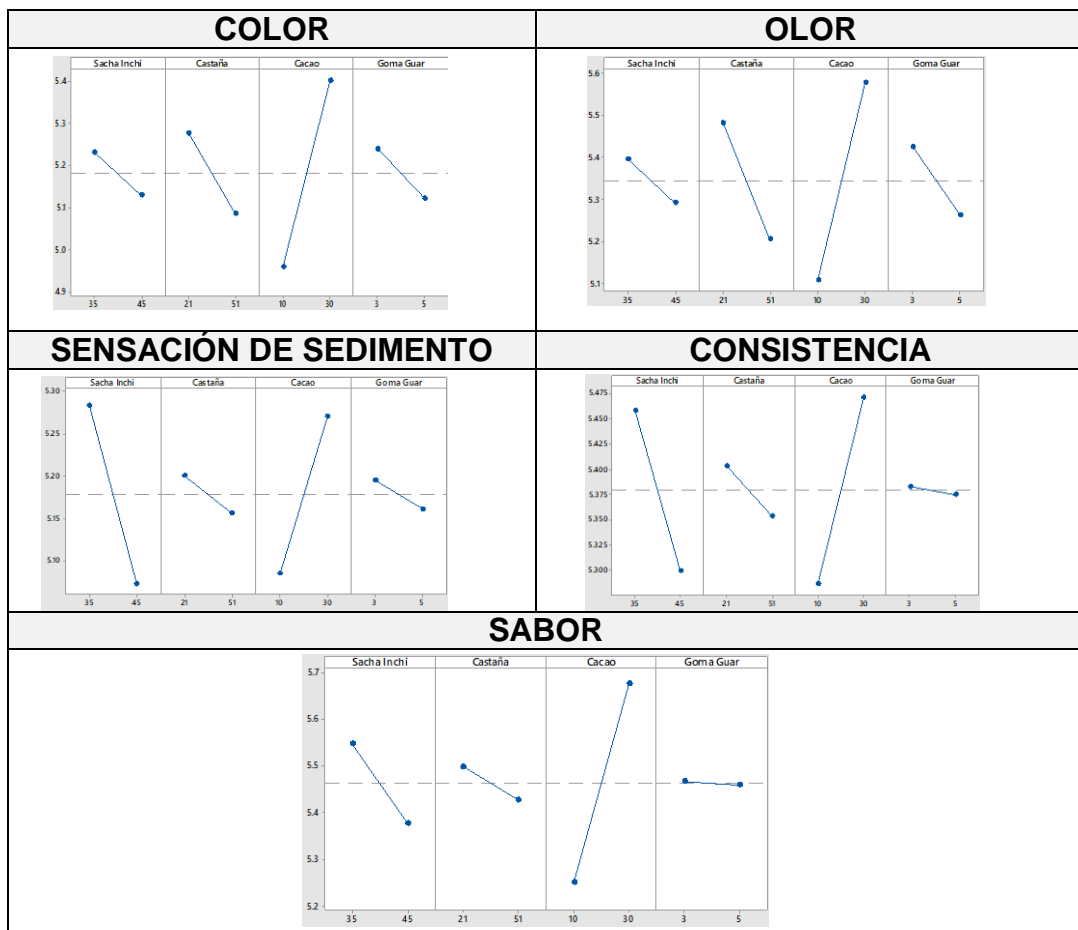
Fuente: Elaboración propia, (2018).

En el Gráfico N° 5.5 de la página 79 se muestran las gráficas principales de los atributos de color, olor, sensación de sedimento, consistencia y sabor, en donde se puede observar que tiene el mismo comportamiento que la gráfica de aceptabilidad general, por lo tanto, cuando se eligieron

los niveles que mejoran la aceptabilidad general, también se eligieron los niveles que mejoran cada uno de los atributos.

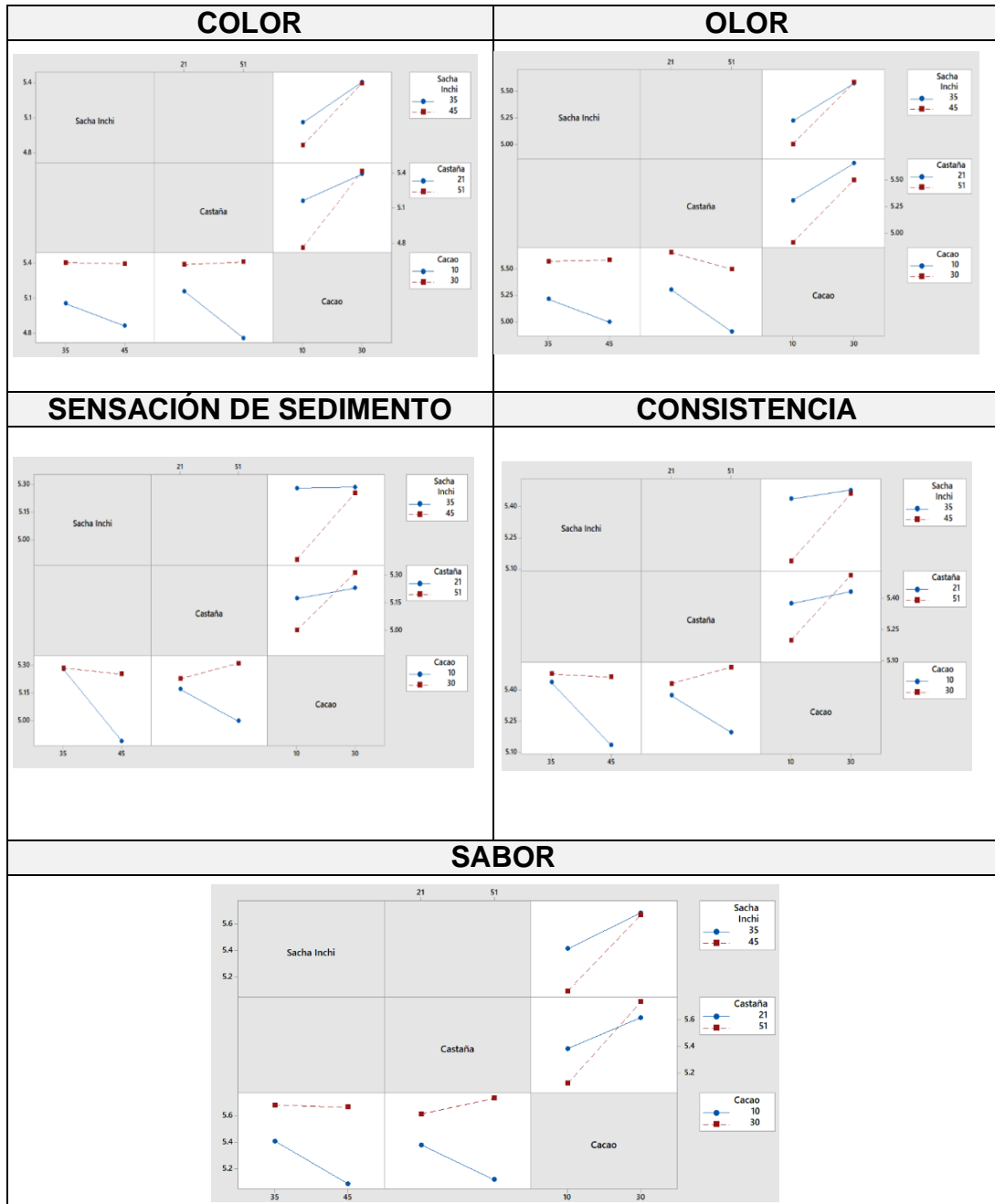
Este mismo comportamiento se puede observar en el Gráfico N° 5.6 de la página 80 correspondiente a la interacción de los factores.

GRÁFICO N° 5.5
GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES DE COLOR, OLOR
SENSACIÓN DE SEDIMENTO, CONSISTENCIA Y SABOR



Fuente: Elaboración propia, (2018).

GRÁFICO N° 5.6
GRÁFICOS DE INTERACCIÓN DE COLOR, OLORES, SENSACIÓN DE SEDIMENTO, CONSISTENCIA Y SABOR



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.13 se observa el análisis de varianza (ANOVA) de la variable respuesta aceptabilidad general. La significancia de los factores en el ANOVA fue determinada por los valores “p-value” ($p < 0.05$). De acuerdo con este criterio se determinó que los factores principales y los factores de interacción significativos son F1, F3, F1*F3 y F2*F3 respectivamente.

Se tomará en cuenta el efecto de los factores principales y su interacción para elegir los niveles adecuados para la siguiente etapa.

TABLA N° 5.13
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE ACEPTABILIDAD
GENERAL

FUENTE	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Sacha inchi	1	0.097995	0.097995	0.097995	289.00	0.037
Castaña	1	0.025079	0.025079	0.025079	73.96	0.074
Cacao	1	0.269653	0.269653	0.269653	795.24	0.023
Goma Guar	1	0.003920	0.003920	0.003920	11.56	0.182
Sacha inchi*Cacao	1	0.072279	0.072279	0.072279	213.16	0.044
Castaña*Cacao	1	0.076294	0.076294	0.076294	225.00	0.042
Error residual	1	0.000339	0.000339	0.000339		
Total	7	0.545559				

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Los factores F1, F2, F3 y F4 no tuvieron un efecto significativo en la variable valor proteico y índice de solubilidad esto se puede observar en la Tabla N° 5.13 y en la Tabla 5.14 de la página 82, respectivamente.

TABLA N° 5.14

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE VALOR PROTEICO

FUENTE	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
F1	1	0.000402	0.000402	0.000402	9.18	0.203
F2	1	0.000100	0.000100	0.000100	2.29	0.371
F3	1	0.003863	0.003863	0.003863	88.29	0.067
F4	1	0.000362	0.000362	0.000362	8.27	0.213
F1*F3	1	0.000014	0.000014	0.000014	0.32	0.672
F2*F3	1	0.000010	0.000010	0.000010	0.24	0.711
Error residual	1	0.000044	0.000044	0.000044		
Total	7	0.004794				

Fuente: Elaboración propia, (2018).

TABLA N° 5.15

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VARIABLE INDICE DE SOLUBILIDAD

FUENTE	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
F1	1	0.000002	0.000002	0.000002	0.38	0.648
F2	1	0.000021	0.000021	0.000021	4.26	0.287
F3	1	0.000011	0.000011	0.000011	2.22	0.376
F4	1	0.000419	0.000419	0.000419	85.27	0.069
F1*F3	1	0.000010	0.000010	0.000010	2.09	0.385
F1*F3	1	0.000035	0.000035	0.000035	7.19	0.227
Error residual	1	0.000005	0.000005	0.000005		
Total	7	0.000503				

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.16 se detallan los niveles de los factores que mejoran la aceptabilidad general y disminuyen la variabilidad del proceso. Los factores F1 y F3 por ser significativos para la aceptabilidad general se fijaron en los niveles 1 y 2 respectivamente, ya que estos garantizan una mayor aceptabilidad general para la siguiente etapa del estudio.

TABLA N° 5.16
FACTORES Y NIVELES QUE PROPORCIONA MAYOR
ACEPTABILIDAD GENERAL

FACTORES	PARÁMETROS	NIVEL SELECCIONADO
F1: Sacha inchi	35	1
F2: Castaña	51	2
F3: Cacao	30	2
F4: Goma Guar	3	1

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.2.3. Determinación de los modelos ajustados.

En el ANEXO XVIII de la página 134 hasta el ANEXO XX de la página 136 se muestran los resultados de las variables respuesta aceptabilidad general, Valor proteico e índice de solubilidad.

En la Tabla N° 5.17 de la página 84 se muestran los valores de las variables respuesta con sus réplicas (Bloque).

TABLA N° 5.17
RESULTADOS DE ACEPTABILIDAD GENERAL, VALOR PROTEICO E
ÍNDICE DE SOLUBILIDAD SEGÚN EL DISEÑO CENTRAL
COMPUESTO ORTOGONAL ROTABLE

N°	Bloque	A	B	Aceptabilidad	Contenido	Índice de
		Castaña	Goma Guar	general	Proteico	solubilidad
1	1	46	2	5.69	39.90%	16.58%
2	1	56	2	5.66	40.11%	15.94%
3	1	46	4	5.75	39.21%	16.12%
4	1	56	4	5.75	39.47%	16.90%
5	1	43.93	3	5	39.50%	15.78%
6	1	58.07	3	5.34	39.83%	16.58%
7	1	51	1.59	5.84	40.15%	16.44%
8	1	51	4.41	5.56	39.21%	17.22%
9	1	51	3	6.63	39.59%	14.86%
10	1	51	3	6.53	39.65%	15.72%
11	1	51	3	6.41	39.57%	15.12%
12	1	51	3	6.69	39.48%	15.30%
13	1	51	3	6.31	39.67%	14.90%
14	1	51	3	6.34	39.48%	14.92%
15	1	51	3	6.25	39.68%	15.32%
16	1	51	3	6.06	39.69%	14.72%
1	2	46	2	5.5	39.81%	16.34%
2	2	56	2	5.47	40.03%	15.82%
3	2	46	4	5.22	39.12%	16.24%
4	2	56	4	5.5	39.38%	16.72%
5	2	43.93	3	5.25	39.41%	15.90%
6	2	58.07	3	5.72	39.75%	16.98%
7	2	51	1.59	5.13	40.06%	16.36%
8	2	51	4.41	5.5	39.12%	17.02%
9	2	51	3	6.84	39.59%	15.60%
10	2	51	3	6.53	39.59%	14.83%
11	2	51	3	6.5	39.47%	15.63%
12	2	51	3	6.72	39.59%	14.79%
13	2	51	3	6.28	39.68%	15.53%
14	2	51	3	6.41	39.59%	15.63%
15	2	51	3	6.25	39.47%	14.77%
16	2	51	3	6.03	39.59%	15.23%
1	3	46	2	5.63	39.68%	16.37%
2	3	56	2	5.41	39.91%	15.77%
3	3	46	4	5.22	38.99%	15.97%
4	3	56	4	5.63	39.27%	16.85%
5	3	43.93	3	5	39.28%	15.33%
6	3	58.07	3	6.03	39.63%	16.79%
7	3	51	1.59	5.84	39.94%	16.27%
8	3	51	4.41	5.66	39.00%	17.13%
9	3	51	3	6.69	39.46%	15.67%
10	3	51	3	6.59	39.59%	14.73%
11	3	51	3	6.34	39.56%	15.61%
12	3	51	3	6.63	39.59%	14.95%
13	3	51	3	6.38	39.46%	15.73%
14	3	51	3	6.28	39.68%	15.13%
15	3	51	3	6.19	39.65%	14.81%
16	3	51	3	5.84	39.46%	14.93%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.2.3.1. Modelamiento de Aceptabilidad General

Los resultados obtenidos para esta variable fueron procesados para determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a esta variable de respuesta.

En la Tabla N° 5.18 se muestran los criterios R^2 , el R^2 (ajustado), el R^2 (predictivo) y falta de ajuste, que se consideró para elegir el modelo adecuado para la variable aceptabilidad general. Se eligió el modelo cuadrático para esta variable ya que su R^2 , el R^2 (ajustado), el R^2 (predictivo) y la falta de ajuste es mayor en comparación con los demás modelos.

TABLA N° 5.18
CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS PARA LA VARIABLE
ACEPTABILIDAD GENERAL

MODELO	R^2	R^2 (Ajustado)	R^2 (predictivo)	Falta de ajuste
Cuadrático completo	80.73	77.36	72.15	0.552
Lineal + interacciones	3.91	0	0	0
Lineal + cuadrados	80.11	77.20	72.10	0.540
Lineal	3.29	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.19 de la página 86 se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel significancia del 0.05. El ANOVA del modelo cuadrático indica que los valores “p-value” del factor A y los efectos cuadráticos A^2 y B^2 resultaron ser significativos ($p < 0.05$), mientras que el factor B, el factor de interacción AB y la falta de ajuste resultaron ser no significativos ($p > 0.05$), lo que significa que para la falta de ajuste los datos adecuan a un modelo cuadrático. Por consiguiente, los datos de la variable respuesta aceptabilidad general siguen un modelo matemático de segundo orden.

TABLA N° 5.19
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ACEPTABILIDAD
GENERAL

FUENTE	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	10.1849	1.45499	23.94	0.000
Bloques	2	0.0293	0.01467	0.24	0.787
Lineal	2	0.3856	0.19279	3.17	0.053
A: Castaña	1	0.3784	0.37843	6.23	0.017
B: Goma guar	1	0.0071	0.00714	0.12	0.734
A²	1	5.9066	5.90662	97.19	0.000
B²	1	3.7852	3.78520	62.28	0.000
AB	1	0.0782	0.07821	1.29	0.263
Error	40	2.4310	0.06077		
Falta de ajuste	19	1.1166	0.05877	0.94	0.552
Error puro	21	1.3143	0.06259		
Total	47	12.6159			

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.20 se muestran los coeficientes de la ecuación del modelo matemático de segundo orden que representa la variable respuesta.

TABLA N° 5.20
COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA
ACEPTABILIDAD GENERAL

COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO	
Constante	-47.54
A	2.001
B	1.542
AB	-0.01984
A²	-0.3971
B²	0.0161

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Quedando definido por el modelo matemático ajustado para la variable respuesta aceptabilidad general como:

$$A.G = -47.54 + 2.001 A + 1.542 B - 0.01984 A^2 - 0.3971 B^2 + 0.0161 AB$$

Donde:

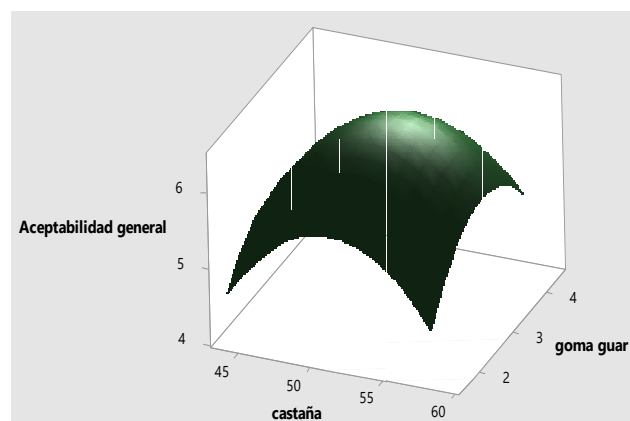
A.G: Aceptabilidad general

A: Castaña

B: Goma guar

En el Gráfico N° 5.7 se presenta la gráfica de superficie de respuesta del modelo cuadrático de la variable aceptabilidad general

GRÁFICO N° 5.7
SUPERFICIE DE RESPUESTA DE ACEPTABILIDAD GENERAL



Fuente: Elaboración propia, (2018)

5.2.3.2. Modelamiento de valor proteico

Los resultados obtenidos para la variable valor proteico fueron procesados para determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a esta variable de respuesta.

En la Tabla N° 5.21 de la página 88, se muestran los criterios R^2 , el R^2 (ajustado), el R^2 (predictivo) y falta de ajuste. Estos se consideraron para elegir el modelo adecuado para la variable valor proteico, eligiéndose el modelo cuadrático para esta variable ya que su R^2 , el R^2 (ajustado), el R^2 (predictivo) y la falta de ajuste era mayor en comparación con los demás modelos.

TABLA N° 5.21
CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS PARA LA VARIABLE VALOR
PROTEICO

MODELO	R2	R2 (ajustado)	R2 (predictivo)	Falta de ajuste
Cuadrático completo	94.08	93.04	92.44	0.954
Lineal + interacciones	94.05	93.34	92.88	0.973
Lineal + cuadrados	94.02	93.14	92.50	0.961
Lineal	93.99	93.43	92.94	0.977

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.22, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel significancia del 0.05. El ANOVA del modelo cuadrático indica que los valores “p-value” del factor A y el factor B son significativos ($p < 0.05$), mientras que la falta de ajuste resultó ser no significativos ($p > 0.05$), lo que significa que para la falta de ajuste los datos adecuan a un modelo cuadrático. Por consiguiente, los datos de la variable respuesta valor proteico siguen un modelo lineal.

TABLA N° 5.22
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE VALOR PROTEICO

FUENTE	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	0.000314	0.000078	168.02	0.000
Bloques	2	0.000013	0.000007	14.09	0.000
Lineal	2	0.000301	0.000150	321.95	0.000
A: Castaña	1	0.000035	0.000035	74.69	0.000
B: Goma guar	1	0.000266	0.000266	569.22	0.000
Error	43	0.000020	0.000000		
Falta de ajuste	22	0.000006	0.000000	0.42	0.977
Error puro	21	0.000014	0.000001		
Total	47	0.000334			

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.23 de la página 89, se muestran los coeficientes de la ecuación del modelo matemático lineal que representa la variable respuesta valor proteico.

TABLA N° 5.23
COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA VARIABLE
VALOR PROTEICO

COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO	
Constante	0.39344
A	0.000241
B	-0.003329

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Quedando definido por el modelo matemático ajustado para el valor proteico como:

$$V.P (\%) = 0.39344 + 0.000241 - 0.003329$$

Donde:

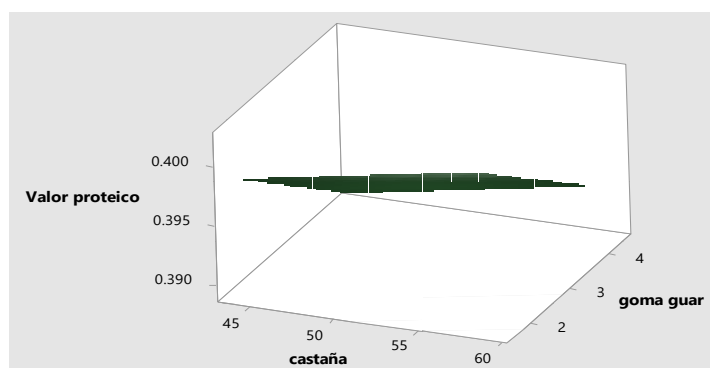
V.P: Valor proteico

A: Castaña

B: Goma guar

En el Gráfico N° 5.8 se presenta la gráfica de superficie de respuesta del modelo lineal de la variable respuesta valor proteico.

GRÁFICO N° 5.8
GRÁFICO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA DE VALOR PROTEICO



Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.2.3.3. Modelamiento de Índice de solubilidad

Los resultados obtenidos para la variable índice de solubilidad fueron procesados para determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a esta variable de respuesta.

En la Tabla N° 5.24, se muestran los criterios (R^2 , el R^2 (ajustado), el R^2 (predictivo) y falta de ajuste) que se consideró para elegir el modelo adecuado para la variable índice de solubilidad. Se eligió el modelo cuadrático para esta variable ya que su R^2 , el R^2 (ajustado), el R^2 (predictivo) y la falta de ajuste es mayor en comparación con los demás modelos.

TABLA N° 5.24
CUADRO COMPARATIVO DE MODELOS PARA LA VARIABLE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD

MODELO	R^2	R^2 (ajustado)	R^2 (predictivo)	Falta de ajuste
Cuadrático completo	82.88	79.88	76.46	0.911
Lineal +interacciones	13.49	3.19	0	0
Lineal + cuadrados	78.06	74.85	70.34	0.546
Lineal	8.67	0.18	0	0

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.25 de la página 91, se muestran los resultados del análisis de varianza (ANOVA) con un nivel significancia del 0.05. El ANOVA del modelo cuadrático indica que los valores “p-value” del factor A, factor B, factor de interacción AB y los efectos cuadráticos A^2 y B^2 resultaron ser significativos ($p < 0.05$), mientras que la falta de ajuste resulto ser no significativos ($p > 0.05$), lo que significa que para la falta de ajuste los datos adecuan a un médelo cuadrático. Por consiguiente, los datos de la variable respuesta índice de solubilidad siguen un modelo matemático de segundo orden.

TABLA N° 5.25
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ÍNDICE DE
SOLUBILIDAD.

FUENTE	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	0.002183	0.000312	27.66	0.000
Bloques	2	0.000006	0.000003	0.26	0.770
Lineal	2	0.000223	0.000111	9.87	0.000
Castaña	1	0.000109	0.000109	9.63	0.003
Goma guar	1	0.000114	0.000114	10.10	0.003
Cuadrado	2	0.001828	0.000914	81.05	0.000
Castaña*Castaña	1	0.000542	0.000542	48.08	0.000
Goma guar	1	0.001286	0.001286	114.02	0.000
Interacción de 2 factores	1	0.000127	0.000127	11.26	0.002
Castaña*Goma guar	1	0.000127	0.000127	11.26	0.002
Error	40	0.000451	0.000011		
Falta de ajuste	19	0.000147	0.000008	0.54	0.911
Error puro	21	0.000304	0.000014		
Total	47	0.002634			

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la Tabla N° 5.26, se muestran los coeficientes de la ecuación del modelo matemático de segundo orden que representa la variable respuesta índice de solubilidad

TABLA N° 5.26
COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO PARA LA VARIABLE
ÍNDICE DE SOLUBILIDAD

COEFICIENTE DEL MODELO MATEMÁTICO	
Constante	0.7835
A	0.02092
B	-0.0749
AB	0.000650
A2	0.000190
B2	0.007319

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Quedando definido por el modelo matemático ajustado para la variable respuesta índice de solubilidad como:

$$I.S (\%)=0.7835+0.02092-0.0749+0.000190 A^2+0.007319 B^2+0.000650 AB$$

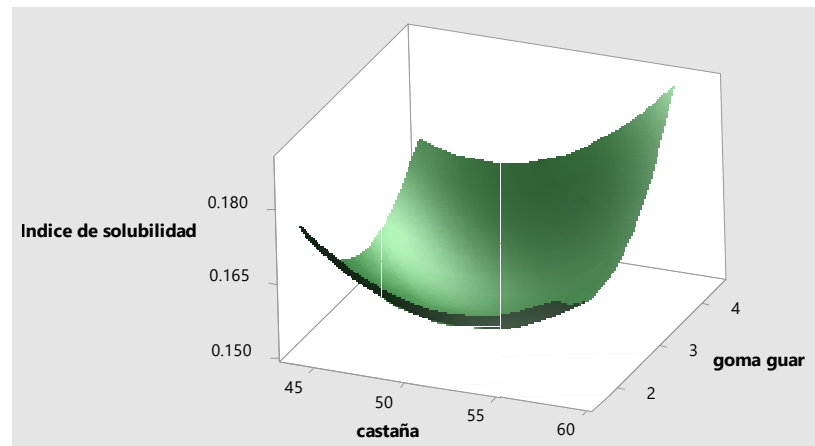
Donde:

I.S: Índice de solubilidad

A: Castaña

B: Goma guar

GRÁFICO N° 5.9
SUPERFICIE DE RESPUESTA DE LA VARIABLE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD

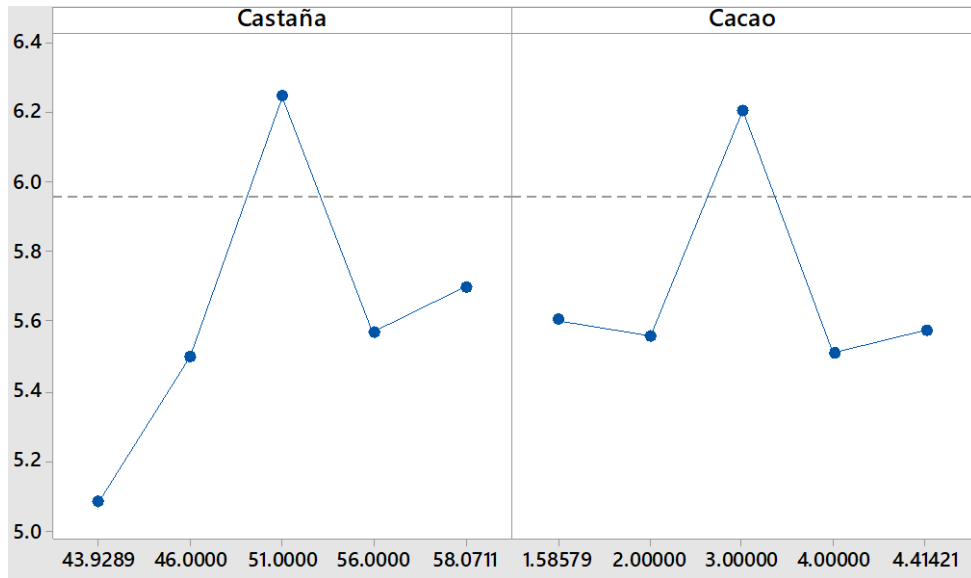


Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.2.4. Determinación de la condición óptima.

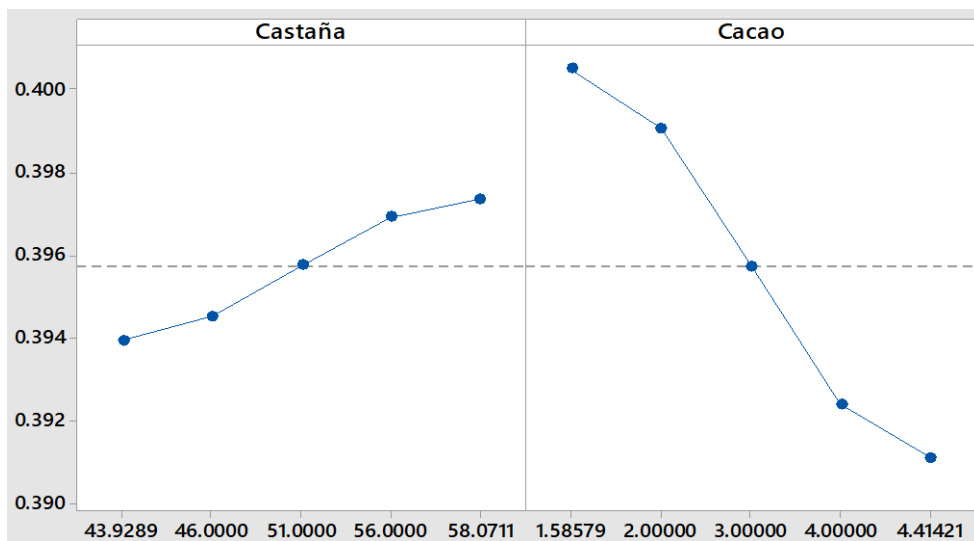
En El Gráfico N° 5.10, Gráfico N° 5.11 de la página 93 y Gráfico N° 5.12 de la página 94 se puede observar las gráficas de efectos principales de aceptabilidad general, valor proteico e índice de solubilidad.

GRÁFICO N° 5.10
GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA VARIABLE
ACEPTABILIDAD GENERAL (DCCRO)



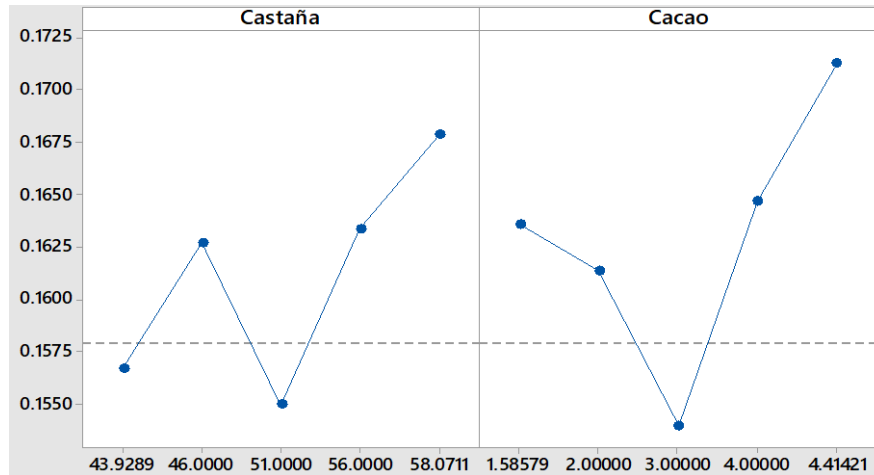
Fuente: Elaboración propia, (2018).

GRÁFICO N° 5.11
GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA VARIABLE VALOR
PROTEICO (DCCRO)



Fuente: Elaboración propia, (2018).

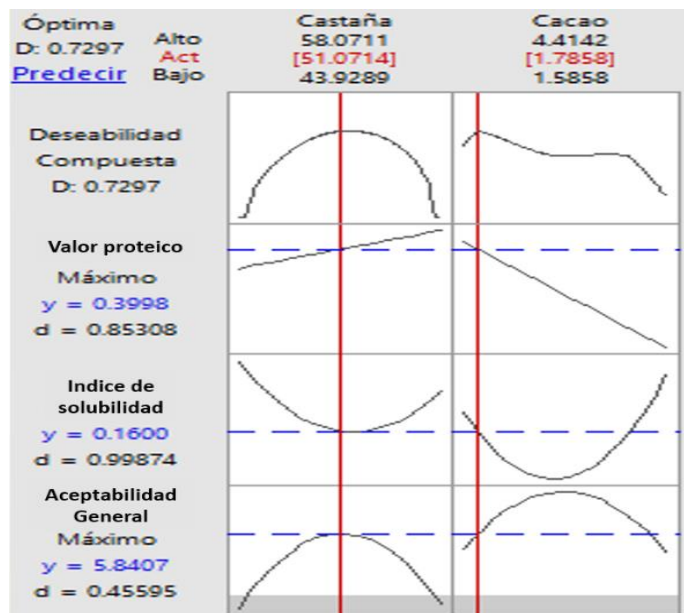
GRÁFICO N° 5.12
GRÁFICO DE EFECTOS PRINCIPALES PARA LA VARIABLE INDICE
DE SOLUBILIDAD (DCCRO)



Fuente: Elaboración propia, (2018)

En el Gráfico N° 5.13 se observa la gráfica de optimización, los valores estimados para cada variable de respuesta, el índice de deseabilidad para cada una de las respuestas y el índice de deseabilidad global.

GRÁFICO N° 5.13
GRÁFICO DE OPTIMIZACIÓN



Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.2.5. Validación de la estimación de la condición óptima

El resultado del promedio de los valores observados de los tratamientos adicionales experimentales para las variables respuestas aceptabilidad general, valor proteico e índice de solubilidad se muestran en la Tabla N° 5.27. Así mismo, En la Tabla N° 5.28, se muestran los resultados de la prueba t-student donde se observa que la prueba de hipótesis para las 3 variables de respuesta resultó tener valores p-value mayores a 0.05, lo que indica que los valores estimados son estadísticamente iguales a los valores observados.

TABLA N° 5.27
VALORES OBSERVADOS DE LAS VARIABLES RESPUESTAS

REPLICA	ACEPTABILIDAD GENERAL	COTENIDO PROTEICO	ÍNDICE DE SOLUBILIDAD
1	6.47	40.32%	16.52%
2	6.53	40.22%	16.31%
3	6.41	40.12%	16.20%
Promedio	6.47	40.22%	16.34%
Valor estimado	5.8407	39.98%	16%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

TABLA N° 5.28
RESULTADOS DE LA PRUEBA T-STUDENT

	ACEPTABILIDAD GENERAL	VALOR PROTEICO	ÍNDICE DE SOLUBILIDAD
Media	6.2067	40.22	16.3433
D.S	0.1595	0.1	0.1626
Error estándar	0.0921	0.0577	0.0939
IC [L.I, L.S]	[5.81,6.60]	[39.97, 40.47]	[15.94,16.75]
T	3.97	4.16	3.66
P	0.058	0.053	0.067

Fuente: Elaboración propia, (2018).

VI. DISCUSIONES

6.1. Contrastación de la hipótesis con los resultados

Se valida la hipótesis general pues con la Metodología de Taguchi se obtuvo que las variables de respuesta: aceptabilidad general, Índice de solubilidad y valor proteico presentó valores comprendidos entre [4.84 - 5.63], [14.0 % - 16.3 %] y [37.89 % - 44.77 %], respectivamente. Asimismo, con la Metodología de Superficie de Respuesta, se obtuvo que las variables de respuesta: aceptabilidad general, Índice de solubilidad y valor proteico presentó valores comprendidos entre [5.10 – 6.72], [14.96 % - 17.12 %] y [39.11 % - 40.05 %], respectivamente, siendo estos mayores a los primeros resultados obtenidos en la metodología de taguchi. Por lo tanto, se llegó a optimizar la bebida nutricional en cuanto a su aceptabilidad general, índice de solubilidad y valor proteico.

En la Tabla 6.1 se aprecia que las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña que se utilizaron para la elaboración de la bebida nutricional instantánea, presentaron un valor de proteína mayor a 12.68% con lo cual se valida la primera hipótesis específica

TABLA N° 6.1
COMPARACIÓN DE PORCENTAJE PROTEICO DE LAS HARINAS
EXTRUIDAS

COMPONENTES	HETSI	HETC	HEM (VILCHEZ, 2012)
Humedad (%)	2.13	6.13	5.57
Proteína (%)	55.54	42.44	12.68

*HETSI: Harina extruida de la torta de sachá inchi

HETC: Harina extruida de la torta de castaña

HEM: Harina extruida de maca

Fuente: Elaboración propia, (2018)

Asimismo, los factores significativos fueron sachá inchi y cacao mediante la aplicación de la metodología de Taguchi en el análisis sensorial de la bebida nutricional instantánea con lo cual se valida la segunda hipótesis específica.

Por otro lado, mediante la metodología de superficie de respuesta se obtuvieron mejores resultados de las variables de respuesta aceptabilidad general, Índice de solubilidad y valor proteico en comparación con la metodología de Taguchi. Por lo que se valida la tercera hipótesis específica.

La bebida nutricional instantánea óptima cubrió el 6% del Valor diario recomendado por la FDA (2017) en una porción de 6g, además los resultados microbiológicos estuvieron por debajo del límite mínimo según la RM 591-2008/MINSA. Sin embargo, el perfil de aminoácidos presento como aminoácido limitante a la isoleucina con un valor de 7.43 ± 0.27 %. En la Tabla 6.2 se muestra el cómputo químico de nuestro estudio presentando valores por debajo del cómputo químico teórico. Esto pudo deberse a que este último fue calculado en función de valores referenciales del perfil de aminoácidos de la torta de sachá inchi (Ruiz et al., 2003) y del perfil de aminoácidos de la torta de castaña (Venkatachalam y Sathe, 2006). Asimismo, de la Tabla 6.3 se tomó como referencia el % de reducción de aminoácidos reportado por Anuonye et al., (2012), quienes procesaron el producto a una temperatura de extrusión de 100°C a diferencia de la temperatura de extrusión alcanzada en el estudio (160°C) por la cual se vio afectada la disponibilidad de estos aminoácidos.

TABLA N° 6.2
COMPARACIÓN DEL PERFIL DE AMINOACIDOS Y CÓMPUTO QUÍMICO

AA	AMINOGRAMA TEÓRICO (mg AA /g proteína)	AMINOGRAMA DEL ESTUDIO (mg AA /g proteína)	PATRÓN (FAO, 2011) (mg AA /g proteína)	COMPUTO QUÍMICO TEÓRICO	COMPUTO QUÍMICO DEL ESTUDIO
Isoleucina	22.63	2.23 ± 0.08	30.00	75.44 %	7.43 ± 0.27 %
Leucina	46.62	15.08 ± 0.46	61.00	76.42 %	24.72 ± 0.75 %
Lisina	7.66	5.12 ± 0.13	48.00	15.96 %	10.67 ± 0.27 %
SAA (Metio+Cist)	34.90	124.8 ± 2.78	23.00	151.75 %	542.60 ± 12.09 %
AAA (Fenil+tiros)	50.19	99.05 ± 1.88	41.00	122.41 %	241.59 ± 4.59 %
Treonina	27.20	2.11 ± 0.04	25.00	108.80 %	8.44 ± 0.16 %
Triptófano	8.22	4.43 ± 0.13	6.60	124.61 %	67.12 ± 1.967 %
Valina	26.16	4.74 ± 0.04	40.00	65.39 %	11.85 ± 0.1 %
Histidina	6.56	6.75 ± 0.27	16.00	41.01 %	42.19 ± 1.69 %

Fuente: Elaboración propia, (2018)

TABLA N° 6.3
EFFECTO DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN SOBRE LOS AMINOACIDOS DE LA HARINA DE GARBANZO

AMINOÁCIDOS	Harina de garbanzo cruda (g/100g de alimento)	Harina de garbanzo extruida	Reducción (%)
Lisina	7.40	3.25	58.33
Histidina	3.67	1.66	54.77
Acido aspártico	11.58	6.02	48.01
Treonina	3.12	2.11	32.37
Cisteína	1.19	0.66	41.18
Valina	5.85	3.02	48.38
Metionina	1.19	0.70	41.18
Isoleucina	3.47	2.29	34.01
Leucina	6.47	5.11	21.02
Fenilalanina	6.15	5.16	16.10

Fuente: Anuonye et al., (2012).

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

El análisis fisicoquímico proximal de la bebida nutricional instantánea presenta 39.98 % de proteína, el cual es mayor en comparación con las bebidas en polvos elaborados por Pacheco et al., (2008), Jiménez (2013) y Aylas (2017). Esta diferencia se debe a que los autores mencionados utilizaron insumos con valores proteicos inferiores en comparación a las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y castaña.

TABLA N° 6.4

COMPARACIÓN DEL VALOR PROTEICO CON OTROS ESTUDIOS

AUTOR	PROTEÍNA DE LA MEZCLA EN POLVO (%)	METIONINA + CISTEINA (%)	FENILALANINA + TIROSINA (%)
Pacheco, et al., (2008)	15.12 %	-	-
Jiménez (2013)	19.40 %	-	-
Aylas (2017)	27 ± 0.85 %	11.5 %	70.8 %
En el estudio	39.98 %	124.8 ± 2.78 %	99.05 ± 1.88 %

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Los resultados del perfil de aminoácidos de la bebida nutricional instantánea óptima con respecto a metionina+cisteína y a fenilalanina+tirosina (124.8 ± 2.78 % y 99.05 ± 1.88 %) tiene valores superiores a los reportados por Aylas (2017); diferencia que se debe a que dichas mezclas no son aportantes de estos aminoácidos.

La comparación del valor de proteína de la bebida nutricional instantánea óptima con otros productos comerciales encontrados en el mercado se presenta en la Tabla 6.5 de la página 100. De donde, el contraste presentado se observa que la bebida nutricional instantánea óptima a base de las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y castaña presentó un valor de proteína superior a lo encontrado en Kiwigen, kiwigen Golden, Punchao y Nunatura.

TABLA N° 6.5
VALOR DE PROTEÍNA/PORCIÓN, VALOR DIARIO Y PRODUCTOS
COMERCIALES EN EL MERCADO

PRODUCTO COMERCIAL	PORCIÓN	PROTEÍNA	VD
Kiwigen (quinua , kiwicha y sabor chocolate)	20 g	1 g	3 %
Kiwigen Golden (maca quinua y kiwicha)	17 g	2 g	4 %
Punchao instantáneo (harina de habas con chocolate)	20 g	2 g	5 %
Nunatura (quinua kiwicha tarwi maca y cacao en polvo)	20 g	2.2 g	4 %
Naturandes (7 semillas)	30 g	4 g	8 %
Ecoandino (maca)	5 g	1 g	2 %
Bebida nutricional instantánea óptima	6 g	2.9	6 %

Fuente: Elaboración propia, (2019).

Salazar (2013) y Aylas (2017) obtuvo un índice de solubilidad de 5.62 % y 9.56% respectivamente el cual difiere con el nuestro (16.00 %), sin embargo, Huaccho y Lope, (2007) obtuvieron un valor de 18.9%. Esto se debe a la relación que existe entre la temperatura de extrusión, la humedad del proceso y el índice de solubilidad.

TABLA N° 6.6
T° Y H% USADO EN LA EXTRUSION DE OTROS AUTORES

AUTOR	INSUMOS	HUMEDAD	T. EXTRUSIÓN
Salazar (2013)	Maiz	10.02 %	107°C
	Tarwi	9.32 %	95°C
	quinua	8.92 %	180°C
Haucho y Lope (2007)	Tarwi	30.30 %	150°C y 180°C
	Quinua	12.20 %	150°C y 180°C
	maca	15.3 %	150°C y 180°C
Aylas (2017)	Arroz	11.80 %	-
	Quinua	13.28 %	-
	Lupino	10.44 %	-

Fuente: Elaboración propia, (2018).

6.3. Responsabilidad ética.

Los autores nos responsabilizamos de la información emitida en el presente trabajo de investigación cumpliendo lo señalado en el CÓDIGO DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, según la resolución N° 210-2017-CU.

CONCLUSIONES

Las harinas extruidas de las tortas de sachá inchi y de castaña presentan valores proteicos de 55.54 % y 42.44 % respectivamente.

Mediante la metodología de Taguchi se determinó que los factores que influyen en la aceptabilidad son: harina extruida de la torta de sachá inchi y cacao en polvo se fijaron en sus niveles 35 y 30 respectivamente.

La bebida nutricional instantánea que tiene su máxima aceptabilidad general, valor proteico y solubilidad medido como deseabilidad global se obtiene con las siguientes proporciones: harina extruida de la torta de sachá inchi (29.70 %), cacao en polvo (25.45 %), harina extruida de la torta de castaña (43.33 %), goma guar (1.52 %).

La bebida nutricional instantánea óptima presenta un valor proteico que proporciona el 6% del Valor Diario recomendado por la FDA (2017) en una ración de 6 g.

Los aminoácidos que cubren más del 70% de lo recomendado por la FAO (2011) son: metionina + cisteína (304.40 ± 6.77)% y fenilalanina + tirosina (430.67 ± 8.17)% los que cubren menos del 70 % son triptófano (67.08 ± 1.90)%, histidina (42.16 ± 1.70)%, leucina (24.72 ± 0.75)%, valina (11.85 ± 0.10)%, lisina (10.66 ± 0.26)%, treonina (8.44 ± 0.17)%.

La bebida nutricional instantánea óptima cumple con lo establecido por la RM 591-2008/MINSA.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar experimentalmente la evaluación de la calidad de la proteína (PER, Digestibilidad VB).
- Se recomienda realizar experimentalmente una formulación con otros insumos complementarios que ayuden a elevar el cómputo químico de acuerdo a lo establecido.
- Se recomienda hacer un estudio de vida útil de la bebida nutricional instantánea.
- Se recomienda determinar la presencia de micotoxinas en el producto final.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AOAC. 934.06. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition. Washington, DC. 1998.
- AOAC. 920.85. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition. Washington, DC. 1998.
- AOAC. 955.04. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition. Washington, DC. 1998.
- AOAC. 940.26. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition. Washington, DC. 1998.
- AOAC. 962.09. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition. Washington, DC. 1998.
- AOAC. 989.13. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition. Washington, DC. 1998.
- ACOSTA, R., ORTIZ, L., GRAZIANI, L., PARRA, P. & TRUJILLO, A. **Estudio de algunas características físicas y químicas de la grasa de los cotiledones de tres tipos de cacao de la localidad de Cumboto.** *Agronomía Tropical*. Vol.51: 119 al 131. 2001.
- ADRIANZÉN, N., ROJAS, C. & LINARES, G. **Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el rendimiento y las características fisicoquímicas del aceite obtenido por prensado mecánico en frío.** *Agroindustrial Science*. Vol.1 (2): 51 - 52. Setiembre 2011.
- AGRODATAPERU. **Aceite de Sacha inchi y Aceite de Castaña. Perú. 2018.** Disponible en: <https://www.agrodataperu.com/2018/06/aceite-vegetal-palta-sacha-inchi-inca-inchi-castana-peru-exportacion-2018-mayo.html>. página web. Consultada el 20 de junio del 2018.
- ANDERSON, R., CONWAY, H., PFEIFFER, U., & GRIFFIN, R. **Gelatinization of corn grits by rolo and extrusion-cooking.** *Revista Cereal Science*. Vol.14(1):11-12. 1969.
- ANDÍA, C. **Evaluación del índice químico del aceite de Castaña (*Bertholletia excelsa* HBK) desgomado con agua y ácido**

- fosfórico**. Tesis de Pregrado. Puerto Maldonado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. 2010.
- ANTONIOLI, F. & ARFINI, F. **Sacha inchi. Investigación sobre las condiciones para el reconocimiento de la indicación geográfica en el Perú**. Editorial Centro de Investigación Educación y Desarrollo - CIED Fundación Terre des Hommes Italia. Primera Edición. 2013.
- ANUONYE, J., JIGAM, A. & NDAAKO, G. **Effects of extrusion cooking on the nutrients and antinutrients composition of pigeon pea and unripe plantain blends**. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. Vol2(5): 58-162. 2012.
- A.O.A.C. "Official Methods of Analysis". Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. U.S.A. 1965.
- A.O.A.C. "Official Methods of Analysis". Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. U.S.A.1980.
- A.O.A.C. "Official Methods of Analysis". Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. U.S.A.1982.
- A.O.A.C."Official Methods of Analysis". Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. U.S.A. 1988.
- APAZA, V. & DELGADO, P. **Manejo y Mejoramiento de Quinua Orgánica**. Instituto Nacional de Innovación Agraria. 2005.
- APAZA, V., CÁCERES, G., ESTRADA, R. & PINEDO, R. **Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú**. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf>. Primera edición. Noviembre del 2013. Consultado el 10 de enero del 2019.
- APRÓ, N., RODRIGUEZ, J., & GORNATTI, C. **La extrusión como tecnología flexible de procesamiento de alimentos**. *Jornadas de Desarrollo e innovación*. 2000.
- ARAUJO, V., RINCÓN, C., PADILLA, A. **Caracterización del almidón de Dioscorea bulbifera L.** *Scielo*. Volumen 54 (2): 241-245. 2004
- ARCILA, N. & MENDOZA, Y. **Elaboración de una bebida instantánea a base de semillas de Amaranto (*Amaranthus cruentus*) y su uso potencial en la alimentación humana**. *Revista de la Facultad Agronómica*. Vol 23(1): 110-119. 2006.

- ARÉVALO, G. **El cultivo del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonía. Tarapoto.** Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología, Estación Experimental El Porvenir-Tarapoto. 1995.
- ARIAS, E. & RONDÓN, J. **Manejo Forestal de *Bertholletia excelsa* HBK (Castaña o nuez de Brasil).** *Revista Forestal Latinoamericana.* Vol. 25: 93-113. 2010.
- AVELLANEDA, S. & PARDO, R. **Evaluación de la calidad del pan de molde enriquecido con torta desgrasada extruída de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.).** Tesis para optar el Título de Ingeniero. Chimbote. Universidad Nacional de Santa. 2015.
- AYALA, J., & PARDO, R. **Optimización por diseños experimentales con aplicación en ingeniería.** Lima. Concytec. 1995.
- AYLAS, R. **Desarrollo de una mezcla alimenticia en polvo de balanceado valor proteico y libre de gluten, a base de cereales y leguminosas.** Tesis para optar el grado de Magister en Alimentos. Santiago de Chile. Universidad de Chile. 2017.
- BESTERFIELD, D. **Control de Calidad.** Ciudad de México. Editorial Pearson Prentice Hill. Octava Edición ed. 2009.
- BURR, G., BURR, M. **On the nature and role of fatty acids essential in nutrition.** *J Biol Chem.* Vol 86: 587 – 621. 1930
- BEJARANO, E., BRAVO, M., HUAMÁN, M., HUAPAYA, C., ROCA, A. & ROJAS, E. **Tabla de Composición de Alimentos Industrializados.** Lima. Ministerio de salud. 2002.
- BENTACOURTH, C. **Aprovechamiento de la torta residual de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante la extracción por solventes.** Tesis para optar al título de Magister. Colombia. Universidad de Manizales. 2013.
- BJORCK, L. & ASP, N. **The effects of extrusion cooking on nutrition value - A literature review.** *Journal of Food Engineering.* Vol.2 (4): 281-303. 1983.
- BRAUDEAU, J. Cacao. **Técnicas agrícolas y producciones.** Barcelona. Editorial Blume. 1970.
- CANO, M., STRINGHETA, P., RAMOS, A. & CAL, J. **Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by**

- spray drying and its functional characterization.** *Innovative Food Science & Emerging Technologies*: Vol.6 (4): 420–428. 2005.
- CASTAÑEDA, J., UGARTE, K., PALOMINO, J. & MURILLO, R. **Modelo de gestión para los productores castañeros de Puerto Maldonado (Madre de dios), a partir de la industrialización de aceite de la nuez del Brasil (Castaña) y su exportación a mercados de comercio justo.** Lima. Universidad ESAN. 2007.
- CATACORA, O. & MERINO, J. **Elaboración de Pre Pizza de Quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y Chia (*Salvia hispánica* L.).** IV CONACIN. 2014.
- CASTRO, C. **Procesamiento de Kiwicha por el método de expansión por explosión.** Tesis para obtener el título de Ingeniero de Alimentos. Universidad Nacional Agraria la Molina. 1987.
- CERON, C., GUERRA, L., LEGARDA, J., ENRÍQUEZ, M. & PISMAG, Y. **Efecto de la extrusión sobre las características físicoquímicas de harina de Quinua.** *SCIELO-Food Science and Technology*. Vol 14(2):92-99. Julio - Diciembre. 2016.
- CHANG, J., GUTENMANN, W., REID, C. & LISK, D. **Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil.** *Chemosphere*. Vol. 30(4):801-802. Febrero 1995.
- CHÁVEZ, R., SILVA, N. & AREAS, J. **Extrusion Cooking Process for Amaranth *Amaranthus caudatus* L.** *Food Engineering and Physical Properties*. Vol. 65(6):1009-1015. 2000.
- CHIRINOS, O., ADACHI, L., CALDERÓN, F., DÍAZ, R., LARREA, L., MUCHA, G. & ROQUE, L. **Exportación de aceite de Sacha inchi al mercado de Estados Unidos.** Lima. Editorial ESAN. 2009.
- COCHRAN, W. & Cox, G. **Diseños Experimentales.** Mexico. Editorial Trillas. Segunda edición. 1990.
- CODEX STAN 192-1995. **Norma General para los aditivos alimentarios.** Disponible en: http://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192s.pdf
- COLINA, M.L. **Extrusión.** México. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. 2013
- COLLAZOS, C., ROBLES, N., ROCA, A., ALVISTUR, E., ARIAS, M., FACHMG, A., VÁSQUEZ, J., VIÑAS, E., HERNÁNDEZ, E., QUIROZ, A., URQUIETA, H., HERRERA, N. & DÍAS, C. **Tablas**

- Peruanas de composición de alimentos.** Lima. Ministerio de salud. séptima edición. 1996.
- COMITE MULTISECTORIAL DE LA CASTAÑA. **La cadena de valor de la castaña amazonica.** Lima. Editorial Candela Peru. Primera edicion. 2006.
- CORNELL, J. **Experiments with Mixtures: Designs Models and the Analysis of Mixture.** New York. Editorial John Willey & Sons. Third edition. 2002.
- CRUZ, E., MEDINA, D. & SILVA, C. **Una Revision Critica de la Razon Señal Ruido Usada Por Taguchi.** *Scientia et technica.* Vol 2(50):52-56. 2012.
- CUESTA, C. **Metodología de Superficies de Respuesta, gran alternativa para incrementar la productividad de sus procesos.** Colombia. Centro de Ingenieria de la Calidad. 2010. Disponible en: <http://www.cicalidad.com/articulos/RSM.pdf>
- DPA (DIRECCIÓN DE PRODUCTIVIDAD AGRARIA) & DRASAM (DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA SAN MARTÍN). **Diagnostico de la cadena de valor del cultivo de Sacha inchi.** San Martin. Primera Edicion. 2016.
- ELIZALDE, A., PORRILLA, Y., CHAPARRO, D. **Factores antinutricionales en semillas.** *Scielo:* Vol 7(1): 45 - 54. Enero - Julio. 2009.
- EURO LATIN TRADE COMPANY SAC. **Cacao en polvo criollo orgánico certificado.** Disponible en: <http://eurolatintrades.com>
Consultado en 06 de febrero del 2018.
- GARNICA, A., PRIETO, L., ROCÍO, A. y CERÓN, M. **Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie andigena) para la industria de alimentos.** *Alimentos Hoy.* Volumen 19(21): 125 - 129. 2010.
- FAO. **Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.** Disponible en:
http://www.fao.org/ag/agn/nutrition/ecu_es.stm. Consultada el 17 de agosto del 2017.
- FAO. **Dietary protein quality evaluation in human nutrition.** Auckland. New Zealand. 2011.

- FDA. **Food Drug Administration**. Recuperado el 24 de agosto de 2017, de <https://www.fda.gov/>
- FELLOWS, P. **Tecnología del procesado de los alimentos. Principios y prácticas**. Zaragoza. Editorial Acribia S.A. 1994.
- FLORES, G. **Cultivo del cacao (Theobroma cacao L.) y sus características de manejo en la cuenca del Nanay, región Loreto**. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 2013.
- FOLLEGATTI, L., PIANTINO, C., GRIMALDI, R. & CABRAL, F. **Supercritical CO₂ extraction of omega 3 rich oil from Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds**. *The Journal Supercritical Fluids*. Vol 49(3):328. 2009.
- GALLUSER, J. **Identificación de Muestras Botánicas del Género Plukenetia (*Euphorbiaceae*)**. Tarapoto. Editorial Cordillera. Segunda Edición. 2005.
- GARCÍA, A., MENESES, M., PÉREZ, P. & PÉREZ, F. **Omega 3 y enfermedad cardiovascular: más allá de los factores de riesgo**. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. España. Vol. 29 (1): 4 - 16. 2009.
- GIL, Á. **Tratado de Nutrición**. Madrid. Editorial Médica Panamericana. Segunda Edición. 2010.
- GLÓRIA, M. y REGITANO D'ARCE, M. **Concentrado e isolado protéico de torta de castanha do Pará: obtenção e caracterização química e funcional**. *SCIELO-Food Science and Technology*. Vol. 20(2): 240-245. Agosto. 2000.
- GONZÁLEZ, R., TORRES, R. & DE GREEF. **Extrusión-Cocción de Cereales**. *Boletín de sociedade Brasileira de ciencia y tecnologia de alimentos (sbCTA)*. Vol 36 (2): 83-136. 2002.
- GORRITI, A. **Actualización de la monografía Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**. Lima. Proyecto Perúbiodiverso. 2013.
- GUTIERREZ, H. & SALAZAR, R. **Análisis y Diseño de Experimentos**. Editorial Mc Graw Hill. Segunda Edición. 2008.
- GUTIÉRREZ, L., ROSADA, L. & JIMÉNEZ, Á. **Chemical composition of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction**. *Grasas y Aceites*. Vol 62 (1): 76-83. Marzo 2011.

- HARPER, J. **Extrusion of foods**. USA. Editorial CRC Press, Boca Ratón. 1981.
- HERRERA, S. Y MONTENEGRO, A. **El amaranto: prodigioso alimento para la longevidad y la vida**. *Kalpana*. Vol.8 (9): 50 al 66. 2012.
- ISO 4833-1. Método para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos. Organización Internacional de Normalización. 2003.
- ISO 7932. Método para la determinación de *Bacillus cereus*. Organización Internacional de Normalización. 2005.
- ISO 4832. Método para el recuento de coliformes totales. Organización Internacional de Normalización. 2006.
- ISO 21527. Método para el recuento de mohos. Organización Internacional de Normalización. 2008.
- JIMENEZ, J. **Diseño del proceso de extrusion para la elaboración de un suplemento nutricional con base en la mezcla Amaranto Quinoa, Chocho y Avena**. Tesis para optar Título de Ingeniero Químico. Quito. Escuela Politécnica Nacional. 2013.
- JIMÉNEZ, E., MARTÍNEZ, S. **Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (*Manihot esculentum*) variedad guayape**. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lambayeque. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 2016.
- KALVATCHEV, Z., GARZARO, D. & GUERRA, F. ***Theobroma cacao* L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud**. *Agroalimentaria*. Vol.6: 23 al 25 Junio. 1998.
- KUEHL, R. **Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de investigación**. México. Editorial Thomson. Segunda edición. 2001.
- LAJOLO, F., WENZEL DE MENEZES, E. **Carbohidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos**. Sao Paulo. Editorial Edusp. Sexta Edición. Brasil. 2006.
- LAZÍC, Z.R. **Design of Experiments in Chemical Engineering**. Germany. Editorial Wiley-VCH. Tercera edición. 2004.
- LOARCA, A. **Formulación de una mezcla vegetal a partir de Papa, Maíz, Haba y la determinación de su aceptabilidad por parte de la población del municipio de Ixchiguán, San Marcos**.

- Guatemala.** Tesis para obtener la licenciatura en nutrición. Quetzaltenango. Universidad Rafael Landívar. 2015.
- LOBOS, A. **Formulación y desarrollo de un producto en polvo para deportistas de resistencia.** Tesis para optar el título de Ingeniero en Alimentos. Santiago. Universidad de Chile. 2011.
- LÓPEZ, S. & GIL, A. **Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) “cacao”.** *Arnaldoa*. Vol.24 (2): 609 al 618. Diciembre 2017.
- LOW, A. **Digestion and absorption of nutrients in growing pigs.** *Proc Nutr Soc*. Vol 35: 57 - 62. 1976.
- Maíz, A. **Metabolismo energético. Apuntes docentes.** Universidad Católica de Chile. 1990.
- MANCO, E. **Cultivo de Sacha inchi.** San Martín. Instituto nacional de investigación y extensión agraria. Primera Edición. 2006
- MARFIL, R. **Método Taguchi, una herramienta para el mejoramiento de la calidad tecnología de alimentos.** *Revista Tecnología de los Alimentos*. Vol. 26(5): 14-33. 1991.
- MARIO, E. & ANA, F. **Guía de campo de los cultivos andinos. FAO-Asociación Nacional de productores ecológicos del Perú.** Cadmo Rosell. Primera edición. 2007.
- MATIACEVICH, S.; CASTELLIÓN, M.; MALDONADO, S. & BUERA, M. **Water dependent thermal transitions in quinoa embryos.** *Thermochimica Acta*. Vol.448: 117 al 122. Junio 2006.
- MONTGOMERY, D. **Diseño y análisis de Experimentos.** México. Editorial Limusa. Segunda edición. 2004.
- MORA, R. (2002). **Soporte Nutricional especial** (Tercera ed., pág. 64). Colombia: Ed. Médica Panamericana.
- OMS. **Nutrición.** Disponible en: <http://www.who.int/topics/nutrition/es/>. página web. Consultada el 15 de noviembre del 2017.
- PACHECO, E., PERES, R., SCHNELL, M. **Evaluación nutricional y sensorial de polvos para bebidas a base de papaya, plátano verde y salvado de arroz. Índice glucémico.** *Revista Interciencia*. Vol. 29(1): 46-51. 2004.

- PACHECO, E., TECHEIRA, N., R., GARCIA, A. **Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantaneas a base de harina extruida de ñame (*dioscorea alata*).** *Revista chilena nutricional*. Vol. 35(4): 452-458. 2008.
- PARRA, J., GOMÉZ, A. **Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina.** *MVZ Córdoba*. Vol 14 (1): 1633 – 1641. 2009.
- PASCUAL, G; MEJÍA, M. **Extracción y caracterización del aceite de Sacha inchi.** *Anales Científicos de la UNALM*. Vol. 42.: 144-158. 2000.
- PEREZ, C., GONZALES, R., GUERRERO, L. & BENTACUR, D. **Effect of extrusion on nutritional quality of maize and lima bean flour blends.** *J Sci Food Agric*, Vol.86(14): 2477-2484. Noviembre 2006.
- PIZARRO, J., MOLINA, R., ROMERO, R., NUÑEZ, O. **Análisis de robustez de procesos para evaluar factibilidad de implementar control en línea.** *CULCyT*. Volumen 56 (12): 178 - 188. Mayo - Agosto 2015.
- REPO CARRASCO, R. **Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos.** Lima. Editorial Agraria Lima. Perú. 1998.
- REYES, P. **Diseño de experimentos taguchi.** 2008. Disponible en: www.icicm.com/files/DisTaguchi.doc.
- RIAZ, M. **Extrusores en las aplicaciones de alimentos.** España: Editorial Acribia, S.A. 2004.
- RM 591-2008/MINSA. **Norma Sanitaria que establece los criterios microbiologicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.** Disponible en: http://www.sanipes.gob.pe/archivos/biblioteca/N_14_RM_591_2008_MINSA.pdf
- ROMERO, L. **Influencia de la variacion de la temperatura sobre el rendimiento y la calidad en la extraccion del aceite de Sacha inchi (*Plukenetia Volubilis*).** Tesis para obtener el Titulo de Ingeniero. Guayaquil. Universidad de Guayaquil. 2014
- RUIZ, C., DIAZ, C., ANAYA, J. & ROJAS, R. **Análisis proximal, antinutrientes, perfil de acidos grasos y de aminoacidos de semillas y tortas de 2 especies de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*).** *Revista de la sociedad quimica del peru*. Vol. 79(1):34. 2013.

- SALAZAR, M. **Formulación de un suplemento alimenticio infantil, a base de maíz (*Zea mays* L.), Tarwi (*Lupinus mutabilis* S.) y Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.), por el proceso de extrusión.** Tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial. Huancavelica. Universidad Nacional de Huancavelica. 2013.
- SÁNCHEZ, G. **Caracterización y cuantificación de los ácidos grasos omega 3 y omega 6 presentes en el aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L).** Tesis de grado optar por el título de Magister. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. 2012.
- SANCHEZ, M. **Dos cultivos olvidados de importancia agroindustrial. El Amaranto y la Quinoa.** *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* Vol 33(1):11-32. 1983.
- SIERRA EXPORTADORA. 2014. **Perfil comercial de la kiwicha.** Disponible en: http://www.sierraexportadora.gob.pe/perfil_comercial/KIWICHA.pdf. Recuperado el 15 de enero del 2019.
- SIHUAYRO, D. **Evaluacion del rendimiento en la extraccion del aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) del ecotipo predominante en el valle del rio Aprurimac (Ayacucho) y su caracterizacion fisicoquimica y sensorial.** Tesis para optar el Título de Ingeniero. Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. 2013.
- SINGH, S., GAMLATH, S. & WAKELING, L. **Nutritional aspects of food extrusion: a review.** *International Journal of Food Science and Technology.* Vol.42: 916-929. 2007.
- SOTERO, V., MONTEIRO, U., MERINO, C., MACO, M., DAVILA, E. & GARCIA, D. **Estabilidad fisicoquímica de las semillas deshidratadas de Castaña (*Bertholletia excelsa*).** *Revista Folia Amazónica.* Vol. 20(1): 59 – 66. 2011.
- SOUZA, M. & MENEZES, C. **Processamentos de amendoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parametros de qualidade.** *Ciênc. Tecnol. Aliment.* Vol24(1):126. 2004.
- SPINI, V., FERREIRA, F., PADUANI, G., SOUZA, C. & KERR, W. **Efeito da adição de castanha do pará a dieta de arroz e feijão sobre o ganho de peso em camundongos.** *Bioscience Journal.* Vol. 22(3): 89-93. 2006.

- SUNAT. **Exportaciones del producto Sacha inchi segun sus principios presentaciones en US\$ 2013 – 2018.** Disponible en: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preporte=prodpres&pvalor=1945>. Consultado el 30 de mayo del 2018.
- TÉLLEZ, A. **Colecta, identificación, determinación taxonómica y análisis de la concentración de ácidos grasos de ecotipos del Sacha inchi en la región Amazonas.** Lima. Proyecto Perúbiodiverso. 2008.
- TOVAR, C., PERAFAN, E., ENRIQUEZ, M., PORTILLA, Y. & FERNANDEZ, L. **Evaluación del efecto del proceso de extrusión de harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) normal y germinada.** *Revista Scielo*. Vol 15(2):30-38. 2017.
- ULLRICH, S. & ENCALADA, D. **Diseño de un equipo para extraer los aceites grasos de Sacha inchi (*Plukenetia volúbilis*) del ecotipo de Napo, a nivel de laboratorio.** Tesis para obtener título de Ingeniero químico. Tesis para optar el título de Ingeniero. Quito. Universidad central de Ecuador. 2015.
- VALENZUELA, R., TAPIA, G., GONZÁLEZ, M., VALENZUELA, A. **Ácidos grasos omega-3 (EPA Y DHA) y su aplicación en diversas situaciones clínicas.** *Revista chilena de nutrición*. Vol. 38 (3): 356 – 367. Septiembre 2011.
- VARGAS, R., SANTIAGO, R. & PATIÑO, M. **Diseño y construcción de un controlador de temperatura programable para una máquina extrusora.** *Revista colombiana de Física*. Vol 40(2): 386. 2008.
- VÁSQUEZ, D. **Aprovechamiento de subproductos de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Desarrollo de un producto alimenticio, empleando harina proveniente de torta residual en la extracción del aceite.** Tesis para optar el Título de Magister. Antioquia. Universitaria Lasallista. 2016.
- VÁSQUEZ, D. JARAMILLO, J., HINCAPIÉ, G. & VÉLEZ, L. **Desarrollo de galletas empleando harina de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) obtenida de la torta residual.** *Revista UG ciencia*. Vol 23(70): 101-113. 2017
- VASANTHAN, T., YEUNG, J. & HOOVER, R. **Dextrinization of starch in barley flours with thermostable alpha-amylase by extrusión cooking.** *Revista Starch/Stärke*. Vol 53(12): 616-622. 2001.

- VENKATACHALAM, M. & SATHE, S. **Chemical Composition of Selected Edible. Nuts Seeds.** *Journal of Agricultura! and Food Chemistry.* Vol 54(13): 4705-4714. 2006.
- VILCHEZ, L., GUEVERA, A. & ENCINA, C. **Influencia del tamaño de partícula, humedad y temperatura en el grado de gelatinización durante el proceso de extrusión de maca (*Lepidium meyenii Walp*).** *SCIELO-Food Science and Technology.* Vol. 78(2): 126-137. Mayo, 2012
- VIITAS, E., et al. **Relación entre el contenido de aminoácidos esenciales y el valor nutritivo de la proteína de la quinua.** Congreso de Química, IV. Lima. pp. 368-474. 1953.
- ZAN, T. **Principio de los modelos de superficie de respuestas para modelos logísticos.** Tesis doctoral. Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. 2006.

ANEXOS

ANEXO I
DIAGRAMA DE FLUJO PARA OBTENCION DE LAS HARINAS EXTRUIDAS DE LA TORTA DE SACHA INCHI Y CASTAÑA



Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO II

MÉTODO PARA DETERMINAR INDICE DE SOLUBILIDAD

Método modificado de Anderson et al., (1969) y Cano et al., (2005).

Materiales y equipos

- Balanza analítica con una precisión de 0,01 g.
- Baño con calentamiento constante.
- Centrífuga.
- Tubos de centrifuga plásticos de 50 ml.
- Vasos de precipitado de vidrio de 50 ml.
- Estufa con temperatura constante.
- Pipeta volumétrica de 10 ml.

Análisis:

- ✓ Pesar tubos de centrifuga secos a 60°C.
- ✓ Pesar en los tubos 0.6 g de la muestra y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60°C y agitar (sin excederse).
- ✓ Colocar en baño de agua a 60°C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.
- ✓ Centrifugar a temperatura ambiente a 2 450 RPM durante 1 hora.
- ✓ Tomar una alícuota de 7.5 ml del sobrenadante y colocarlo en una placa Petri previamente pesada.
- ✓ Secarlo a 105°C por 5 horas.

$$\text{Solubilidad en agua (\%)} = \left(\frac{W \text{ solidos del sobrenadante} \times 4}{W \text{ muestra}} \right) \times 100$$

**ANEXO III
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS HARINAS EXTRUIDAS
DE LAS TORTAS DE SACHA INCHI Y CASTAÑA**

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD



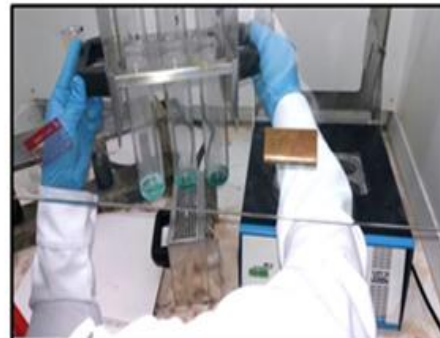
DETERMINACIÓN DE GRASA



DETERMINACIÓN DE CENIZAS



DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS



DETERMINACIÓN DE FIBRA

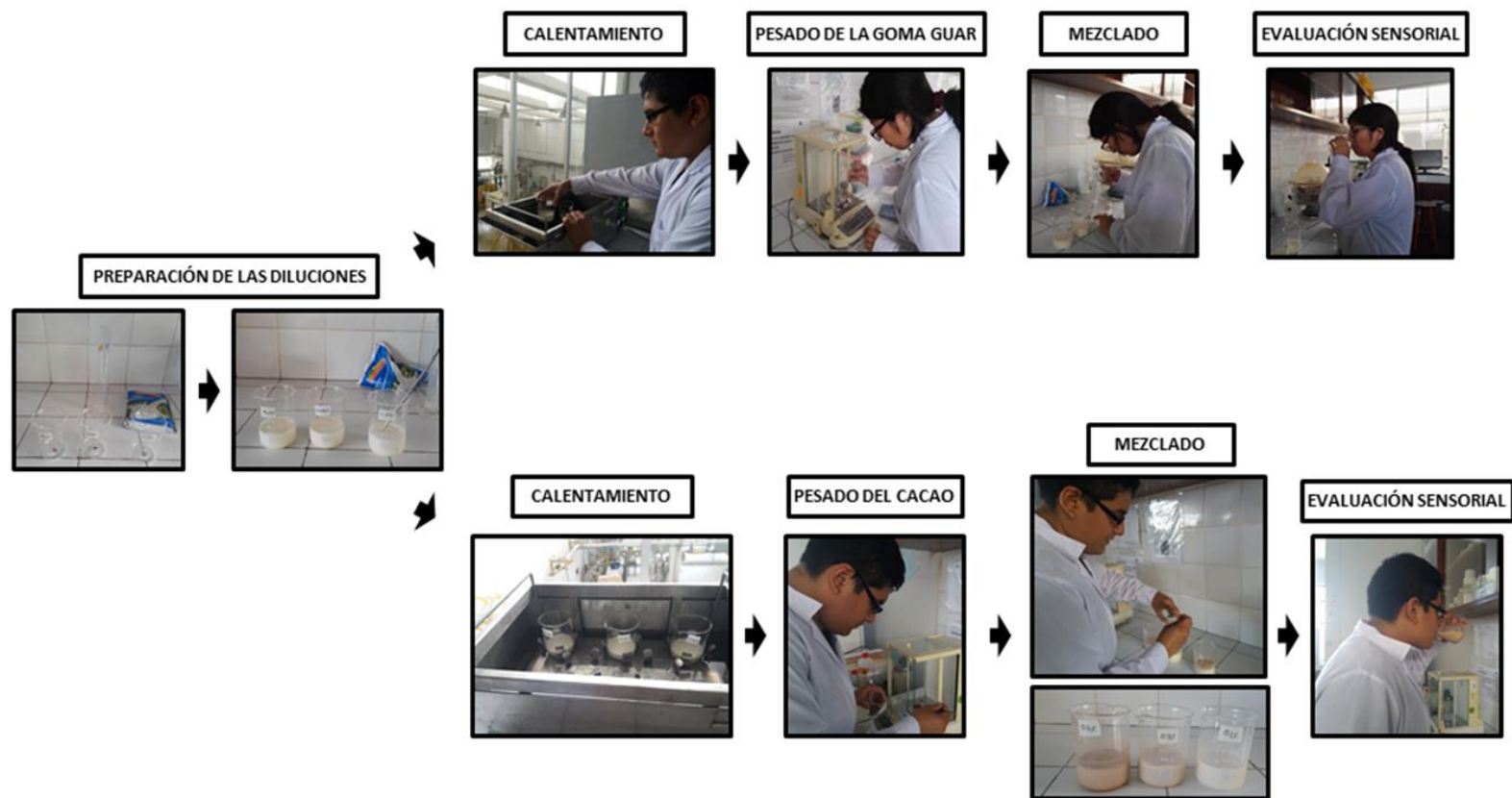


DETER. INDICE DE SOLUBILIDAD



Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO IV
PRUEBA PRELIMINAR DE ELECCIÓN DE NIVELES DE GOM GUAR Y CACAO



Fuente: Elaboración propia (2018).

ANEXO V
SELECCIÓN DE PANELISTAS: FILTRO 1

Nombre y apellido:

¿Es intolerante a la lactosa?:

¿Le gusta la leche?

¿Le gusta la leche combinada con algún producto en polvo?:

Celular:

SOMBREE LOS HORARIOS QUE TENGA DISPONIBLE PARA LA EVALUACION SENSORIAL

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
8:00-8:30					
8:30-9:00					
9:00-9:30					
9:30-10:00					
10:00-10:30					
10:30-11:00					
11:00-11:30					
11:30-12:00					
12:00-12:30					
12:30-13:00					
13:00-13:30					
13:30-14:00					
14:00-14:30					
14:30-15:00					
15:00-15:30					
15:30-16:00					
16:00-16:30					
16:30-17:00					

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACION!

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO VI
SELECCIÓN DE PANELISTAS: FILTRO 2

FICHA SENSORIAL									
Nombre y Apellido:									
Fecha:									
MUEVA CON LA PALETA LA MUESTRA ANTES DE DEGUSTARLA YA QUE EL PRODUCTO TIENDE A SEDIMENTAR RAPIDO Y ENTRE CADA MUESTRA ENJUAGUESE CON AGUA									
1	Me disgusta mucho								
2	Me disgusta moderadamente								
3	Me disgusta poco								
4	No me gusta ni me disgusta								
5	Me gusta poco								
6	Me gusta moderadamente								
7	Me gusta mucho								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Atributo Tratamiento</th> <th style="text-align: center;">Dulzor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">450</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">254</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">630</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Atributo Tratamiento	Dulzor	450		254		630	
Atributo Tratamiento	Dulzor								
450									
254									
630									
Comentarios:									

Fuente Elaboración propia, (2018).

ANEXO VII

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL PARA DISEÑO DE TAGUCHI

FICHA DE LA PRUEBA SENSORIAL						
Nombre y Apellido:						
Fecha:						
MUEVA CON LA CUCHARITA LA MUESTRA ANTES DE DEGUSTARLA POR CADA ATRIBUTO Y ENTRE CADA MUESTRA ENJUAGUESE						
+						
1	Me disgusta mucho					
2	Me disgusta moderadamente					
3	Me disgusta poco					
4	No me gusta ni me disgusta					
5	Me gusta poco					
6	Me gusta moderadamente					
7	Me gusta mucho					
□						
Sensación de sedimento: al degustar las muestras sentirán una cierta aspereza en diferente grado dependiendo de la muestra.						
Consistencia: al degustar se darán cuenta que algunas muestras son más espesas que otras.						
	Color	olor	Sensación de sedimento	consistencia	Sabor	Aceptabilidad general
240						
460						
630						
750						
Comentarios:						
240:	_____					

460:	_____					

630:	_____					

750:	_____					

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO VIII
FICHA DE EVALUACION SENSORIAL PARA DISEÑO ORTOGONAL
COMPUESTO

FICHA DE LA PRUEBA SENSORIAL

Nombre y Apellido:

Fecha:

MUEVA CON LA CUCHARITA LA MUESTRA ANTES DE DEGUSTARLA Y ENTRE CADA MUESTRA ENJUAGESE

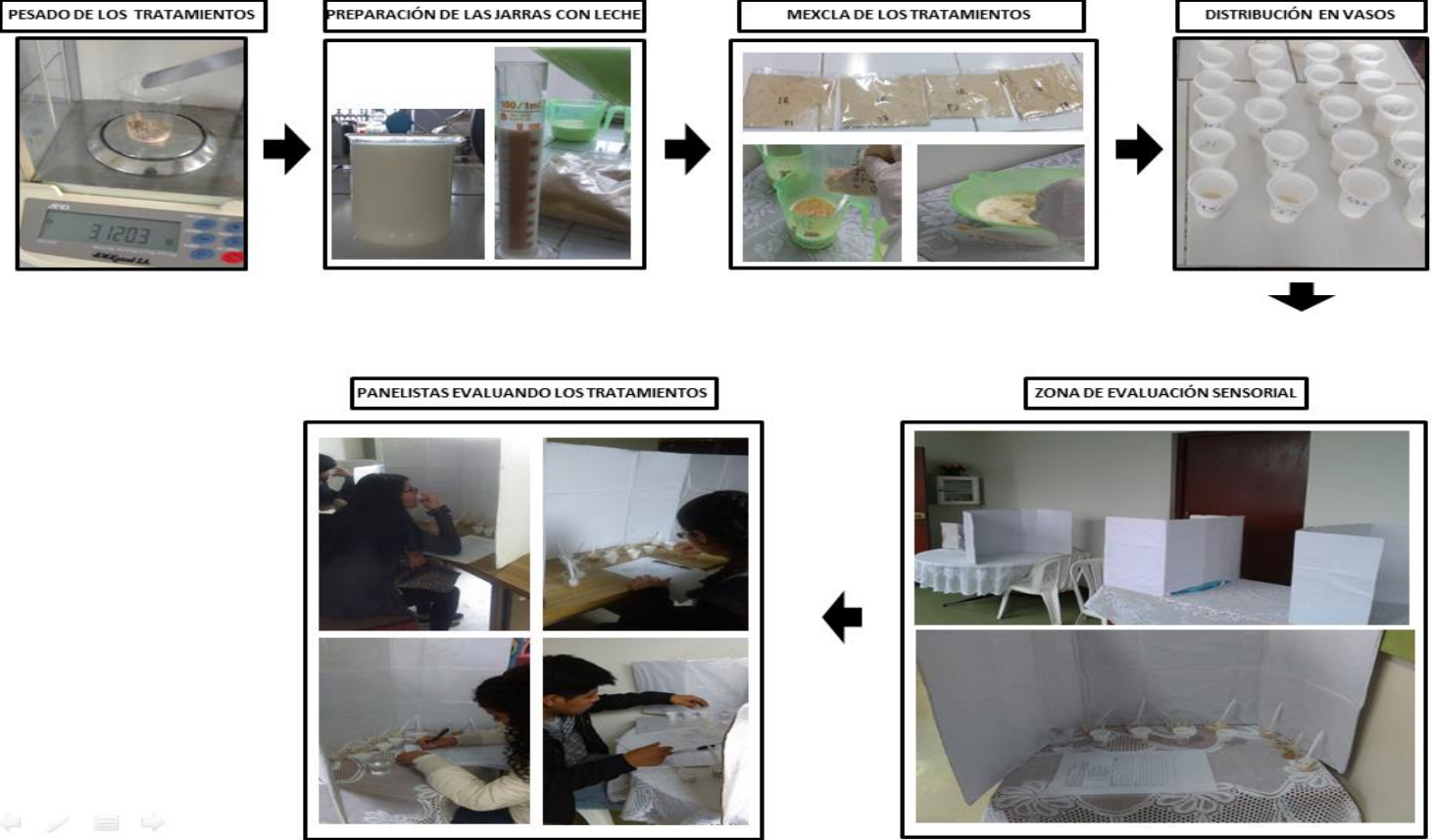
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta poco
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

Muestra	Aceptabilidad general
453	
657	
267	

GRACIAS

Fuente: Elaboración propia, (2018).

**ANEXO IX
EVALUACIÓN SENSORIAL**



Fuente: Elaboración propia, (2018).

**ANEXO X
RESULTADOS DE ACEPTABILIDAD GENERAL**

PANELISTA	TRAT. 1			TRAT. 2			TRAT. 3			TRAT. 4			TRAT. 5			TRAT. 6			TRAT. 7			TRAT. 8			
	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	
1	6	5	5	5	4	4	5	5	5	5	6	5	5	6	6	5	4	4	5	5	5	6	5	6	
2	6	6	6	6	5	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	
3	6	6	6	6	6	5	5	5	5	7	6	7	6	7	6	6	7	6	6	6	6	6	7	6	
4	6	5	6	6	6	5	4	4	4	5	6	6	5	5	5	6	5	6	5	5	5	5	6	6	
5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	
6	6	5	6	5	6	5	6	6	6	5	5	5	5	5	4	5	5	6	5	6	5	5	5	5	
7	5	6	6	4	3	4	4	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	
8	6	6	6	4	5	4	7	6	6	6	5	7	7	7	6	6	6	5	6	6	6	5	6	6	
9	6	6	6	5	6	5	6	7	7	5	6	7	6	6	7	6	5	4	5	6	6	7	4	5	5
10	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	6	
11	6	5	6	6	5	7	4	4	4	5	6	6	5	4	5	6	6	6	4	4	4	5	6	6	
12	5	5	6	7	6	6	5	4	5	6	5	6	5	5	5	6	5	6	5	5	5	7	6	7	
13	6	5	5	6	6	5	5	5	5	7	6	7	6	7	6	7	6	6	6	6	5	5	5	5	
14	7	6	7	7	7	7	4	5	5	4	4	5	4	4	5	6	6	7	3	4	3	6	7	6	
15	5	4	4	5	5	5	3	4	3	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	5	6	5	4	5	
16	5	5	4	5	4	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5	4	5	4	
17	6	5	5	6	7	6	5	4	5	5	5	5	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	5	6	
18	7	7	7	7	7	7	5	6	5	7	7	7	5	6	5	7	7	7	4	5	4	7	7	7	
19	4	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	6	6	5	6	6	4	5	5	5	4	5	5	
20	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	6	6	6	5	6	7	7	6	6	6	6	6	7	6	
21	4	3	4	4	5	4	5	4	5	5	4	5	4	4	5	4	3	4	5	4	5	5	5	5	
22	5	4	4	6	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	5	4	
23	6	6	7	7	7	7	4	5	4	6	6	6	5	5	5	5	6	6	4	5	4	5	6	5	
24	4	5	5	6	6	7	2	3	2	6	5	6	3	3	4	5	5	6	2	3	2	5	6	6	
25	6	7	7	7	6	6	4	5	5	6	6	6	6	6	5	7	6	6	4	5	4	4	5	4	
26	6	7	6	6	5	5	5	6	6	7	7	7	6	7	6	6	7	6	6	6	5	6	7	6	
27	6	5	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	6	5	5	5	4	4	6	6	5	5	5	6	
28	5	5	6	6	5	5	4	5	5	6	6	5	5	6	5	6	5	6	5	6	5	5	5	6	
29	7	6	7	6	5	5	6	7	6	5	6	5	5	4	4	6	5	6	6	6	6	5	6	5	
30	7	7	6	6	5	5	3	3	3	5	5	5	4	3	4	7	6	7	5	4	5	6	5	6	
31	6	6	6	5	5	4	5	5	4	6	5	6	6	5	6	6	6	6	6	5	5	5	6	6	
32	5	5	6	6	7	7	7	5	7	6	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	6	6	7	6	

Fuente: Elaboración propia, (2018).

**ANEXO XI
RESULTADOS DE COLOR**

PANELISTA	TRAT. 1			TRAT. 2			TRAT. 3			TRAT. 4			TRAT. 5			TRAT. 6			TRAT. 7			TRAT. 8		
	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R
1	5	5	5	5	6	6	6	5	5	6	6	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	6
2	6	6	6	6	7	7	6	5	5	6	6	5	5	5	5	6	7	6	5	5	5	5	6	6
3	6	5	6	5	6	6	5	6	5	7	6	5	5	6	5	6	7	6	6	6	6	6	6	5
4	5	6	5	4	5	4	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	6
5	5	4	4	4	3	3	5	5	5	5	5	4	5	4	5	6	5	5	3	3	4	4	4	4
6	6	6	5	4	5	4	5	6	5	5	6	5	5	4	4	4	5	4	6	6	6	4	4	5
7	5	6	5	4	3	4	5	5	6	6	6	7	4	4	3	5	5	5	4	4	5	5	4	4
8	6	6	6	4	5	5	7	6	6	4	5	5	6	7	6	5	6	5	6	6	5	4	4	5
9	6	6	6	4	5	5	7	6	7	6	6	5	6	6	6	6	5	5	7	6	7	5	6	5
10	7	6	7	5	6	6	5	6	5	7	7	6	6	5	5	5	6	6	6	5	5	6	6	5
11	6	5	5	6	6	7	3	4	4	5	5	6	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	6	5
12	6	5	5	6	6	7	6	5	5	6	6	6	5	5	5	6	5	5	6	5	6	6	6	5
13	5	6	4	6	6	6	6	5	5	7	6	6	5	5	5	5	6	6	6	5	5	6	6	6
14	5	5	6	6	7	7	6	6	5	3	2	3	4	4	5	5	6	5	2	3	2	6	7	6
15	5	4	4	4	5	5	3	4	4	3	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	5	4	5	4
16	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	5	6	5	6	5	5	3	4	5	5
17	6	7	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	5	6	6	6	5	5	6
18	6	6	7	6	7	7	5	5	5	7	7	7	6	5	5	5	7	7	5	6	5	6	6	7
19	4	4	5	5	6	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4	5	5	5
20	5	5	5	6	7	7	5	4	5	7	7	7	4	4	5	5	5	6	5	6	5	7	6	6
21	3	3	3	3	4	3	4	3	3	5	4	4	4	3	4	4	3	4	5	4	5	5	4	5
22	5	4	4	5	4	4	4	3	3	5	5	4	5	4	4	4	4	3	4	5	4	5	5	4
23	6	6	5	7	7	7	5	5	5	6	6	5	5	5	5	7	6	6	5	5	5	6	6	5
24	5	5	4	5	6	6	4	4	4	6	5	6	3	3	4	6	5	5	4	4	4	6	6	5
25	6	6	5	7	7	6	5	4	5	5	6	5	5	5	4	6	6	5	4	5	4	6	5	5
26	7	7	7	5	5	6	5	4	4	7	7	6	5	5	4	6	7	6	6	6	6	5	6	5
27	5	5	4	6	5	6	7	7	6	6	5	5	4	3	3	6	5	5	5	6	5	5	4	4
28	5	5	5	7	7	7	5	4	4	6	6	6	4	5	4	5	6	5	4	5	4	5	6	6
29	7	6	6	5	5	5	5	7	5	5	6	5	5	5	4	5	6	6	5	6	6	5	6	6
30	6	7	7	6	5	6	1	1	1	6	5	6	3	2	3	6	6	6	2	3	2	5	6	6
31	7	6	7	6	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	6	5	5	5	5	6	5	6	6	6
32	7	6	7	6	6	7	6	6	6	7	6	6	6	6	7	6	6	5	6	6	6	6	6	6

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO XII RESULTADOS DE OLOR

PANELISTA	TRAT. 1			TRAT. 2			TRAT. 3			TRAT. 4			TRAT. 5			TRAT. 6			TRAT. 7			TRAT. 8		
	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R
1	6	5	5	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	5	5	6	5	6	5	6	6
2	6	6	6	5	6	6	5	5	5	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	5	6	5	6	6	5	5	6	5	6	6	6	5	6	5	6	6	5	6	5	6	5	6	6
4	5	6	6	5	6	5	3	3	5	5	5	6	4	5	4	6	5	5	6	3	5	5	6	7
5	5	5	6	4	4	3	5	5	6	5	5	6	5	4	4	6	5	5	4	5	5	5	6	4
6	6	6	5	5	6	5	5	6	5	5	6	5	5	4	4	5	5	5	6	7	6	6	6	6
7	5	6	5	5	5	4	6	6	6	6	6	4	4	5	4	4	6	5	5	5	4	5	5	5
8	5	6	6	4	5	5	7	6	6	6	6	6	6	6	5	6	5	6	5	7	6	6	6	6
9	7	5	6	6	7	6	7	6	7	6	6	6	6	7	6	5	6	5	6	7	7	5	6	6
10	6	5	6	5	5	6	6	6	6	6	7	7	6	6	5	7	7	7	6	6	7	6	6	7
11	4	4	3	6	7	7	4	4	4	4	5	6	5	4	5	5	6	6	4	4	4	5	5	6
12	5	6	5	6	7	6	5	5	5	6	6	6	5	5	5	6	5	6	5	5	5	6	6	6
13	6	6	5	6	6	6	6	5	5	6	5	6	6	5	5	7	6	5	6	6	6	7	6	6
14	6	7	7	6	7	7	5	6	5	3	4	3	4	4	4	5	6	6	2	3	2	5	6	5
15	4	5	4	4	5	5	5	4	4	6	4	4	4	3	4	4	5	4	5	4	5	6	5	6
16	5	5	4	4	4	5	4	4	4	5	5	6	5	6	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4
17	7	6	6	7	6	5	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	6	5	6	6	6	6	6	6
18	7	7	7	6	7	7	5	6	5	7	7	7	6	7	5	7	7	7	6	7	6	7	7	7
19	5	6	5	5	6	6	4	5	4	5	5	5	6	5	5	5	4	5	4	6	5	4	7	5
20	6	7	7	7	6	6	4	5	4	6	5	6	6	5	6	7	6	6	6	5	6	5	6	5
21	4	5	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	3	5	4	5	4	4	4
22	5	4	4	6	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	5	4
23	6	6	6	7	6	6	5	6	5	6	6	6	5	5	6	6	6	6	4	5	4	5	6	5
24	5	4	4	5	6	6	4	4	4	6	5	6	3	3	4	6	5	5	4	4	4	4	6	6
25	6	6	5	7	6	6	6	5	6	6	5	6	6	5	5	7	6	6	5	6	5	6	5	6
26	6	7	7	6	6	5	6	5	5	7	7	7	5	5	4	5	7	7	5	6	5	7	7	6
27	6	5	4	5	5	4	3	4	3	5	4	5	3	4	2	5	5	5	5	5	6	4	6	5
28	6	5	5	6	7	6	4	5	4	5	6	6	4	5	5	5	6	4	5	4	5	6	6	6
29	6	6	7	7	7	5	6	6	6	5	7	5	6	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6
30	6	7	6	6	6	5	3	3	3	3	4	3	3	3	5	7	5	6	2	3	2	7	6	7
31	6	7	6	6	6	5	4	4	4	5	5	6	6	5	5	6	6	6	5	5	6	5	5	6
32	5	5	5	6	7	7	6	6	6	7	5	7	5	5	6	7	6	6	6	6	6	7	7	7

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO XIII
RESULTADOS DE SENSACION DE SEDIMENTO

PANELISTA	TRAT. 1			TRAT. 2			TRAT. 3			TRAT. 4			TRAT. 5			TRAT. 6			TRAT. 7			TRAT. 8		
	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R
1	6	5	5	5	4	4	5	6	5	4	5	4	6	6	6	5	4	4	5	5	5	6	6	6
2	5	6	6	6	6	5	6	5	6	5	6	6	7	6	6	7	6	6	6	6	6	6	7	6
3	5	5	6	7	6	7	6	6	6	6	6	7	6	6	7	6	7	7	4	5	4	6	6	6
4	5	5	4	6	6	5	4	4	3	5	5	4	4	5	6	4	5	5	4	4	4	4	4	4
5	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4	3
6	5	5	6	4	5	5	6	6	6	4	5	5	5	4	4	6	6	6	6	6	6	4	5	4
7	6	7	6	5	5	4	3	3	5	5	5	6	5	6	5	4	4	5	4	4	4	5	5	6
8	5	6	6	5	6	5	7	6	6	6	5	6	5	5	5	5	5	5	6	5	6	5	5	5
9	6	5	6	5	6	5	6	3	6	4	5	5	5	6	5	5	5	5	6	7	6	5	5	5
10	6	5	6	5	6	6	5	5	5	7	6	7	5	6	6	5	6	6	6	5	6	5	6	6
11	6	6	5	5	4	4	4	4	5	5	6	5	4	4	4	5	6	5	5	4	5	4	4	6
12	5	6	6	7	6	6	5	4	5	6	5	6	5	5	5	6	6	7	5	6	5	6	5	6
13	6	5	5	5	6	5	5	6	6	6	6	6	7	7	6	6	6	5	5	6	6	7	6	6
14	6	6	7	7	6	7	4	4	5	4	5	4	4	4	5	5	5	6	5	5	6	6	7	6
15	4	4	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	6	6	5	6	5	6	5	4	4
16	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	5	6	5	5	5	4	5	4	3	3	3
17	6	6	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	6	6	5	6	6	5	6	5	5	5	5	5
18	6	6	7	7	6	7	5	5	5	7	6	7	6	6	5	6	7	7	4	5	4	7	6	7
19	4	6	4	5	5	5	3	4	4	6	5	5	5	6	5	6	6	5	6	4	5	5	6	5
20	5	6	6	6	5	6	6	5	6	6	7	6	6	5	6	6	6	6	6	7	6	6	6	6
21	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	5	3	4	4	5	3	3	4	4	4	4	4	4	4
22	5	5	4	4	5	4	3	4	4	5	4	5	4	4	6	3	3	4	5	5	4	4	4	5
23	4	5	4	6	6	7	3	4	3	6	6	6	5	5	5	5	5	6	3	4	3	3	4	3
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6	5	4	3	3	4	4	4	4	3	4	5	5	5
25	7	7	6	6	5	6	6	5	6	7	6	7	6	5	5	6	6	6	4	5	4	6	6	6
26	7	7	6	7	6	6	6	6	6	7	7	7	5	6	6	6	6	7	5	5	4	6	6	6
27	6	6	6	5	5	6	6	6	6	7	6	7	6	6	7	6	6	5	6	5	6	6	6	6
28	6	5	6	5	6	5	5	5	5	5	6	6	5	6	5	4	4	5	5	5	5	6	5	6
29	6	6	6	5	5	6	5	6	5	5	6	5	6	5	5	5	5	6	5	5	5	5	6	5
30	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	6	5	4	5	4	5	5	5
31	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	6	6	5	6	5	6	6
32	6	6	6	6	6	6	7	6	7	5	6	6	5	5	6	6	6	5	5	5	5	6	5	6

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO XIV RESULTADOS DE CONSISTENCIA

PANELISTA	TRAT. 1			TRAT. 2			TRAT. 3			TRAT. 4			TRAT. 5			TRAT. 6			TRAT. 7			TRAT. 8		
	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R
1	6	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	5	7	6	5	6	6	6	5	6	6	6	6	7	7	6	7	6	6	6	7	6	6	7	6
3	5	5	6	5	5	6	6	6	6	6	7	6	6	6	7	6	7	6	6	6	6	6	7	6
4	5	6	6	5	6	5	5	4	4	4	6	4	6	5	6	6	5	5	6	5	6	5	4	4
5	4	4	5	5	5	4	3	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4	3	4	4	5	4	4	4
6	5	6	6	5	6	5	6	5	6	5	5	5	5	4	4	5	5	5	6	6	6	5	5	5
7	6	6	6	6	6	5	5	5	4	5	5	6	4	5	4	5	6	6	5	5	6	4	4	5
8	5	7	6	6	7	6	6	6	5	7	6	7	6	7	6	6	7	6	6	6	6	6	5	6
9	6	6	6	6	5	5	6	5	6	5	6	6	6	6	6	5	5	5	6	7	6	5	5	5
10	6	6	7	5	6	6	5	5	5	6	6	7	6	6	6	6	6	6	7	6	6	5	7	7
11	6	5	5	5	5	6	4	5	4	5	6	6	5	4	5	6	6	6	4	4	4	5	6	6
12	5	6	5	5	6	5	4	4	4	6	5	6	6	5	5	5	5	6	5	6	5	6	6	6
13	6	5	5	5	6	5	6	5	6	6	5	6	6	7	6	7	6	5	5	6	5	6	6	6
14	6	7	7	6	7	7	5	6	5	5	6	5	4	5	5	6	6	7	4	5	5	6	7	6
15	4	6	5	4	5	5	4	4	3	3	3	5	4	5	5	4	4	6	5	6	6	5	6	6
16	4	6	5	4	5	5	5	5	5	6	5	4	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	4
17	6	6	5	6	7	6	5	4	5	5	5	5	6	5	5	7	6	5	6	6	6	4	6	4
18	6	6	5	6	7	7	6	5	6	7	7	7	6	7	6	7	7	7	5	6	5	7	7	7
19	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	6	5	5	6	5	5	4	5	5	5	6	5
20	5	6	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	7	6	6	6	7	6	6	7	6
21	4	2	3	3	4	3	4	5	4	4	5	4	5	5	6	4	4	4	3	3	3	4	5	4
22	5	3	4	3	4	4	5	5	4	5	4	5	3	4	4	4	4	5	4	5	4	5	5	5
23	4	7	7	6	7	7	5	5	4	7	6	7	4	5	5	5	5	7	5	5	5	4	5	4
24	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	5	5
25	7	6	6	6	6	7	5	4	5	7	6	7	6	5	6	7	7	5	3	4	3	5	5	5
26	7	7	7	5	6	6	5	6	6	6	7	7	6	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6
27	6	6	6	5	6	5	6	5	6	7	6	7	6	6	6	5	5	4	7	7	6	5	5	7
28	6	4	6	6	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	6	5	5	6	5	6	6	7	6	7
29	6	6	6	7	6	4	5	7	5	6	6	6	5	5	4	6	5	6	5	6	5	5	6	5
30	7	6	5	7	6	6	5	5	4	3	3	3	5	5	6	6	5	6	5	4	5	4	5	4
31	6	5	6	6	5	5	6	5	5	5	5	5	6	5	6	5	6	6	6	5	6	6	6	6
32	6	6	7	6	6	5	6	5	6	6	6	6	5	5	6	7	7	6	5	6	5	5	6	5

Fuente: Elaboración propia, (2018)

**ANEXO XV
RESULTADOS DE SABOR**

PANELISTA	TRAT. 1			TRAT. 2			TRAT. 3			TRAT. 4			TRAT. 5			TRAT. 6			TRAT. 7			TRAT. 8		
	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R
1	6	5	5	5	5	4	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	4	4	6	5	6	6	5	6
2	6	6	5	6	5	5	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
3	6	6	6	6	6	5	6	5	6	6	7	6	6	7	6	6	7	6	5	6	5	6	7	6
4	7	6	6	7	6	6	4	4	4	6	6	6	5	5	5	6	5	6	5	6	5	5	6	6
5	5	5	5	4	4	3	4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4
6	6	6	5	5	7	5	6	6	6	6	5	6	5	5	4	5	4	6	5	7	5	4	5	4
7	5	6	5	5	4	4	4	4	5	5	6	6	5	5	4	6	5	6	5	5	6	6	3	3
8	6	6	6	4	5	4	7	6	6	7	5	6	7	6	6	7	6	6	6	6	5	7	4	6
9	7	6	6	5	4	5	6	6	7	5	6	6	6	7	6	5	5	5	7	7	6	6	6	5
10	6	5	7	6	7	7	6	6	6	7	7	7	6	6	7	7	6	6	6	7	6	6	7	6
11	4	5	4	6	6	7	4	4	4	5	6	7	5	6	5	6	5	6	4	4	4	5	6	6
12	4	5	6	7	6	6	5	4	5	6	6	6	4	5	5	7	5	5	5	5	7	7	7	7
13	5	5	4	6	6	5	6	6	5	6	6	5	4	4	5	7	7	6	6	4	4	4	4	4
14	7	7	7	7	7	7	6	6	7	5	6	5	6	6	7	6	7	7	4	4	5	6	7	6
15	4	5	5	6	5	6	3	3	4	5	5	5	4	3	3	7	6	6	4	4	5	5	4	5
16	5	5	4	5	5	6	5	5	5	5	6	5	5	5	6	6	6	5	4	4	5	5	5	5
17	6	6	6	6	7	6	5	5	5	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	6	5	7	5	5
18	6	7	6	7	6	7	5	5	5	7	7	7	6	6	6	7	7	7	4	5	4	7	7	7
19	4	5	4	4	6	4	4	5	5	5	5	6	5	6	5	6	5	4	4	5	5	4	5	6
20	6	6	7	7	6	6	4	5	4	7	6	7	5	5	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6
21	5	4	5	3	4	4	4	4	4	5	4	5	5	4	5	4	3	4	5	4	5	5	4	5
22	5	4	4	6	5	6	4	4	3	4	5	4	4	4	5	5	4	3	5	6	4	5	6	4
23	6	6	7	7	7	7	5	6	5	6	6	6	5	5	6	6	6	6	5	6	5	5	6	5
24	4	5	4	6	6	7	2	3	2	6	5	6	3	3	3	5	5	6	2	3	2	6	6	6
25	6	6	5	7	5	7	5	4	5	7	6	7	6	6	5	7	6	6	4	5	4	4	5	4
26	6	7	7	7	6	6	7	7	7	7	6	6	6	7	7	7	7	6	7	7	6	5	5	5
27	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	5	5	5	4	6	6	5	6	5	6
28	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	5	5	6
29	7	6	7	6	5	6	6	7	6	6	6	6	6	5	5	6	5	6	6	6	6	6	6	6
30	7	7	7	6	6	5	2	3	2	5	6	5	3	3	3	7	6	7	5	4	5	7	6	7
31	7	6	6	5	5	6	5	5	5	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	5	5	5	6	6
32	5	5	6	6	6	7	6	7	6	5	6	5	6	6	7	7	7	6	6	6	6	6	7	6

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO XVI
RESULTADOS DE VALOR PROTEICO TAGUCHI

TRATAMIENTO	REPLICA	CONTENIDO PROTEICO
1	1	44.18%
2		37.89%
3		45.77%
4		40.61%
5		42.79%
6		39.67%
7		43.53%
8		40.48%
1	2	43.93%
2		37.77%
3		45.57%
4		40.46%
5		42.62%
6		39.59%
7		43.26%
8		40.31%
1	3	43.87%
2		37.62%
3		45.53%
4		40.08%
5		42.58%
6		39.46%
7		43.21%
8		40.17%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

ANEXO XVII
RESULTADOS DE INDICE DE SOLUBILIDAD DE TAGUCHI

TRATAMIENTO	REPLICA	INDICE DE SOLUBILIDAD
1	1	14.04%
2		15.28%
3		14.60%
4		16.18%
5		16.04%
6		14.68%
7		15.26%
8		14.00%
1	2	14.06%
2		16.06%
3		14.22%
4		15.94%
5		16.68%
6		14.30%
7		15.42%
8		15.04%
1	3	13.82%
2		16.20%
3		14.36%
4		15.52%
5		16.24%
6		14.40%
7		15.08%
8		15.02%

Fuente: Elaboración propia, (2018).

**ANEXO XVIII
RESULTADOS DE ACEPTABILIDAD GENERAL DE DCCRO**

PL	TRAT. 1			TRAT. 2			TRAT. 3			TRAT. 4			TRAT. 5			TRAT. 6			TRAT. 7			TRAT. 8			TRAT. 9			TRAT. 10			TRAT. 11			TRAT. 12			TRAT. 13			TRAT. 14			TRAT. 15			TRAT. 16					
	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R	1°R	2°R	3°R		
1	6	5	6	5	4	4	6	6	6	5	4	4	5	5	5	6	5	7	6	5	5	5	6	5	7	6	7	7	7	7	5	6	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5		
2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	6			
3	6	6	6	7	6	5	6	7	6	6	7	6	6	6	6	6	7	7	6	5	5	7	6	7	7	7	7	6	7	7	7	7	6	7	7	7	6	6	7	7	6	7	6	7	5	6	6				
4	6	5	6	6	6	5	5	5	5	6	5	6	5	5	5	4	6	7	5	4	5	5	6	6	7	7	7	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	6	6	7			
5	4	5	5	4	5	4	4	6	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	7		
6	6	5	6	5	6	5	5	4	4	5	5	6	5	6	5	5	5	5	7	6	6	5	5	5	6	7	6	7	6	6	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7			
7	5	6	5	5	3	4	4	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5	7	7	7	7	6	6	7	6	6	7	7	6	7	7	7	7	7	7	6	7	6	6	5		
8	6	6	6	4	5	4	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	5	7	7	6	6	6	5	7	7	6	7	6	7	6	7	6	7	7	6	7	7	6	7	6	7	6	7	6	6	6	7				
9	6	6	6	5	6	5	6	7	6	5	4	5	6	7	7	4	5	5	7	7	7	5	6	6	7	7	6	7	6	7	7	6	7	7	6	5	6	6	6	7	6	6	6	5	5	5	5				
10	6	5	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6	7	6	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7	6	7	7	6	7	7	5	5	5			
11	6	5	6	6	5	7	5	4	5	6	6	6	4	4	4	5	6	7	5	4	5	5	6	6	7	6	6	7	6	6	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	6	6	7	7	6	7	6	6
12	5	5	5	6	6	6	5	5	5	6	5	6	5	5	5	7	6	7	5	4	5	6	5	6	6	7	6	6	7	6	7	7	7	7	7	7	7	6	5	6	7	7	6	7	6	6	7	6			
13	6	5	5	6	6	5	6	7	6	7	6	6	6	6	5	5	5	5	6	5	6	7	6	7	7	7	7	6	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	6	5	5		
14	7	6	7	7	7	7	4	4	5	6	6	7	3	4	3	6	7	6	6	5	6	4	4	5	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	7	6		
15	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	6	6	5	6	5	4	5	5	4	5	4	4	4	6	6	6	7	6	7	7	7	7	7	7	7	6	6	7	7	7	6	6	6	7	6	5	5			
16	5	5	4	5	4	5	5	5	5	6	5	5	5	5	4	5	5	5	6	5	6	6	5	5	5	7	5	6	7	7	5	6	6	7	7	7	6	7	7	6	5	5	6	7	7	6	6	6			
17	6	5	5	6	7	5	6	5	5	6	6	5	6	6	6	5	6	5	5	4	5	5	5	5	7	7	6	7	7	6	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	7	7	7	6	6		
18	6	7	7	7	7	7	5	6	5	7	7	7	4	5	4	7	7	7	6	6	5	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	7	7	7	7	6	6			
19	4	5	5	4	5	5	6	5	6	6	4	5	5	5	4	6	5	5	5	6	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	6	6	6	7	7	6	5	6	7	7	6	7	6			
20	6	6	5	7	5	6	6	5	6	7	7	6	6	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			
21	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4	3	4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	4	5	7	7	6	5	6	5	7	6	7			
22	5	4	4	6	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	5	5	4	5	5	4	6	6	7	6	7	6	6				
23	6	6	7	7	7	5	5	5	6	6	4	5	4	5	4	5	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	
24	4	5	5	6	6	7	3	3	4	5	5	6	2	3	2	6	6	6	7	6	7	6	5	6	7	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5		
25	6	7	6	7	6	7	6	6	5	7	6	6	4	5	4	4	5	5	5	4	5	6	6	6	7	7	7	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	6	6	6	6	6	6	5		
26	6	7	6	6	5	5	5	7	6	6	7	6	6	6	5	6	7	6	5	5	6	7	6	5	5	6	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	6	7	7	7	7	7	6	7	7	6	6	7	6	7	
27	6	5	5	5	5	6	6	5	5	5	4	4	6	6	6	5	5	7	6	6	7	6	5	6	6	7	6	6	7	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6	5	6	7	6	6			
28	6	5	6	6	5	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	5	7	5	5	6	6	6	5	7	7	7	6	7	7	6	7	7	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	7	7		
29	7	6	7	6	5	5	5	4	4	6	5	6	6	6	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	7	7	7	5	6	7	6	6	5	7	6	7	5	6	5	7	7	5	6	5	6	6	6	5			
30	7	7	6	6	5	5	4	3	4	7	6	7	5	4	5	6	5	7	7	6	7	5	5	5	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	7	7	6	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	7	7	6	
31	7	6	6	5	5	4	6	5	6	6	6	6	6	5	5	6	7	7	6	7	6	5	6	7	7	7	7	7	7	6	5	5	6	7	6	6	6	6	5	5	6	5	6	5	6	5	6	6	6		
32	5	5	6	6	7	7	6	6	7	7	7	6	6	6	6	6	7	7	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	

Fuente: Elaboración propia, (2018).

**ANEXO XIX
RESULTADOS DE VALOR PROTEICO DE DCCRO**

TRATAMIENTO	REPLICA	CONTENIDO PROTEICO
1	1	39.90%
2		40.11%
3		39.21%
4		39.47%
5		39.50%
6		39.83%
7		40.15%
8		39.21%
9		39.59%
10		39.65%
11		39.57%
12		39.48%
13		39.67%
14		39.48%
15		39.68%
16		39.69%
1	2	39.81%
2		40.03%
3		39.12%
4		39.38%
5		39.41%
6		39.75%
7		40.06%
8		39.12%
9		39.59%
10		39.59%
11		39.47%
12		39.59%
13		39.68%
14		39.59%
15		39.47%
16		39.59%
1	3	39.68%
2		39.91%
3		38.99%
4		39.27%
5		39.28%
6		39.63%
7		39.94%
8		39.00%
9		39.46%
10		39.59%
11		39.56%
12		39.59%
13		39.46%
14		39.68%
15		39.65%
16		39.46%

Fuente: Elaboración propia, (2018)

ANEXO XX
RESULTADOS DE INDICE DE SOLUBILIDAD DCCRO

TRATAMIENTO	REPLICA	INDICE DE SOLUBILIDAD
1	1	16.58%
2		15.94%
3		16.12%
4		16.90%
5		15.78%
6		16.58%
7		16.44%
8		17.22%
9		14.86%
10		15.72%
11		15.12%
12		15.30%
13		14.90%
14		14.92%
15		15.32%
16		14.72%
1		16.34%
2		15.82%
3		16.24%
4		16.72%
5		15.90%
6		16.98%
7		16.36%
8		17.02%
9		15.60%
10		14.83%
11		15.63%
12		14.79%
13		15.53%
14		15.63%
15		14.77%
16		15.23%
1		16.37%
2		15.77%
3		15.97%
4		16.85%
5		15.33%
6		16.79%
7		16.27%
8		17.13%
9		15.67%
10		14.73%
11		15.61%
12		14.95%
13		15.73%
14		15.13%
15		14.81%
16		14.93%

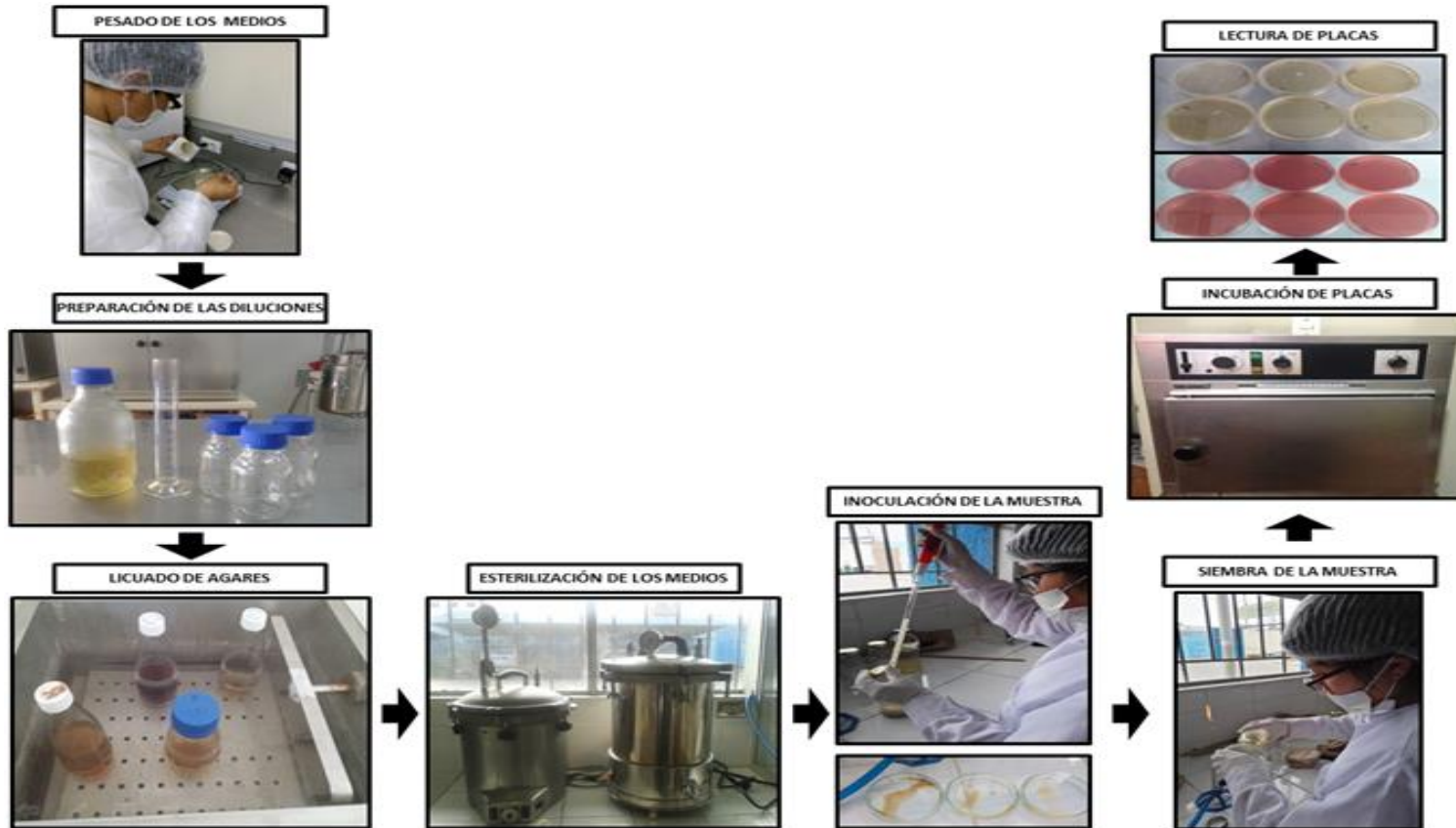
Fuente: Elaboración propia, (2018)

ANEXO XXI
VALOR DIARIO DE REFERENCIA

COMPONENTES	VD
Proteína	50 g
Grasa	65 g
carbohidratos	300 g

Fuente: FDA (2009)

ANEXO XXII ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



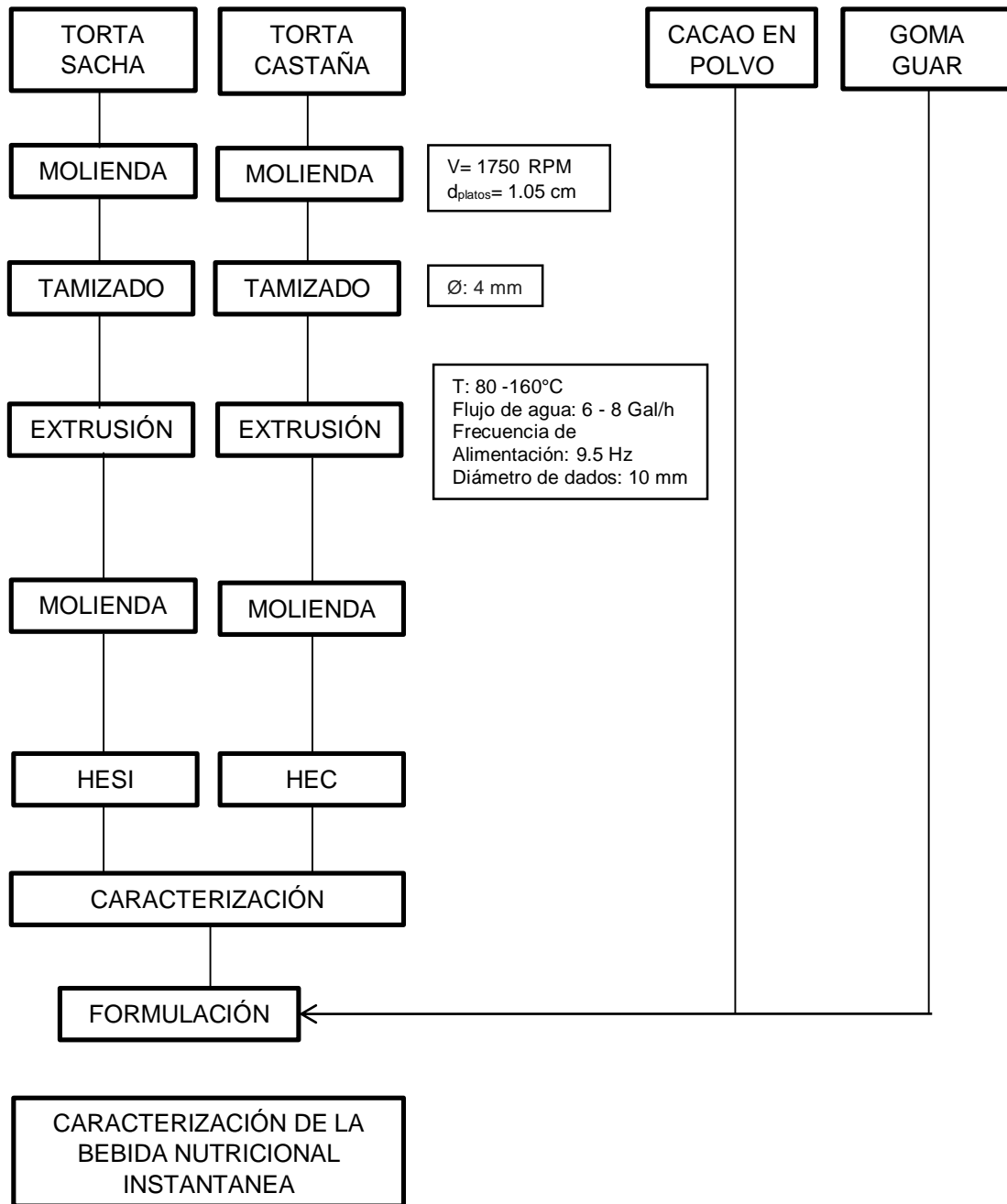
Fuente: Elaboración propia, (2018)

ANEXO XXIII
CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS

V.7. Productos instantáneos extruidos o expandidos proteinizados o no y hojuelas a base de granos (gramíneas, quenopodiáceas y leguminosas) que no requieren cocción.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	3	3	5	1	10^4	10^5
Mohos	2	3	5	2	10^2	10^3
Coliformes	5	3	5	2	10	10^2
<i>Bacillus cereus</i>	8	3	5	1	10^2	10^3
<i>Salmonella</i> sp.	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---

Fuente: RM 591-2008/MINSA

**ANEXO XXV
DIAGRAMA DE FLUJO**



Fuente: Elaboración propia (2018)

ANEXO XXVI ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA HARINA EXTRUIDA DE TORTA DE CASTAÑA



INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO EN HARINA EXTRUÍDA

SOLICITANTE : GERALD CHUMPITAZ HUANQUI.
PRODUCTO : HARINA EXTRUÍDA.
NÚMERO DE MUESTRA : Uno.
IDENTIFICACIÓN/MTRA : HETC
CANTIDAD RECIBIDA : 500 g.
MARCA : S/M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, las muestras ingresan cerradas en bolsas de polietileno.
REFERENCIA : PERSONAL.
FECHA DE RECEPCIÓN : 05/12/2017
ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO.

RESULTADOS:

ENSAYO	RESULTADOS
1. Humedad (%)	6.13
2. Carbohidratos (%)	31.17
3. Cenizas (%)	8.88
4. Grasa (%)	5.82
5. Proteína (%)	42.44
6 Fibra (%)	5.56

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:

1. AOAC 925.45; 1990.
2. Por diferencia.
3. AOAC 923.03; 1990.
4. AOAC 985.15; 1990.
5. AOAC 12.1.07, 2000.
6. AOAC 1980, 13th Edition.

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO: Del 06/12/2017 al 20/12/2017.



Av. Juan Pablo II N° 306 - Bellavista
Callao (P) - PERÚ. Tel.: (511) 4652325
e-mail: iiea@unac.pe

Fuente: IIEA - UNAC (2018)

ANEXO XXVII ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA HARINA EXTRUIDA DE TORTA DE SACHA INCHI



INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO EN HARINA EXTRUIDA

SOLICITANTE : GERALD CHUMPITAZ HUANQUI.
 PRODUCTO : HARINA EXTRUIDA.
 NÚMERO DE MUESTRA : Uno.
 IDENTIFICACIÓN/MTRA : HETSI
 CANTIDAD RECIBIDA : 500 g.
 MARCA : S/M.
 FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, las muestras ingresan cerradas en bolsas de polietileno.
 REFERENCIA : PERSONAL.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 05/12/2017
 ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO.

RESULTADOS:

ENSAYO	RESULTADOS
1. Humedad (%)	2.13
2. Carbohidratos (%)	25.54
3. Cenizas (%)	5.96
4. Grasa (%)	6.82
5. Proteína (%)	55.54
6 Fibra (%)	4.01

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:

1. AOAC 925.45; 1990.
2. Por diferencia.
3. AOAC 923.03; 1990.
4. AOAC 985.15; 1990.
5. AOAC 12.1.07, 2000.
6. AOAC 1980, 13th Edition.

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO: Del 06/12/2017 al 20/12/2017.



ANEXO XXVIII ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA



INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTANEA

SOLICITANTE : GERALD CHUMPITAZ HUANQUI.
 PRODUCTO : BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTANEA.
 NUMERO DE MUESTRA : Uno.
 IDENTIFICACION/MTRA : BNI
 CANTIDAD RECIBIDA : 500 g.
 MARCA : S/M.
 FORMA DE PRESENTACION : Envasado, las muestras ingresan cerradas en bolsas de polietileno.
 REFERENCIA : PERSONAL.
 FECHA DE RECEPCION : 12/07/2018
 ENSAYO SOLICITADO : MICROBIOLÓGICO.

RESULTADOS:

ENSAYO	RESULTADOS
1. Aerobios mesófilos	5x10 ³ UFC/g
2. Mohos	10 UFC/g
3. Coliformes	< 1 UFC/g
4. Bacillus Cereus	< 1 UFC/g
5. Salmonella spp	Ausencia/25g

METODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:

1. ISO 4833-1: 2003.
2. ISO 21527: 2008.
3. ISO 4832: 2006.
4. ISO 7932: 2005
5. AOAC 989.13

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYO: Del 13/07/2018 al 18/07/2018.



Av. Juan Pablo II N° 506 - Bellavista
Callao, PE - PERÚ. Tel.: (511) 4652325
www.unac.edu.pe

Fuente: IIEA - UNAC (2018)

ANEXO XXVIX ANÁLISIS DE SOLUBILIDAD DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA



INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO EN BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA

SOLICITANTE : GERALD CHUMPITAZ HUANQUI.
PRODUCTO : BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA.
NÚMERO DE MUESTRA : Uno.
IDENTIFICACIÓN/MTRA : BNI
CANTIDAD RECIBIDA : 200 g.
MARCA : S/M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, las muestras ingresan cerradas en bolsas de polietileno.
REFERENCIA : PERSONAL.
FECHA DE RECEPCIÓN : 10/07/2018
ENSAYO SOLICITADO : FÍSICO QUÍMICO.

RESULTADOS:

ENSAYO	RESULTADOS
1. Índice de solubilidad (%)	16.34

MÉTODO UTILIZADO EN EL LABORATORIO:

1. Método modificado de ANDERSON et al., (1969) y CANO et al., (2005).

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO: 11/07/2018.



Av. Juan Pablo II N° 306 - Bellavista
Callao 02 - PERÚ. Tel.: (511) 4652325

Fuente: IIEA - UNAC (2018)

ANEXO XXX

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTÁNEA ÓPTIMA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

INFORME DE ENSAYO LENA N° 1133/2018

CLIENTE : WINNIE NAJAT GARCIA MOLERO
 NOMBRE DEL PRODUCTO : Bebida nutricional instantánea
 (Denominación responsabilidad del cliente)
 MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
 FECHA DE RECEPCIÓN : 27-11-2018
 FECHA DE ANÁLISIS : Del 27/11/18 al 05/12/18
 CANTIDAD DE MUESTRA : 124 gramos
 PRESENTACION : Muestra de harina en bolsa plástica
 IDENTIFICACION : AQ18-1133

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

ANALISIS	RESULTADOS
a.- HUMEDAD,%	3.66
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	47.99
c.- GRASA, %	6.95
d.- FIBRA CRUDA, %	4.46
e.- CENIZA,%	7.65
f.- ELN ¹ ,%	29.29


ELN¹ = EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO

Métodos utilizados:

- a.- AOAC (2005), 950.46
- b.- AOAC (2005), 984.13
- c.- AOAC (2005), 2003.05
- d.- AOAC (2005), 962.09
- e.- AOAC (2005), 942.05

Atentamente,

La Molina, 05 de Diciembre del 2018


Dr. Carlos Gómez Bravo
 Jefe del Laboratorio de Evaluación
 Nutricional de Alimentos

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
 Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Fuente: LENA - UNALM (2018)

ANEXO XXXI
AMINOGRAMA DE LA BEBIDA NUTRICIONAL INSTANTANEA
ÓPTIMA



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS NATURALES

Informe de resultados

Solicitante:	Laboratorios Biosana SAC
Muestra:	Bebida Nutricional Instantánea a Base de Harina Extruida de la Torta de Sacha Inchi y harina Extruida de la Torta de Castaña.
Análisis:	Perfil de aminoácidos por cromatografía HPLC
Fecha de entrega de Resultados:	29 octubre 2018

RESULTADOS

En las páginas 2 a 3 del presente informe.

Atentamente,

Dra. Rosario Rojas Durán

Unidad de Investigación en Productos Naturales
LID-Laboratorio 209
e-mail: rosario.rojas@upch.pe
página web: www.uipn-upch.pe
Teléfono: 51-1-3190000 Anexo 233227

Página 1 de 3

Av. Honorio Delgado 430, Lima 31 / Apartado Postal 4314
Central Telefónica: (511) 319-0000 2402 Secretaría Académica de
Facultad de Ciencias y Filosofía Alberto Cazorla Tallari

Fuente: LID - UPCH (2018)

**PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE LA MUESTRA "BEBIDA NUTRICIONAL
INSTANTÁNEA A BASE DE HARINA EXTRUIDA DE LA TORTA DE SACHA
INCHI Y HARINA EXTRUIDA DE LA TORTA DE CASTAÑA"**

AMINOÁCIDO	mg/g de muestra
Ácido aspártico	12.23 ± 0.31
Ácido glutámico	7.97 ± 0.10
Asparagina + Glutamina	1.28 ± 0.02
Serina	7.84 ± 0.19
Treonina	1.01 ± 0.02
Arginina	5.69 ± 0.19
Glicina	7.01 ± 0.15
Alanina	25.78 ± 0.88
Prolina	1.12 ± 0.02
Valina	2.27 ± 0.02
Metionina	2.78 ± 0.07
Isoleucina	1.07 ± 0.04
Leucina	7.22 ± 0.22
Triptofano	2.12 ± 0.06
Fenilalanina	11.81 ± 0.22
Cisteina	56.98 ± 1.26
Lisina	2.45 ± 0.06
Histidina	3.23 ± 0.13
Tirosina	31.62 ± 0.68

Página 2 de

Fuente: LID - UPCH (2018)

