

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**CALIDAD PROTEICA DE GALLETAS ELABORADAS CON HARINAS DE
AVENA (*Avena sativa L.*) Y DE LARVA *Hermetia illucens* (Diptera:
Stratiomyidae)**

PRESENTADO POR:

Br. RUTH CARINA COLQUE CAILLAHUA

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

ASESORA:

DRA. MIRIAM CALLA FLOREZ

FINANCIADO POR:

PROGRAMA "YACHAYNINCHIS
WIÑARINANPAQ" - UNSAAC

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** MIRIAM CALLA FLOREZ.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada:

..... CALIDAD PROTEICA DE GALLETAS ELABORADAS CON HARINAS DE AVENA (*Avena sativa L.*) Y DE
..... LARVA *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae).....
.....

Presentado por: RUTH CARINA COLQUE CAILLAHUA..... DNI N° 74094403.....
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGROINDUSTRIAL.....
.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03..... veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5.....%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/> X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 22 de DICIEMBRE..... de 2025.....

Firma

Post firma MIRIAM CALLA FLOREZ.....

Nro. de DNI 24714509.....

ORCID del Asesor 0000-0003-0592-6454.....

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:542820593.....

Ruth Carina Colque Caillahua

CALIDAD PROTEICA DE GALLETAS ELABORADAS CON HARINAS DE AVENA (*Avena sativa L.*) Y DE LARVA *Hermetia illucens*

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:542820593

228 páginas

Fecha de entrega

22 dic 2025, 9:03 p.m. GMT-5

47.679 palabras

237.331 caracteres

Fecha de descarga

22 dic 2025, 9:10 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

CALIDAD PROTEICA DE GALLETAS ELABORADAS CON HARINAS DE AVENA (*Avena sativa L.*) Y DE LA....pdf

Tamaño del archivo

3.0 MB

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

4%	 Fuentes de Internet
1%	 Publicaciones
3%	 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

PRESENTACIÓN

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería de Procesos, de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

De conformidad con las disposiciones establecidas en el Reglamento de Tesis de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, me permito presentar a su digna consideración la siguiente investigación titulada: “Calidad proteica de galletas elaboradas con harinas de avena (*Avena sativa L.*) y de larva *Hermetia illucens* (*Diptera: Stratiomyidae*)”.

El propósito de este trabajo de investigación es evaluar la calidad proteica de galletas formuladas con mezclas de harina de avena y harina de larva de *Hermetia illucens*, optimizando una formulación con mejor contenido de proteína, hierro, textura y color, la cual será evaluada biológicamente en ratas. Esta investigación busca demostrar el potencial de dicha formulación como una alternativa nutricional accesible y de alto valor biológico, contribuyendo así al mejoramiento de la alimentación humana.

Ruth Carina Colque Caillahua

INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	2
INDICE GENERAL	3
INDICE DE TABLA	6
INDICE DE FIGURAS.....	8
INDICE DE GRAFICOS	10
INDICE DE APENDICES.....	10
INDICE DE TABLAS DEL APENDICE.....	12
INDICE DE ANEXOS	12
DEDICATORIA	13
AGRADECIMIENTO	14
LISTA DE ACRONIMOS	15
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17
INTRODUCCIÓN	18
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	19
1.1.1. Formulación del Problema.....	20
1.1.2. Objetivos de la Investigación	21
1.1.3. Justificación del Estudio.....	22
II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN: INTERNACIONALES, NACIONALES Y LOCALES.....	24
2.2. BASES TEÓRICAS	28
2.2.1. <i>Trigo (Triticum aestivum L.)</i>	28
2.2.2. <i>Avena (Avena sativa L.)</i>	30
2.2.3. <i>Entomofagia</i>	33
2.2.4. <i>Larva de insecto Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae)</i>	36

2.2.5. <i>Galletas</i>	47
2.2.6. <i>Caracterización Nutricional y tecnológica de la galleta</i>	51
2.2.7. <i>Calidad Proteica</i>	53
2.2.8. <i>Métodos de análisis de la calidad proteica</i>	56
2.2.9. <i>Evaluación biológica en ratas</i>	58
2.3. MARCO CONCEPTUAL	61
2.3.1. <i>Trigo</i>	61
2.3.2. <i>Avena</i>	61
2.3.3. <i>Entomofagia</i>	61
2.3.4. <i>Larva de insecto Hermetia illucens</i>	61
2.3.5. <i>Harina de larva Hermetia illucens</i>	61
2.3.6. <i>Sustitución parcial</i>	61
2.3.7. <i>Galletas</i>	62
2.3.8. <i>Calidad proteica</i>	62
2.3.9. <i>PER</i>	62
2.3.10. <i>VB</i>	62
2.3.11. <i>NPU</i>	62
2.3.12. <i>Digestibilidad aparente</i>	62
2.3.13. <i>Caseína</i>	62
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	63
3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	63
<i>Hipótesis general</i>	63
<i>Hipótesis específicas</i>	63
3.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	64
3.2.1. <i>Variables Experimentales</i>	64
3.2.2. <i>Variable Descriptiva: Estudio Comparativo</i>	64
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	66
IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	69
4.1. LUGAR DE INVESTIGACIÓN	69
4.1.1. <i>Ubicación geográfica</i>	70
4.2. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	70
4.3. UNIDAD DE ESTUDIO	70
4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	70
4.4.1. <i>Población de Estudio</i>	70
4.4.2. <i>Tamaño de Muestra</i>	71
4.5. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS	72

4.5.1. <i>Metodología para la obtención de harina de larva desgrasada y pulverizada de Hermetia illucens</i>	75
4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	85
4.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	92
4.7.1. <i>Organización y Tratamiento Inicial de Datos</i>	92
4.7.2. <i>Software y Análisis Inferencial</i>	92
4.7.3. <i>Optimización y Análisis Biológico</i>	93
4.8. DISEÑO EXPERIMENTAL	97
4.8.1. <i>Matriz Experimental</i>	97
4.8.2. <i>Ánalisis Estadístico</i>	98
4.8.3. <i>Técnicas de comprobación de hipótesis</i>	98
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	100
5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DESGRASADA DE LARVA DE <i>HERMETIA ILLUCENS</i>	100
5.1.1. <i>Propiedades físicas de la larva deshidratada de Hermetia illucens</i>	100
5.1.2. <i>Composición proximal de la harina de larva Hermetia illucens</i>	100
5.2. ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES DE GALLETAS.	102
5.2.1. <i>Formulaciones finales</i>	102
5.2.2. <i>Score químico y Compueto aminoacídico de las siete formulaciones de galletas</i>	103
5.3. ANÁLISIS NUTRICIONAL (PROTEÍNA Y HIERRO) Y TECNOLÓGICO (DUREZA, FRACTURABILIDAD Y COLOR) DE LAS GALLETAS CON HARINAS DE AVENA Y LARVA <i>HERMETIA ILLUCENS</i>	105
5.3.1. <i>Análisis del contenido de Proteína</i>	105
5.3.2. <i>Análisis del contenido de Hierro</i>	109
5.3.3. <i>Análisis de la Dureza</i>	113
5.3.4. <i>Análisis de la Fracturabilidad</i>	117
5.3.5. <i>Análisis del color</i>	121
5.4. OPTIMIZACIÓN EN EL SOFTWARE DESIGN-EXPERT® 13	131
5.5. EVALUACIÓN BIOLÓGICA	133
5.5.1. <i>Determinación de la Razón de Eficiencia Proteica (PER)</i>	134
5.5.2. <i>Evaluación de la Utilización Neta de Proteínas - NPU</i>	137
5.5.3. <i>Evaluación del Valor Biológico – VB</i>	140
5.5.4. <i>Digestibilidad Aparente</i>	142
CONCLUSIONES	145
RECOMENDACIONES	146

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147
APÉNDICES.....	164
ANEXOS	224

INDICE DE TABLA

TABLA 1 Componentes fisicoquímicos de la harina de trigo (<i>Triticum aestivum L.</i>)....	29
TABLA 2 Contenido de aminoácidos de la harina de trigo (<i>Triticum aestivum L.</i>).....	29
TABLA 3 Componentes fisicoquímicos de la harina la harina de avena (<i>Avena Sativa L.</i>)	31
TABLA 4 Contenido de aminoácido de la avena.....	31
TABLA 5 Caracterización microbiológica de la harina de avena.....	32
TABLA 6 Se reporta la utilización frecuente de 186 especies.....	34
TABLA 7 Valor nutricional de algunos insectos comestibles (g/100 g de insecto)	35
TABLA 8 Estado comestible de los insectos	36
TABLA 9 Composición fisicoquímica de la harina de la larva <i>Hermetia illucens</i> (g/100 g).	
.....	44
TABLA 10 Contenido de aminoácido de la larva <i>Hermetia illucens</i> g/100g.....	45
TABLA 11 Composición microbiológica de la larva de <i>Hermetia illucens</i>	45
TABLA 12 Requisitos fisicoquímicos de la galleta	48
TABLA 13 Requisitos nutricionales	48
TABLA 14 Requisito Microbiológico: Se consideran productos como (pan, galletas, etc). Alimentos que no necesitan de refrigeración para su conservación.	49
TABLA 15 Análisis biológico de diferentes proteínas de origen animal y vegetal.....	54
TABLA 16 Contenido en aminoácidos esenciales de algunos alimentos (mg/100g)	54
TABLA 17 Necesidades de aminoácidos para niños mayores de 1 año y adultos (g/100 g)	
.....	56
TABLA 18 Operacionalización de variables	66
TABLA 19 Las materias primas, insumos, materiales, instrumentos y equipos.....	72
TABLA 20 Restricciones aplicadas en el software Design-Expert®, para galletas formuladas con harinas de trigo, avena y larva (<i>Hermetia illucens</i>).....	78

TABLA 21 Diseño de mezclas de los componentes para la elaboración de las galletas elaboradas	79
TABLA 22 Matriz experimental para determinar el score químico.....	80
TABLA 23 Matriz experimental para determinar el cómputo aminoacídico.....	81
TABLA 24 Objetivos de optimización de variables de respuesta en la formulación de galletas con harinas de trigo, avena y larva <i>Hermetia illucens</i>	87
TABLA 25 Composición proximal de las dietas utilizadas en la evaluación biológica ..	89
TABLA 26 Resumen de técnicas de procesamiento de información.....	94
TABLA 27 Matriz experimental del estudio nutricional y tecnológico de las formulaciones de galletas.....	97
TABLA 28 Evaluación de la calidad biológica y proteica de la formulación óptima comparada con el control (caseína).....	97
TABLA 29 Dimensiones, peso y color de larva de <i>Hermetia illucens</i>	100
TABLA 30 Composición proximal de la harina integral y desgrasada de <i>Hermetia illucens</i>	100
TABLA 31 Formulaciones de galletas con harinas de avena y larva (<i>Hermetia illucens</i>) al 100 % con aditivos.....	102
TABLA 32 Resumen del score químico de galletas con harinas de avena y larva (<i>Hermetia illucens</i>).....	103
TABLA 33 Resumen del cómputo aminoacídico de galletas con harinas de avena y larva <i>Hermetia illucens</i>	104
TABLA 34 Análisis del contenido de proteína de las 7 formulaciones y la muestra patrón en el contenido de proteína (%)	105
TABLA 35 ANOVA para el contenido de PROTEINA	106
TABLA 36 Análisis del contenido de Hierro de las 7 formulaciones y la muestra patrón en el contenido de hierro.....	109
TABLA 37 ANOVA para HIERRO.....	110
TABLA 38 Análisis de la Dureza de las 7 formulaciones y la muestra patrón.....	113
TABLA 39 ANOVA para DUREZA	114
TABLA 40 Análisis de la Fracturabilidad de las 7 formulaciones y la muestra patrón. 117	
TABLA 41 ANOVA para FRACTURABILIDAD.....	118

TABLA 42 Análisis del color (*L, *a y *b) de las 7 formulaciones y la muestra patrón	121
TABLA 43 ANOVA para LUMINOSIDAD	122
TABLA 44 ANOVA para ROJO-VERDE.....	125
TABLA 45 ANOVA para AMARRILO-AZUL	128
TABLA 46 Optimización de formulaciones de galletas con harinas de avena y larva mediante Design-Expert® 13	131
TABLA 47 Composición proximal de la galleta optimizada seleccionada	133
TABLA 48 Composición promedio de proteína en las dietas utilizadas para la evaluación biológica (dieta experimental: galleta optimizada; dieta patrón: caseína, ambas ajustadas al 10% de proteína)	133
TABLA 49 Evaluación de la Razón de Eficiencia Proteica para cada animal en experimentación	135
TABLA 50 Evaluación de la Razón de Eficiencia Proteica promedio	136
TABLA 51 Utilización Neta de Proteína (NPU) en ratas machos alimentadas con dieta experimental y control (caseína).....	137
TABLA 52 Utilización Neta de Proteína (NPU) en ratas hembras alimentadas con dieta experimental y control (caseína).....	137
TABLA 53 Utilización Neta de Proteína (NPU) promedio en ratas (machos y hembras) para dietas experimental y control (caseína).....	138
TABLA 54 Utilización Neta de Proteína promedio	139
TABLA 55 Valor Biológico por cada animal en experimentación - VB	140
TABLA 56 Valor biológico.....	141
TABLA 57 Digestibilidad aparente por cada animal en experimentación - D	142
TABLA 58 Digestibilidad aparente promedio	143
TABLA 59 Resumen de los parámetros evaluados en los grupos experimentales y patrón durante el ensayo biológico	144

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Etapas de vida de la mosca soldado negra.	37
FIGURA 2 Huevo de la mosca soldado negro.....	38

FIGURA 3 Larva de insecto <i>Hermetia illucens</i>	38
FIGURA 4 Los 6 estadios larvarios de la <i>Hermetia illucens</i>	39
FIGURA 5 Mosca de soldado negro.....	40
FIGURA 6 Partes de la larva <i>Hermetia illucens</i>	42
FIGURA 7 Harina de la Larva de insecto <i>Hermetia Illucens</i>	43
FIGURA 8 El Espacio de Color CIE L*A*B*	53
FIGURA 9 Estructura de Variables de la Investigación: experimental y descriptiva.	65
FIGURA 10 Diagrama de bloques de la obtención de la harina de larva <i>Hermetia illucens</i>	77
FIGURA 11 Diagrama de bloques de la obtención de galleta enriquecida	84
FIGURA 12 Ratas recién nacidas	88
FIGURA 13 Jaulas metabólicas utilizadas para el alojamiento y manejo experimental de ratas en el bioriterio.....	90
FIGURA 14 Esquema metodológico para la determinación de la calidad proteica de galletas	95
FIGURA 15 Esquema metodológico para la optimización de formulaciones mediante diseño de mezclas en Design-Expert	96
FIGURA 16 Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función del contenido de proteína %.....	107
FIGURA 17 Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función del contenido de hierro.	111
FIGURA 18 Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función a la Dureza	115
FIGURA 19 Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función a la fracturabilidad (N)	119
FIGURA 20 Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función a la Luminosidad (L*)	123
FIGURA 21 Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función a Rojo – verde (a*)	126
FIGURA 22 Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función al Azul-Amarillo (b*).	129

FIGURA 23 Incremento de peso en relación al tiempo..... 134**INDICE DE GRAFICOS**

GRAFICO 1 Gráfico de medias de la proteína (%) en galletas por formulación.....	108
GRAFICO 2 Gráfico de medias del hierro (mg/100g) en galletas por formulación	112
GRAFICO 3 Gráfico de medias de la dureza (N) en galletas por formulación.....	116
GRAFICO 4 Gráfico de medias de la fracturabilidad (N) en galletas por formulación.120	
GRAFICO 5 Gráfico de medias de la luminosidad (L*) en galletas por formulación. 124	
GRAFICO 6 Gráfico de medias de a (Rojo-verde) en galletas por formulación.	127
GRAFICO 7 Gráfico de medias de b (Azul - Amarrillo) en galletas por formulación. 130	
GRAFICO 8 Gráfico de Predicción Optima.....	132

INDICE DE APENDICES

APENDICE 1 Análisis del Score Químico Teórico de la siete Formulaciones de Galletas elaboradas con harinas de avena y larva <i>Hermetia illucens</i>	165
APENDICE 2 Análisis del Score Químico Teórico de la siete Formulaciones de Galletas elaboradas con harinas de avena y larva <i>Hermetia illucens</i>	173
APENDICE 3 Balance de Masa del proceso de obtención de harina de larva <i>Hermetia illucens</i>	177
APENDICE 4 Informe de Análisis Proximal de Harina de Larva <i>Hermetia illucens</i> ...	178
APENDICE 5 Informe de Análisis Microbiológico de la Harina de Larva <i>Hermetia illucens</i>	179
APENDICE 6 Informe de Análisis Proximal de la Harina desgrasada de Larva <i>Hermetia illucens</i>	180
APENDICE 7 Informe de Análisis Proximal de la Harina desgrasada de Larva <i>Hermetia illucens</i>	181
APENDICE 8 Informe de Análisis Proximal de la Harina desgrasada de Larva <i>Hermetia illucens</i>	184
APENDICE 9 Informe de Análisis Proximal de la Harina desgrasada de Larva <i>Hermetia illucens</i>	185

APENDICE 10 Informe del PER de la galleta elaborada con harina de avena y larva <i>Hermetia illucens</i>	186
APENDICE 11 Informe de NPU de galletas elaboradas con harinas de avena y larva <i>Hermetia illucens</i>	187
APENDICE 12 Informe del VB de la galleta elaborada con harinas de avena y larva <i>Hermetia illucens</i>	188
APENDICE 13 Evaluación del PER en ratas alimentadas con la formulación experimental	189
APENDICE 14 Evaluación del PER en ratas alimentadas con la dieta control (caseína*)	196
APENDICE 15 Evaluación del NPU en ratas del sexo macho alimentadas con la formulación experimental	197
APENDICE 16 Evaluación del NPU en ratas del sexo macho alimentadas con dieta control (caseína*)	205
APENDICE 17 Evaluación del VB en ratas alimentadas con la formulación experimental	207
APENDICE 18 Evaluación del VB en ratas alimentadas con la dieta de caseína*	211
APENDICE 19 Evaluación de la digestibilidad en ratas alimentadas con la formulación experimental	212
APENDICE 20 Evaluación de la digestibilidad en ratas alimentadas con la dieta de caseína*	213
APENDICE 21 Producción de harina de larva <i>Hermetia illucens</i>	214
APENDICE 22 Elaboración de galletas	216

INDICE DE TABLAS DEL APENDICE

TABLA 1. 1 Score Químico Teórico de la Formulación 1	165
TABLA 1. 2 Score Químico Teórico de la Formulación 2	166
TABLA 1. 3 Score Químico Teórico de la Formulación 3	167
TABLA 1. 4 Score Químico Teórico de la Formulación 4	168
TABLA 1. 5 Score Químico Teórico de la Formulación 5	169
TABLA 1. 6 Score Químico Teórico de la Formulación 6	170
TABLA 1. 7 Score Químico Teórico de la Formulación 7	171
TABLA 1. 8 Score Químico Teórico de la Muestra Patrón	172

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 01 Reglamento Europeo de insectos aceptados para consumo humano.....	225
ANEXO 02 Norma técnica tailandesa TAS 8202-2017: Buenas prácticas en la producción de grillos para consumo humano	226
ANEXO 03 Límites fisicoquímicos de la galleta	227
ANEXO 04 Especificaciones técnicas de alimentos del programa nacional de alimentación escolar QALI WARMA.....	228

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, por darme vida, fuerza y esperanza en los momentos de duda.

Para mi madre Gavina, por enseñarme que el esfuerzo y la perseverancia transforman la incertidumbre en camino. Para mi padre Fidel, por enseñarme a mirar más allá, a creer en la ciencia y en la sabiduría ancestral.

Gracias a ambos por su amor incondicional y por ser mi fuerza silenciosa y esperanza.

A mi hermano Percy Elbis, por inspirarme a amar la ciencia, por tu ejemplo y por acompañarme desde la infancia con cariño.

Y a ti, mundo, que giras entre caos y belleza, te dedico este esfuerzo como símbolo de los jóvenes que aún creen, sueñan y luchan por dejar huella.

A ti, música, eterna compañera que abrazas mis silencios y celebras mis victorias. Gracias por dar sentido y color a cada paso de este viaje.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la fortaleza, la salud y la perseverancia para culminar esta etapa de mi formación profesional.

Durante el desarrollo de este proyecto, enfrenté momentos de reto y satisfacción que fortalecieron mi compromiso con la investigación. Valoro profundamente el apoyo de quienes confiaron en mí y me acompañaron en este proceso.

Expreso mi sincero reconocimiento a mi asesora, Dra. Miriam Calla Florez, y al Dr. Raúl Comettant Rabanal, por su orientación, compromiso y valiosos aportes al desarrollo de este trabajo.

Agradezco a los miembros del jurado, Dr. Francisco Casa Quispe, Msc. Antonieta Mojo Quisani, Dra. María Mercedes Carrasco Colque y al Ing. Uber Quispe Valenzuela por sus observaciones y sugerencias que contribuyeron a mejorar esta investigación.

Mi gratitud a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su enseñanza y dedicación, así como a mi alma mater, la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente y proporcionarme las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional.

Extiendo también mi agradecimiento al Programa Yachayninchis Wiyarinanpaq del Vicerrectorado de Investigación (VRIN), por el apoyo brindado y el impulso a la investigación estudiantil.

Finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que, de alguna manera, contribuyeron a la realización de este logro.

LISTA DE ACRONIMOS

FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
ONU	: Organización de las Naciones Unidas
PER	: Relación de Eficiencia Proteica
NPU	: Utilización Neta de proteína
VB	: Valor Biológico
D	: Digestibilidad Aparente
GE	: Grupo experimental
GC	: Grupo control
PDCAAS	: Puntaje de Aminoácidos Corregido por Digestibilidad de la Proteína
CIELab	: Sistema de colorimetría basado en percepción visual
L*	: Luminosidad del color (del sistema CIELab)
a*	: Eje rojo – verde del color
b*	: Eje amarrillo – azul del color
C*	: Croma
H*	: Angulo de tono (hue angle)

RESUMEN

La calidad proteica se define como la capacidad de una proteína para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales del organismo y favorecer su aprovechamiento biológico. Con este enfoque, la investigación evaluó la calidad proteica de galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de avena (*Avena sativa L.*) y de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), analizando sus características tecnológicas, nutricionales y biológicas. El estudio se inició con la caracterización de la harina de larva desgrasada (40% de proteína) y, a través de un diseño de mezclas se obtuvieron siete formulaciones validadas teóricamente mediante el score químico y cómputo aminoacídico. La evaluación nutricional (Proteína y Hierro) y tecnológica (Dureza, Fracturabilidad y Color) de las muestras experimentales permitió optimizar una nueva fórmula con alta deseabilidad (50% Harina de Trigo, 25.05% Harina de Avena y 24.95% Harina de Larva) que alcanzó un contenido elevado de proteína (17.69%) y hierro (5.62 mg/100 g), con una textura equilibrada (21.07N de dureza y 37.52N de fracturabilidad) y un color aceptable ($L^*=49.82$, $a^*=6.48$ y $b^*=27.46$). Posteriormente, la evaluación biológica in vivo de esta formulación óptima en ratas Holtzman reportó una Digestibilidad Aparente de $85.91\% \pm 0.89$, evidenciando una alta asimilación proteica. Los indicadores de calidad proteica obtenidos fueron PER (1.58 ± 0.13), NPU ($64.06\% \pm 0.80$) y VB ($62.77\% \pm 3.68$). Se concluye que la formulación optimizada posee un buen contenido nutricional, tecnológico y alta asimilación proteica, estableciendo el potencial de la harina de *Hermetia illucens* como un ingrediente funcional y sostenible.

Palabras claves: Calidad Proteica, *Hermetia illucens*, Galletas y Digestibilidad.

ABSTRACT

Protein quality is defined as the ability of a protein to meet the body's essential amino acid requirements and promote its biological utilization. From this perspective, this study evaluated the protein quality of cookies produced by partially substituting wheat flour with oat flour (*Avena sativa* L.) and *Hermetia illucens* larval flour (Diptera: Stratiomyidae), analyzing their technological, nutritional, and biological characteristics. The study began with the characterization of defatted larval flour, which contained 40% protein, and through a mixture design, seven formulations were obtained and theoretically validated using chemical score and amino acid profiling. Nutritional evaluation (protein and iron) and technological analysis (hardness, fracturability, and color) of the experimental samples allowed the optimization of a new formulation with high desirability (50% wheat flour, 25.05% oat flour, and 24.95% larval flour). This formulation achieved a high protein content (17.69%) and iron content (5.62 mg/100 g), with balanced texture (hardness of 21.07 N and fracturability of 37.52 N) and acceptable color values ($L^* = 49.82$, $a^* = 6.48$, and $b^* = 27.46$). Subsequently, in vivo biological evaluation of the optimized formulation in Holtzman rats reported an apparent digestibility of $85.91\% \pm 0.89$, indicating high protein assimilation. The protein quality indicators obtained were PER (1.58 ± 0.13), NPU ($64.06\% \pm 0.80$), and BV ($62.77\% \pm 3.68$). It is concluded that the optimized formulation presents good nutritional and technological quality with high protein assimilation, establishing the potential of *Hermetia illucens* flour as a functional and sustainable ingredient.

Keywords: Protein Quality, *Hermetia illucens*, Cookies, And Digestibility

INTRODUCCIÓN

La ONU (2024), proyecta que la población mundial alcanzará los 8.600 millones en 2030 y 9.800 millones en 2050, lo que plantea un desafío para garantizar alimentos nutritivos, accesibles y sostenibles. En este contexto, la inseguridad alimentaria ha aumentado desde 2015 por conflictos, desigualdades y cambio climático, situación que se agravó con la pandemia de COVID-19 (FAO, 2024). Este panorama evidencia la necesidad de desarrollar alimentos con mayor valor nutricional que aporten a la seguridad alimentaria.

Entre los productos de consumo masivo, las galletas destacan por su amplia aceptación, bajo costo y facilidad de distribución. No obstante, su composición nutricional se caracteriza por un alto contenido de carbohidratos y grasas, y un bajo aporte proteico, lo que limita su valor nutricional y contribuye a problemas de salud pública como obesidad y anemia (Klerks et al., 2023).

Como alternativa, la harina de avena (*Avena sativa* L.) aporta proteínas, fibra, lípidos insaturados y compuestos bioactivos (Ortega & Barboza, 2016). Asimismo, la larva de *Hermetia illucens* constituye una fuente proteica emergente de gran interés, al presentar una alta digestibilidad (82,68–86,65 %) y un perfil de aminoácidos comparable al de otros alimentos de origen animal (Arango Gutiérrez et al., 2004). El consumo de insectos ya es una práctica extendida en diversas culturas, con más de 2.000 especies registradas como alimento (Jongema, 2012).

Su incorporación en las galletas permite obtener un producto con mayor valor proteico y biológico. Por ello, este estudio tiene como objetivo evaluar la calidad proteica de galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo, por harinas de avena y de larva *Hermetia illucens*, mediante la caracterización tecnológica, nutricional y biológica.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

A nivel mundial, las galletas comerciales constituyen uno de los productos de mayor consumo; sin embargo, su composición nutricional es deficiente, caracterizándose por un alto contenido de carbohidratos y grasas, y un bajo aporte proteico (Klerks et al., 2023). En América Latina y particularmente en el Perú, esta situación se agrava por la limitada fortificación de los productos y el uso predominante de insumos de bajo costo, lo que evidencia la necesidad de desarrollar alternativas más funcionales y nutritivas.

El problema central radica en que las galletas comerciales presentan proteínas de bajo valor biológico y limitada digestibilidad, lo cual reduce su aprovechamiento metabólico. Entre las principales causas destacan el uso predominante de harina de trigo refinada, las formulaciones enfocadas en minimizar costos y la incorporación de ingredientes con elevado contenido de azúcares y grasas trans. Estas características no solo disminuyen su aporte nutricional, sino que contribuyen al incremento de problemas de salud pública como la obesidad, la anemia y la desnutrición.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de explorar ingredientes alternativos que eleven el contenido y la calidad de proteínas en productos de consumo masivo. En este contexto, la harina de avena (*Avena sativa L.*) y la harina de larva de *Hermetia illucens* representan recursos promisorios por su contenido de proteínas, hierro, aminoácidos esenciales y compuestos bioactivos. Su incorporación en la formulación de galletas ofrece la posibilidad de obtener un producto de mayor valor proteico y biológico.

Por ello, la presente investigación se orienta a desarrollar galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harinas de avena y de larva de *Hermetia illucens*, la incorporación de estas harinas en galletas permitirá mejorar tanto sus propiedades tecnológicas, como su valor nutricional y biológico.

1.1.1. Formulación del Problema

Problema General

¿Cuál es la calidad proteica de las galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harinas de avena (*Avena sativa* L.) y de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)?

Problemas Específicos

1. ¿Cuál es la composición proximal de la harina desgrasada de larva *Hermetia illucens* y cómo se describe su proceso de obtención?
2. ¿Cuál es la composición química y el perfil de aminoácidos de las mezclas de harinas de trigo, avena y larva, determinados mediante score químico y cómputo aminoacídico, y qué implicaciones tiene en las formulaciones?
3. ¿Cómo influye la sustitución parcial de harinas de avena y de larva sobre las características tecnológicas, como dureza, fracturabilidad, color y el contenido nutricional de proteína y hierro de las galletas?
4. ¿Cuál es la calidad proteica de la galleta optimizada, determinada mediante evaluación biológica en modelo animal a través de los indicadores PER, NPU, VB y Digestibilidad Aparente?

1.1.2. *Objetivos de la Investigación*

Objetivo General

Evaluuar la calidad proteica de galletas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum L.*), por harinas de avena (*Avena sativa L.*) y de larva *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), mediante la caracterización tecnológica, nutricional y biológica.

Objetivos Específicos

1. Describir el proceso de obtención y caracterizar la composición proximal de la harina desgrasada de larva de *Hermetia illucens*.
2. Determinar la composición química y el perfil de aminoácidos de las mezclas de harinas (trigo, avena y larva) mediante score químico y cómputo aminoacídico, para identificar deficiencias y complementariedades proteicas de las formulaciones.
3. Analizar la influencia de la sustitución parcial de harinas de avena y de larva sobre las características tecnológicas (dureza, fracturabilidad, color) y el contenido nutricional (proteína y hierro) de las galletas.
4. Determinar la calidad proteica de la galleta optimizada mediante evaluación biológica en modelo animal, calculando los índices de PER (Ratio de Eficiencia Proteica), NPU (Utilización Neta Proteica), VB (Valor Biológico) y Digestibilidad Aparente.

1.1.3. Justificación del Estudio

Científico

La investigación se justifica al abordar la baja calidad proteica de las galletas de consumo masivo, explorando la complementariedad proteica entre la avena y la larva *Hermetia illucens*, un área escasamente documentada en la agroindustria local. Esta propuesta es viable y necesaria dado que la harina de larva aporta proteína completa, alta digestibilidad y minerales esenciales (Makkar et al., 2014); (Zielińska et al., 2015). El rigor metodológico se establece mediante la evaluación biológica in vivo (PER, NPU, VB y Digestibilidad Aparente), aportando datos empíricos sólidos sobre el aprovechamiento metabólico de la galleta. Finalmente, los resultados establecen una referencia fundamental para futuras investigaciones y la escalabilidad industrial de esta fuente proteica alternativa, respaldando la promoción de insectos comestibles por parte de organismos internacionales como la FAO (van Huis et al., 2013).

Social

La malnutrición y la inseguridad alimentaria siguen siendo desafíos importantes en el Perú, especialmente en zonas rurales. Frente a esta realidad, el desarrollo de galletas enriquecidas con harina de *Hermetia illucens* y avena ofrece una alternativa nutricional accesible y culturalmente aceptable. Estos ingredientes aportan proteínas, hierro y fibra, contribuyendo a reducir deficiencias comunes como la anemia. Además, su presentación como galleta facilita su inclusión en programas sociales y escolares, beneficiando directamente a poblaciones vulnerables (FAO, 2013).

Económico

La producción de galletas con harina de *Hermetia illucens* y avena representa una oportunidad económica al impulsar nuevas cadenas de valor en la agroindustria local. Esta iniciativa promueve la crianza de insectos comestibles y el cultivo de cereales como avena y trigo, actividades que pueden dinamizar economías rurales. Además, el uso de insumos accesibles y sostenibles permite reducir costos frente a fuentes proteicas convencionales. Según Makkar et al. (2014), la crianza de larvas en sustratos de bajo costo, como residuos agroindustriales, favorece el desarrollo de sistemas productivos sostenibles, generando oportunidades para pequeños productores y emprendimientos rurales.

En este contexto, la creciente demanda por alimentos funcionales y sostenibles fortalece el potencial comercial del producto, tanto en mercados locales como especializados.

Ambiental

La producción de harina de *Hermetia illucens* representa una alternativa sostenible, ya que sus larvas aprovechan residuos orgánicos agroindustriales y generan biomasa proteica comparable a la carne convencional (van Huis et al., 2013). Su crianza requiere hasta 90% menos de agua y emite hasta 100 veces menos CO₂ que la ganadería tradicional (FAO, 2013), lo que contribuye significativamente a reducir el impacto ambiental.

Esta investigación promueve un modelo de alimentación más responsable y ecológico, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible: ODS 12 (producción y consumo responsables) y ODS 13 (acción por el clima) (Naciones Unidas, 2015).

II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN: INTERNACIONALES, NACIONALES Y LOCALES.

Internacionales

Brede et al. (2016). En el estudio titulado “Evaluación de las proteínas de *Hermetia illucens* y *Spirulina platensis* en dietas semisintéticas para la rata de laboratorio”, realizada en la Universidad de Göttingen - Alemania. El objetivo principal fue determinar el valor biológico y la eficiencia proteica de estas fuentes alternativas en comparación con proteínas convencionales como la caseína. Los resultados indicaron que la harina de larva presentó un PER de 2.3, NPU del 72%, NPR de 2.4, digestibilidad del 88% y valor biológico de 68%, acercándose a la caseína. La proteína de Spirulina mostró valores ligeramente inferiores, con PER entre 1.8 y 2.0, NPU entre 65% y 70%, y digestibilidad entre 80% y 85%. Estos resultados respaldan el uso de estas proteínas alternativas como fuentes nutritivas y sostenibles para alimentación animal y humana.

González et al. (2019). En su trabajo de investigación intitulado “Insectos como ingredientes para productos de panadería. Un estudio comparativo *H. illucens*, *A. domesticay T. Molitor* harinas”, realizada en el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC) en Valencia, España. El objetivo de esta investigación es evaluar el potencial de la harina de insectos, específicamente de *Hermetia illucens*, *Acheta domesticus* y *Tenebrio molitor*, como ingrediente rico en proteínas en productos de panadería. En la formulación del pan, se añadió un 5% de cada harina de insecto, con contenidos de proteína entre 45% y 57%, y de grasa entre 27% y 36%. La inclusión de harina de insectos redujo la absorción de agua y afectó la estabilidad de la masa, pero la panificación fue exitosa con todas las harinas. Los panes con harina de Acheta domestica lograron parámetros de volumen y textura similares a los de trigo, con un mayor contenido de proteínas y fibras. A nivel mundial, estos hallazgos demuestran que la harina de insectos puede mejorar la calidad y el valor nutricional del pan.

Campuzano V. (2020). En su trabajo intitulado “Obtención de harina a base de larvas de chontacuro (*Rhynchophorus palmarum*) aprovechando sus propiedades nutritivas (proteínas) para la elaboración de galletas”, realizada en la Universidad Agraria del Ecuador, ubicada en Guayaquil – Ecuador. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un

producto innovador utilizando harina de piel de larvas de chontacuro (*Rhynchophorus palmarum*), obtenida mediante deshidratación a 55°C durante 2 horas. La harina resultante mostró 24.02% de proteína, 11.58% de humedad y 2.7% de cenizas. Se elaboraron galletas con 0%, 25%, 50% y 75% de esta harina de larva de chontacuro. La formulación con 25% harina de chontacuro y 75% harina de trigo. Esta mezcla presentó 13.62% de proteína, 6.89% de humedad y un pH de 6, con resultados microbiológicos dentro de los estándares de calidad. Los resultados confirman que la harina de piel de larvas de chontacuro puede mejorar nutricionalmente las galletas tradicionales.

Tyshko et al. (2021), en su estudio titulado “Estudios exhaustivos sobre el valor biológico de la proteína de las larvas de *Hermetia illucens*”, realizado en la Universidad de Investigación Médica Nacional Pirogov - Rusia, el objetivo fue evaluar el potencial nutricional de esta harina como fuente alternativa de proteína para consumo humano utilizando modelos animales (ratas Wistar). Los resultados indicaron un Índice de Eficiencia Proteica (PER) de 3.0, un Valor Biológico (VB) de 75%, una Digestibilidad Verdadera (DV) de 90%, y un NPU (Utilización Neta de Proteína) de 67.5%. Estos valores sugieren que la harina de *Hermetia illucens* presenta una calidad proteica comparable a fuentes convencionales, y por lo tanto, es una opción viable para enriquecer productos alimenticios.

Arama et al. (2023), en su estudio titulado “Análisis de las características fisicoquímicas de tres galletas enriquecidas con grillo (*Gryllus bimaculatus*)” realizado en la Universidad de Agricultura y Tecnología (JKUAT), Nairobi – Kenia. elaboraron la harina de grillo mediante descongelado a -30 °C, secado en estufa a 180 °C por 20 min, molienda eléctrica y tamizado a 200 µm. La harina obtenida presentó 58.2 % de proteína y 46 % de grasa, y se incorporó en proporciones de 0 %, 5 %, 10 % y 20 % para elaborar las galletas. Los valores de dureza fueron 46.1, 44.8, 44.6 y 35 N, respectivamente, mostrando una disminución con mayor inclusión de harina; la fracturabilidad fue de 6.3, 6.2, 5.8 y 5.3 mm. En el color, los valores L* (74.55–53.45) disminuyeron con la adición de grillo, mientras que a* (6.22–7.22) aumentó y c* (24.88–19.99) se redujo. La formulación más óptima fue la de 20 % de harina de grillo, por su equilibrio entre textura y color.

Spindola et al. (2025). En su estudio titulado “Efecto del método de desgrasado sobre las propiedades nutricionales, funcionales y bioactivas de la larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*)”, realizado por la Universidad Federal de Río Grande – Brasil. El objetivo fue comparar el prensado mecánico y la extracción con etanol para la obtención de larva *Hermetia illucens*. El prensado mecánico redujo el contenido graso de las larvas de 26,14 g/100 g a 9,42 g/100 g, mientras que el método con etanol lo redujo hasta 3,18 g/100 g. La harina prensada mantuvo una proteína de 49,27 g/100 g, frente a 54,96 g/100 g en la harina con solvente. Concluyeron que el prensado mecánico es un método eficiente y sostenible para obtener harina desgrasada de *Hermetia illucens* con buena calidad funcional y nutricional.

Nacional

Juárez & Quispe (2016). En su tesis titulada “Evaluación proteica de galletas integrales elaboradas con harina de cañihua (*chenopodium pallidicaule*), lactosuero y salvado de trigo”, realizado en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Perú. Manifiesta como objetivo determinar la evaluación proteica de galletas integrales elaboradas con harina de cañihua, lactosuero y salvado de trigo. En esta investigación primero se procesaron 3 galletas formuladas: galleta A (H. de cañihua 15%) galleta B (H. de cañihua 30%) y galleta C (H. de cañihua 50%), a las 3 formulaciones se le agrega, lactosuero 17% y salvado de trigo 7%. La más viable técnicamente fue la galleta C, la cual se determinó su calidad proteica por el cómputo aminoacídico y resultó no presentar ningún aminoácido limitante y al determinar la calidad biológica, donde se empleó 20 como el PER (Relación de Eficiencia Proteica) fue de 1.74, el NPR (Retención Neta de Proteína) de 1.71, NPU (Utilización Neta de Proteínas) de 74.25 y DV (Digestibilidad Verdadera) de 71.1. Haciendo esta comparación con el grupo control que fue de ratas alimentadas con caseína

Cerdán Q. & Jaquehua (2019) con su tesis intitulada “Obtención de harina de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens* 1.) Y su aplicación en galletas”, UCSM – Universidad Católica de Santa María, Arequipa – Perú. Este estudio se trabajó con el motivo de dar a conocer los parámetros adecuados para obtener una “harina de larva *Hermetia illucens*” para el procesamiento de galletas. Después de que hayan obtenido la harina, procedieron a elaborar galletas con tres formulaciones. La formulación más

viable, fue la formulación con 10% de harina de larva de *Hermetia illucens*, 12% de agua y grasa al 85%, el mejor parámetro seleccionado en el proceso de horneado fue a 180°C por 10 min debido a que presentaba una característica crocante y en el análisis microbiológico no se hallaron el E. coli ni la presencia de salmonella sp.

Flores & Pinzas (2024), en el estudio intitulado “Prefactibilidad para la instalación de una planta productora de galletas proteicas a base de harina de grillo (*Acheta domesticus*)”, realizada en la Universidad de Lima – Perú, se evaluó la viabilidad técnica y nutricional de galletas elaboradas con harina de grillo (*Acheta domesticus*). Se utilizaron formulaciones con hasta 10% de esta harina, alcanzando un contenido proteico de 12.83%, frente al 8.92% de las galletas comerciales. El estudio concluyó que el uso de insectos comestibles representa una alternativa proteica viable y sostenible para productos de panadería.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Trigo (*Triticum aestivum* L.)

El trigo es el cereal más importante para el consumo humano y existen dos especies principales: *Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* Desf., los granos deben estar libres de materias extrañas y ser inocuos (Codex Alimentarius, 2023).

2.2.1.1. Harina de trigo (*Triticum aestivum* L.)

La harina de trigo que esta direccionado para el consumo humano debe ser procesado con el trigo común (*triticum aestivum*) o ramificado (*triticum compactum* Host.) de manera inocua, libre de sabores y olores extraños al trigo, los subproductos que se obtienen del trigo son los panes, pasteles, galletas y etc. La harina de trigo es una gramínea alta en gluten a comparación de otros cereales (Codex Alimentarius, 2023).

2.2.1.2. Composición taxonómica del trigo (*Triticum aestivum* L.)

Reino	:	Plantae
Division	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Subfamilia	:	Pooideae
Tribu	:	Tririceae
Genero	:	Triticum
Especie	:	<i>Triticum Aestivum</i>

(Manual agropecuario, 2002)

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cuarto alimento más consumido en Perú y su forma harinera es ampliamente usada en la industria alimentaria (INIA, 2004).

2.2.1.3. Composición Fisicoquímica de la harina de trigo (*Triticum aestivum L.*)

TABLA 1

*Componentes fisicoquímicos de la harina de trigo (*Triticum aestivum L.*)*

COMPONENTES POR 100 g DE HARINA DE TRIGO	
Humedad (g)	10,8
Proteína (g)	10,5
Grasa (g)	2,0
Ceniza (g)	0,4
Fibra (g)	1,5
Carbohidratos (g)	74,8
Caloría (Kcal)	359,0

Nota: (MINSA, 1997. Tablas peruanas de composición de alimentos, 2009)

La fibra dietética del trigo (*Triticum aestivum L.*), presente en su cáscara, beneficia al aparato digestivo (INIA, 2004).

2.2.1.4. Contenido de aminoácidos del trigo

La Tabla N.º 2 muestra los aminoácidos esenciales del trigo.

TABLA 2

*Contenido de aminoácidos de la harina de trigo (*Triticum aestivum L.*)*

AMINOACIDOS ESENCIALES	mg/100 g	AMINOACIDOS NO ESENCIALES	mg/100g
Histidina	181	Alanina	303
Isoleucina	372	Aspartato	396
Leucina	702	Cisteína	208
Lisina	191	Glutamina	3318
Metionina	147	Glicina	398
Fenilalanina	467	Prolina	1221
Treonina	277	Serina	502
Valina	416	Tirosinas	286
Triptofano	104	Arginina	347

Nota: (Gil, 2010)

2.2.2. Avena (*Avena sativa* L.)

La avena es un cereal ampliamente producido y consumido a nivel mundial, valorado por sus beneficios nutricionales. Contribuye a reducir el colesterol, genera sensación de saciedad y es fuente importante de fibra tanto soluble como insoluble. Además, aporta aminoácidos esenciales necesarios para el organismo y no contiene grasas saturadas, lo que la convierte en un alimento saludable y funcional (Larraín et al., 2018).

La avena es valorada por su alto contenido de fibra, especialmente por el beta-glucano, que representa entre 4 y 5,5% del grano. Este compuesto forma geles viscosos en el tracto gastrointestinal, reduciendo la absorción de ácidos biliares y promoviendo su eliminación. Como respuesta, se incrementa la actividad de la enzima HMG-CoA reductasa, lo que estimula la síntesis de colesterol, ayudando a regular sus niveles en sangre (Aparicio V. & Ortega A., 2015).

2.2.2.1. Composición taxonómica de la avena (*Avena sativa* L.)

La avena es un cereal de la familia poaceae, dentro del Reino Vegetal.
Clasificación taxonómica de la avena (Avena sativa L.)

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Subfamilia	:	Pooideae
Tribu	:	Aveneae
Genero	:	Avena
Especie	:	<i>A. sativa</i>

(Merchancano R. et al., 2022)

La avena es un cereal que es una de las más producidas en el mundo, ubicada en un puesto de quinto lugar. En Perú las regiones que se dedican a la producción de la avena es Puno, Cusco y Huancavelica (MIDRAGI, 2019).

2.2.2.2. Composición fisicoquímica de la harina de avena

Según Bueno S. (2017), estudio la composición fisicoquímica de la harina de avena, dicho estudio se indica en la tabla número 3.

TABLA 3

Componentes fisicoquímicos de la harina la harina de avena (Avena Sativa L.)

COMPONENTES POR 100 g DE AVENA	
Proteína (g)	15,63
Grasa (g)	6,38
Carbohidratos (g)	58,99
Fibra (g)	10,23
Ceniza (g)	1,42
Humedad (g)	7,35
Caloría (Kcal)	355,90

Nota: (Bueno Soto, 2017)

La avena destaca por su elevado valor en proteínas, vitaminas, lípidos, minerales, polifenoles y fibras dietéticas solubles, en donde se encuentra el beta-glucano, por lo cual se recomienda que la persona debe consumir como mínimo 3 g/dia del beta-glucano para combatir el colesterol sanguíneo (Aparicio V. & Ortega A., 2015).

2.2.2.3. Contenido de aminoácidos de la avena

Según Gil (2010), da a conocer los aminoácidos esenciales de la harina de avena.

TABLA 4

Contenido de aminoácido de la avena

AMINOACIDOS ESENCIALES	mg/100 g	AMINOACIDOS NO ESENCIALES	mg/100g
Histidina	234	Alanina	623
Isoleucina	485	Aspartato	961
Leucina	883	Cisteína	277
Lisina	476	Glutamina	2510
Metionina	199	Glicina	675
Fenilalanina	606	Prolina	753
Treonina	398	Serina	641
Valina	641	Tirosinas	390
Triptofano	154	Arginina	736

Nota: (Gil, 2010)

2.2.2.4. Caracterización microbiológica de la harina de avena

La norma sanitaria establece los criterios microbiológicos para los alimentos, cabe mencionar que dentro hace referencia al grupo de cereales que dentro de ello caracteriza a la avena (DIGESA, 2003).

TABLA 5

Caracterización microbiológica de la harina de avena

Parámetros	Categoría	Clase	N	C	Límite por g.	
					M	M
Aerobios			2	3	10^4	10^5
Mesófilos						
Coliforme			5	3	10^2	10^3
Bacillus cereus			8	3	10^2	10^4
Mohos			5	3	10^3	10^4
Levaduras			5	3	10^3	10^4
Salmonella sp.			10	2	Ausencia/25 g	-

Nota: (DIGESA, 2003)

Donde:

N = valor de unidades de las pruebas analizadas

C = Máximo de unidades permitidas entre “m” y “M”

m = un valor menor o igual a “m” no genera un riesgo para la salubridad para el consumidor

M = si el valor microbiológico superior “M” el producto se rechaza

2.2.2.5. Usos de la avena

Ortega & Barboza (2016), hace mención que muchas investigaciones recomiendan el consumo de la avena (*Avena sativa L*) por que contiene propiedades que promueven la salud, considerándose uno de los pocos cereales que proporciona fibra soluble como insoluble. Pueden ser consumido en:

- ✓ Harina para el desayuno
- ✓ Tortas y galletas
- ✓ Granola
- ✓ Ensaladas

2.2.3. *Entomofagia*

La entomofagia es el consumo de insectos por su valor nutricional y terapéutico. Es practicada por unos 2.000 millones de personas en el mundo y ha despertado interés en medios, investigadores e industrias alimentarias (FAO, 2013).

La entomofagia es considerada como una costumbre de tiempos remotos, se considera que los insectos son los animales que se encuentran en gran cantidad en la tierra. Además, se indica que presentan aportes nutricionales como la proteína, fibra y micronutrientes (hierro magnesio y niacina) indicando que estos alimentos tienen los componentes similares de la carne y el pescado. Llegando a un aporte de que es una fuente de alimentación para combatir la desnutrición por su alto contenido de aminoácidos esenciales y ácidos grasos (Aristizábal et al., 2021).

En el Perú se practica muy poco o escasamente la entomofagia, aunque se han identificado 66 especies de insectos con potencial comestible (Rivera & Carbonell, 2020), su consumo es limitado y se mantiene principalmente por razones culturales y tradicionales.

Existen alrededor de 2000 especies de insectos comestibles, de los cuales los escarabajos (Coleóptera), orugas (Lepidóptera), abejas, avispas y hormigas (Himenóptera) son los más consumidos a nivel mundial (Jongema, 2012).

La producción de insectos surge como una alternativa viable debido a su alto contenido de proteínas y nutrientes. Los insectos ofrecen ventajas ambientales, como menor emisión de gases de efecto invernadero y uso reducido de recursos comparado con la ganadería, y pueden sustituir ingredientes en la alimentación animal y en productos alimenticios (Cruz et al., 2024).

TABLA 6*Se reporta la utilización frecuente de 186 especies.*

	Familias	Especies (%)
Hymenoptera	Apidae	
	Vespidae	
	Formicidae	48%
	Sphecidae	
Coleoptera	Cerambycidae	
	Chrysomelidae	
	Elmidae	
	Meloidae	24%
	Scarabaeidae	
Lepidoptera	Curculionidae	
	Tenebrionidae	
	Castniidae	
Ephemeroptera	Noctuidae	
	Hesperiidae	14%
	Nymphalidae	
Odonata	Oligoneuriidae	1%
Orthoptera	Aeschnidae	2%
	Gryllotalpidae	
	Gryotalpidae	
	Romaleidae	3%
Blattodea	Acrididae	
	Termitidae	
	Blatellidae	2%
Hemiptera	Blattidae	
	Coccidae	
	Menbraciidae	2%
Diptera	Cicadidae	
	Stratiomyidae	
	Muscidae	
	Drosophilidae	3%
Megaloptera	Ephydriidae	
	Corydalidae	1%

Nota: (Rivera & Carbonell, 2020)

2.2.3.1. Contenido Nutricional de los insectos

El contenido nutricional de los insectos rescata un alto contenido proteico superando a los componentes de los animales, las diversas especies de los insectos se acercan a los valores del pescado. El contenido de calidad de proteína de los insectos se sujeta al tipo de aminoácidos que presentan, ciertas investigaciones demuestran que el contenido de aminoácidos supera el patrón instituido por la FAO. Además, se considera que la digestibilidad de las proteínas es alta entre un 33% y un 95% (Zaragozano, 2017).

TABLA 7

Valor nutricional de algunos insectos comestibles (g/100 g de insecto)

Nombre común	Orden	Proteínas	Grasas	Sales minerales	Fibra cruda	Extracto libre de nitrógeno
Libelulas	Odonata	56.22	22.93	4.2	16.61	0.02
Langostas y saltamontes	Orthoptera	77.63	4.2	2.4	12.13	4.01
Chinchas	Hemiptera	62.8	9.67	8.34	10.46	8.7
Mariposas y polillas	Lepidoptera	58.82	6.8	6.09	26.22	1.98
Moscas	Diptera	35.81	5.8	31.12	22	5.18
Escarabajos	Coleoptera	31.21	34.3	1.72	32.72	0.05
Hormigas, abejas y avispas	Hymenoptera	60.6	10.61	5.36	10.18	13.14

Nota: (Pulido et al., 2020)

2.2.3.2. Ciclo de vida de los insectos

El ciclo de vida de los insectos depende a la familia y especie que pertenece, la mayoría de los insectos son comestibles cuando están en su etapa larvaria, ninfaria y adulta (Pulido et al., 2020).

TABLA 8

Estado comestible de los insectos

Fuente proteica	%/100 g	Estado comestible
Odonata	54-56	Ninfas
Ephemeroptera	58	Ninfas
Orthoptera	52-57	Ninfas y adultos
Hemiptera	34-70	Ninfas y adultos
Homoptera	59	Ninfas y adultos
Coleoptera	20-71	Larvas
Lepidoptera	13-71	Larvas
Diptera	35-61	Larvas
Hymenoptera	64	Larvas, pupas y adultos
Carne de vacuno	25-28	
Carne de cerdo	29-37	
Pescado	14-63	
Soya	35	

Nota: (Latam, 2022)

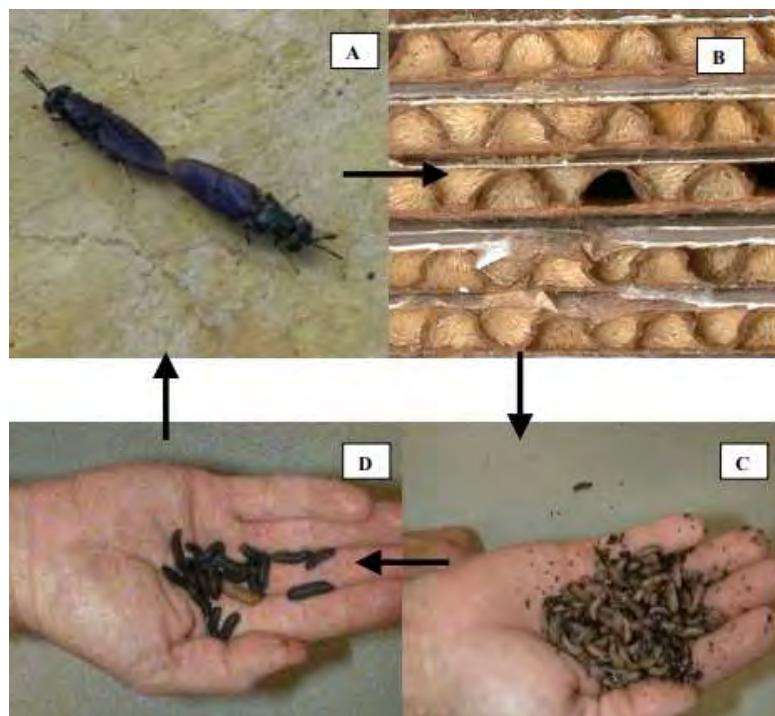
2.2.4. *Larva de insecto Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae)*

(Arango Gutiérrez et al., 2004). La larva de insecto *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) podemos encontrarla con total normalidad en la naturaleza e incluso en diversos hábitats y puede ser usado en la industria alimentaria para la producción de alimentos de alto valor nutritivo. En la península Iberica por primera vez se registró en 1954 (Sanchez, 2011).

Las larvas de insecto *Hermetia illucens* se encuentran generalmente en una población densa sobre los desechos orgánicos y pulpa del café. Las larvas maduras (prepupas) se pueden cosechar y utilizar como alimento o para diferente uso; el empleo de insectos aporta en el reciclaje de nutrientes. La mosca soldado negra no se reconoce como plaga porque el adulto no es atraído por la habitación humana o los alimentos (Newton et al., 2005).

FIGURA 1

Etapas de vida de la mosca soldado negra.



Nota: (Newton et al., 2005)

Etapas de vida de la mosca soldado negra.

- (A) Las moscas adultas no se consideran plaga (adultos apareándose).
- (B) Las hembras depositando sus huevos en grietas cerca del sustrato larvario.
- (C) Las larvas consumen grandes cantidades de desechos orgánicos (larvae).
- (D) Las prepupas se pueden utilizar como alimento (prepupae y pupae)

2.2.4.1. Ciclo de vida

La mosca soldado negro presenta 5 etapas de vida: huevo, larva, pupa, prepupa y adulto. Donde el nivel larval y pupal son los periodos más largos a comparación de la etapa de la eclosión y adulta son las más cortas. La larva de insecto *Hermetia illucens* pasa por 6 estadios.

Huevo:

Los huevos son puestas en hileras. Estos huevos tienen una característica de forma ovoide con un tamaño de 1mm de largo. Sufren una variación de color amarillento en el tiempo de incubación, este periodo dura 4 días aproximadamente a una temperatura de 27 – 29°C (Caruso et al., 2014).

Las condiciones óptimas de temperatura y humedad para la eclosión de los huevos de las larvas son de 28°C a un 70% de humedad. Al controlar estos parámetros la tasa de natalidad de los huevos se da de 4 a 5 días (Muñoz & Parada, 2022).

FIGURA 2

Huevo de la mosca soldado negro



Nota: (Singh & Kumari, 2019)

Larva:

En esta etapa la larva de *Hermetia illucens* puede llegar a medir 27mm de longitud y 6mm de ancho, presentando un color blanquecino. Durante su crecimiento larval deben ser alimentadas de manera voraz por un tiempo de 14 días (Newton et al., 2005), si las condiciones de su desarrollo son desfavorables como una baja temperatura y poca alimentación las larvas podrían extender su ciclo de vida por 6 a 7 semanas (Singh & Kumari, 2019).

FIGURA 3

Larva de insecto Hermetia illucens



Nota: (Singh & Kumari, 2019)

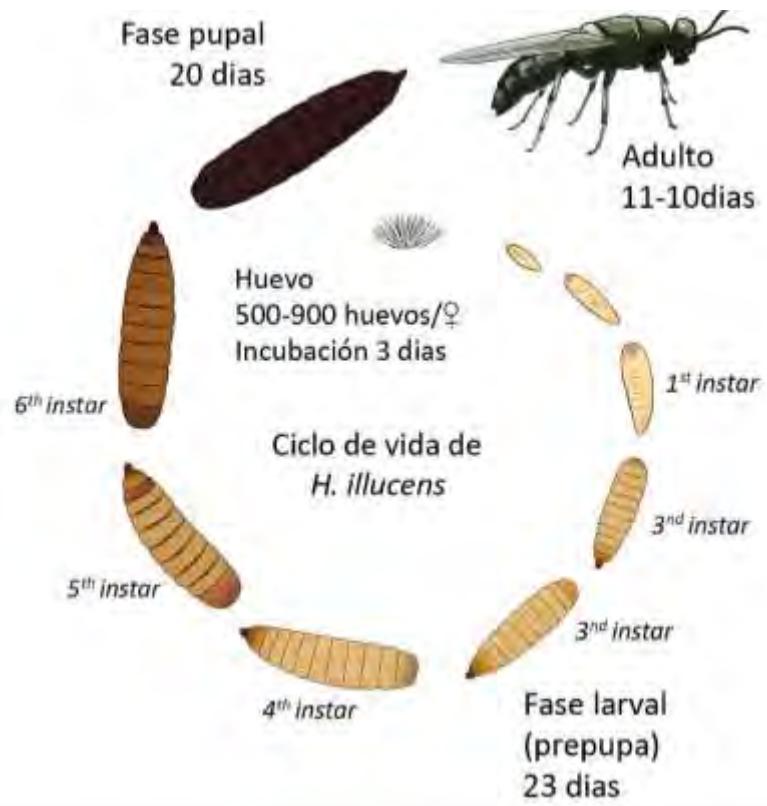
Pupas:

Para la que las larvas pasen a la etapa de pupación, las larvas debieron haber pasado 6 estadios, en la etapa final de pupa ya se van oscureciendo (Diclaro & Kaufman, 2018).

Cuando las larvas se encuentren en el sexto estadio ya es considerado apto para ser aprovechado en sus proteínas (36% - 46%) y grasas (33%), posteriormente pasa a las fases de metamorfosis tras cumplir los 14 días (Singh & Kumari, 2019).

FIGURA 4

Los 6 estadios larvarios de la Hermetia illucens



Nota: (Singh & Kumari, 2019)

Adultas:

En la etapa adulta, las hembras alcanzan aproximadamente 22 mm de longitud y los machos 16 mm. Su color varía de café claro a negro, y una característica distintiva es la presencia de alas con venación claramente marcada (Jaramillo et al., 2019).

La mosca soldado negro tiene un sistema bucal que esta delineado a no poder alimentarse, pues por lo que solo dependen de las grasas almacenadas en la etapa larvaria, teniendo la única función de aparearse (Diclaro & Kaufman, 2018).

Se resalta que la mosca soldado negro no presenta amenaza en dirección a los seres humanos, por lo que se considera como no transmisor de enfermedades (Singh & Kumari, 2019).

FIGURA 5*Mosca de soldado negro*

Nota: (Diclaro & Kaufman, 2018)

2.2.4.2. Composición taxonómica

La composición taxonómica de la larva de mosca soldado negro, se encuentra en el reino animalia.

Composición taxonómica de larva de insecto Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae)

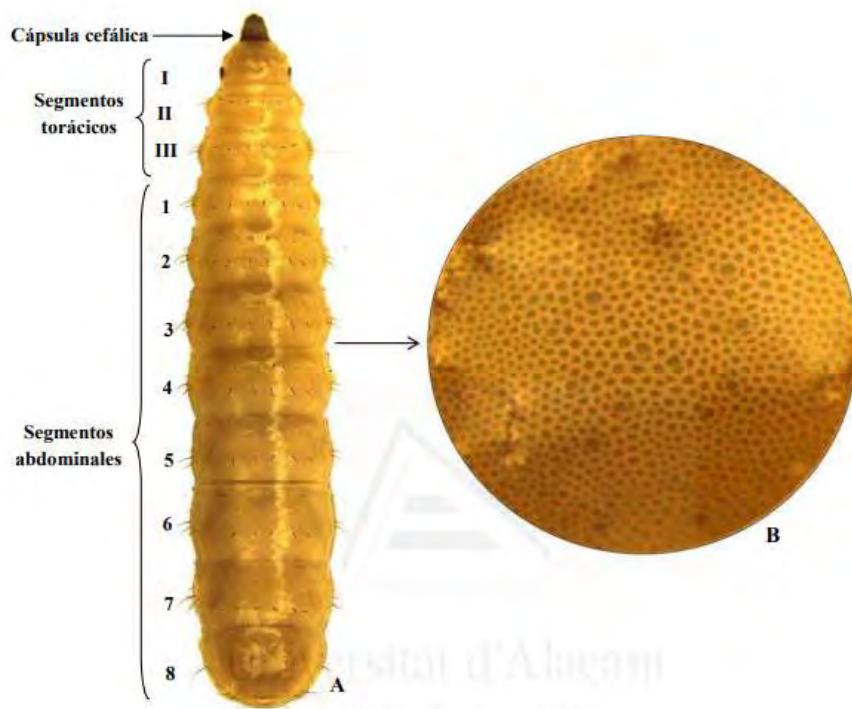
Reino	: Animalia
Clase	: Insecta
Orden	: Diptera
Suborden	: Brachycera
Familia	: Stratiomyidae
Sufamilia	: Hermettinae
Genero	: Hermetia
Especie	: <i>Hermetia illucens</i>
Infraorden :	Orthorrhapha

Nota: (Buitrago & Camargo, 2022)

2.2.4.3. Caracterización morfología.

Las larvas presentan una coloración café clara a oscura, y están fraccionadas en tres partes: la capsula céfálica, tres segmentos torácicos y ocho segmentos abdominales. Existe una diferencia entre el segmento torácico y abdominal en la quetotaxia que es la distribución de los pelos en sus cuerpos de las larvas (Gobbi, 2012).

- **Capsula céfálica:** La cabeza es limitada y larga, la cara se encoge en el tórax.
- **Segmento torácico:** El tórax está divido en tres segmentos: 2 pares de setas anterodorsales, 1 par de dorsales y 3 pares de setas dorsales.
- **Segmentos abdominales:** El abdomen está fraccionado en 8 segmentos, donde del 1 al 7 está conformada por placas que están cubiertas por setas y espinas, en el octavo segmento abdominal se encuentra su parte anal que tiene una forma redondeada.

FIGURA 6*Partes de la larva *Hermetia illucens**

Nota: (Gobbi, 2012)

El aspecto global de la larva de *Hermetia illucens* exhibiendo la fracción de los fragmentos torácicos, abdominales y la capsula cefálica de la cara dorsal (A). Parte de la cutícula (B) Las larvas presentan una forma alargada de 0,85 a 30 mm en promedio. Las características morfológicas como el segmento de la capsula cefálica, segmento torácico y abdominal en la longitud y el peso se desarrollan de acuerdo a la temperatura adecuada (25 a 28°C) y su dieta alimentaria. Debido a que si no se controlan estos parámetros afecta en ciclo de vida normal. Cuando se somete a temperaturas menores las larvas tienen poco peso y si su ciclo de vida aumenta y en caso este a temperaturas mayores se aceleran su ciclo de mortalidad de las larvas (Gobbi, 2012).

2.2.4.4. Uso de la larva de insecto *Hermetia illucens* (Díptera: Stratiomyidae)

La etapa antes de que se trasforme la mosca es considerado como la más amplia y es ahí donde se usa para el compostaje. La larva de insecto *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), minimiza los residuos orgánicos transformándolo en abono con alto contenido de nutrientes. Además, en la industria alimentaria se observa que lo usan como suplemento proteico para animales menores y mayores.

Para la nutrición de animales y hasta incluso puede usarse como alimentación para los seres humanos.

El abono es un producto que se obtiene del compostaje de estas larvas, mejorando la calidad del suelo gracias al aporte nutritivo que tiene (Cazorla, 2014).

2.2.4.5. Harina de larva de insecto *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)

El uso de prepupas de mosca soldado negra en dietas de bagre parece ser ventajoso especialmente como reemplazo de la harina de pescado. La harina de larva de insecto *Hermetia illucens* es resaltante debido al alto contenido de quitina y alto contenido de grasa. Además, el contenido de calcio y fósforo aumenta de acuerdo a la cantidad que se consume (Newton et al., 2005).

La harina de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), se debe considerar como un ingrediente de alto valor proteico ($42,16 \pm 3,67\%$ MS), la operación y el proceso que se realiza para adquirir la harina de la larva de insecto *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), se comienza con la selección de larvas, congelación, esterilizado, deshidratado y molido (Reátegui & et.al, 2020).

FIGURA 7

Harina de la Larva de insecto Hermetia Illucens



Nota: (Arango Gutiérrez et al., 2004)

2.2.4.6. Digestibilidad en pepsina de la harina de larva de insecto *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)

Según Arango et al. (2004), en sus estudios realizados sobre la calidad proteica de la harina de la larva de *Hermetia illucens*, indica que la digestibilidad se encuentra en un rango de 82,68% a 86,65%, la enzima digestible que hidroliza las proteínas en el estómago es la pepsina.

2.2.4.7. La caracterización fisicoquímica de la harina de larva de insecto *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)

La harina de larvas de mosca soldado fue un reemplazo adecuado para las fuentes convencionales de proteínas y grasas (Newton et al., 2005).

TABLA 9

Composición fisicoquímica de la harina de la larva Hermetia illucens (g/100 g).

Grasas (%)	Harina de larva desgrasada de <i>Hermetia</i> <i>illucens</i> (g/100g)
Humedad (%)	5,94
Proteína (%)	42,16
Grasas (%)	19,82
Ceniza (%)	9,78
Carbohidratos (%)	22,30
Energia (Kcal)	512

Nota: (Navarro, 2016)

2.2.4.8. Contenido químico de la harina de larva *Hermetia illucens*

TABLA 10

Contenido de aminoácido de la larva Hermetia illucens g/ 100g

AMINOACIDOS ESENCIALES	g/100 g	AMINOACIDOS NO ESENCIALES	g/100 g
Histidina	3	Alanina	7.7
Isoleucina	5.1	Aspartato	11
Leucina	7.9	Cisteina	0.1
Lisina	6.6	Glutamina	10.9
Metionina	2.1	Glicina	5.7
Fenilalanina	5.2	Prolina	6.6
Treonina	3.7	Serina	3.1
Valina	8.2	Trirosinas	6.9
Triptofano	0.5	Arginina	5.6

Nota: (Oller, 2021)

2.2.4.9. Composición microbiológica de la harina de larva de *Hermetia illucens*

Arango et al. (2004) en una práctica de laboratorio hace mención de los parámetros microbiológicos.

TABLA 11

Composición microbiológica de la larva de Hermetia illucens

Parámetro microbiológicos	Harina de las larvas de hermetia illucens L.
Recuento microbiológico mesofilos	0.015x105 UFC/g
Recuento microorganismos coliformes	Ausente
Recuento clostridios sulfito reductores	12x101 UFC/g
Recuento hongos	Ausente
Aislante de salmonella spp en 25 gr	Ausente
Aislamiento escheriachia coli	Ausente

Nota: (Arango Gutiérrez et al., 2004)

2.2.4.10. Marco regulatorio y normas de inocuidad para la industrialización de insectos comestibles.

La entomofagia (consumo de insectos) ha ganado interés por su valor proteico y nutricional, aunque sigue siendo desconocida por gran parte de la población (J. R. Ramos et al., 2006).

A nivel mundial, el impulso para el consumo de insectos proviene de organizaciones como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que los promueve como una fuente de proteínas sostenibles y eficiente (FAO, 2013a). No obstante, su industrialización está fuertemente supeditada a estrictos controles de inocuidad.

La Unión Europea (UE), con el (Reglamento (UE) 2015/2283, 2015), establece el estándar al requerir una estricta evaluación de seguridad y alergenos por parte de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2021). La larva de *Hermetia illucens* ya cuenta con un procedente de inocuidad en la UE al ser autorizada como Proteína Animal Procesada (PAP) para alimentación de animales no rumiantes (EFSA, 2021), y su uso en consumo humano está en proceso de evaluación.

En otros países, el marco regulatorio es variable. Tailandia cuenta con una norma técnica nacional, la Thai Agricultural Standard (TAS 8202-2017), que establece Buenas Prácticas Agrícolas (GAP) para la cría y procesamiento higiénico de grillos destinados al consumo humano.

En el Perú, no existe una norma sanitaria específica para la industrialización de insectos como la harina de *Hermetia illucens* (Abril et al., 2022).

Por lo tanto, este producto se considera como un “Nuevo Alimento” y debe regirse por el marco general de inocuidad:

- a. Ley de inocuidad de los alimentos (D.L. N°1062): Exige que el producto final demuestre ser apto mediante un riguroso análisis de riesgo.
- b. DIGESA: La dirección General de Salud Ambiental exige el cumplimiento de la Norma Sanitaria que establece los criterios Microbiológicos de Calidad (R.M. N°591-2008/MINSA) para otorgar el Registro Sanitario.

El principal obstáculo para la comercialización de este nuevo ingrediente en Perú es la ausencia de evidencia científica que sustente su seguridad y valor nutricional.

2.2.5. *Galletas*

Según Marquina (2016), la galleta es considerada dentro del grupo de subproductos de cereales y forma parte de la alimentación debido a su elevado contenido de hidratos de carbonos. La galleta es caracterizada por su contenido de harina, agua, grasas, azúcar y otros aditivos.

Una de las características de las galletas es que deben ser crocantes y un poco duras, es el producto obtenido de la cocción de las masas preparadas con ingredientes y aditivos alimentarios de manera opcional que son autorizados para su producción (NTP, 1981).

2.2.5.1. Clasificación de galleta

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 206.001:1981) las galletas pueden clasificarse de la siguiente manera:

i. Por su sabor

- ✓ **Galletas saladas:** El producto terminado que tiene paladar salado.
- ✓ **Galletas dulces:** Presenta un producto final con un paladar dulce.

ii. Por su presentación

- ✓ **Galleta simple:** Producto sin agregados.
- ✓ **Galletas rellenas:** Producto final tiene en su interior rellenos de diversos sabores.
- ✓ **Galletas bañadas o con cobertura:** Producto cubierta un poco o en total por algún relleno.

iii. Por su comercialización

Galletas envasadas y galletas a granel

2.2.5.2. Requisitos para la galleta

Las galletas deben ser procesadas en condiciones inocuas y sanitarias, considerando las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), desde la recepción de la materia prima hasta el producto final.

Los aditivos autorizados en la Norma técnica peruana (NTP, 1981) para la elaboración de galletas son:

- **Estabilizantes:** Lecitina y glicerol
- **Antioxidantes:** Albuminas y clara de huevo
- **Conservantes:** Ácido propionico, ácido sorbico y sales alcalinas

- **Mejoradores:** Ácido láctico y ácido sorbico.
- **Leudantes:** Ácidos tartárico, ácido cítrico, bicarbonato de sodio y carbonato de amonio.

2.2.5.3. Requisitos fisicoquímicos

La NTP 206.001 hace mención de los requisitos de la galleta deben ser:

TABLA 12

Requisitos fisicoquímicos de la galleta

Parametro	Límite máximo permisibles
Humedad (g/100 gr)	12%
Cenizas totales	3%
Indice de peróxido	5 mg/kg
Acidez expresada en ácido láctico	0,10%
Acidez expresada en ácido sulfúrico	0,40%

Nota: :(NTP, 1981)

2.2.5.4. Requisitos nutricionales

Los valores de los requisitos nutricionales se observan en la siguiente tabla

TABLA 13

Requisitos nutricionales

Componentes	Galletas fortificadas (90 g)	Requisito Kcal (%)
Energía (Kcal)	De 380 - 400	100%
Proteína (g)	7,6 - 10	No meno de 8%
grasa (g)	6,3 - 8,8	No menos de 20%
Carbohidratos (g)	La diferencia	La diferencia

Nota: (MINSA, 2010)

Los minerales son sustancias iguales, en su mayoría se requiere en cantidades de vestigios como el silicio, boro, selenio, níquel, aluminio, bromo, arsénico, molibdeno y estroncio para el cuerpo. Los elementos electropositivos (calcio, magnesio, sodio y potasio), electronegativos (cloro, fosforo ya azufre) y los elementos complejos orgánicos (hierro y cobalto) son importantes en el crecimiento del niño, adolescentes, gestantes y lactantes (carlson, 1997).

2.2.5.5. Requisitos microbiológicos

Los criterios microbiológicos establecidos para su producción deben ser estrictamente cumplidas para obtener un producto de calidad sanitaria e inocua aplicados para las industrias de panificación, galletería y pastelería.

TABLA 14

Requisito Microbiológico: Se consideran productos como (pan, galletas, etc).

Alimentos que no necesitan de refrigeración para su conservación.

Agente microbiano	Categoria	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10^2	10^3
Escherichia coli (*)	6	3	5	1	3	20
Staphylococcus aureus (*)	8	3	5	1	10	10^2
Clostridium perfringens (**)	8	3	5	1	10	10^2
Salmonella sp. (*)	10	2	5	0	Ausencia/25 g
Bacillus cereus (***)	8	3	5	1	10^2	10^4

Nota: (MINSA, 2010)

2.2.5.6. Insumos en el proceso de galleta

Harina de trigo

la harina de trigo destinada a la elaboración de galletas debe estar fortificada con micronutrientes (MINSA, 2010).

Además, debe ser de tipo suave y contener menos del 10% de proteína, lo cual favorece una masa menos elástica y más adecuada para el estiramiento durante el proceso de elaboración (Cabeza, 2009).

Margarina

Las grasas, especialmente la margarina, son componentes clave en la elaboración de galletas después de la harina y el azúcar, ya que mejoran la textura del producto final, aportando suavidad (Lezcano, s. f.).

Cabeza (2009) Al incorporar un excesivo contenido de grasa puede traer consecuencias en la rancidez. Cumple las siguientes funciones:

- ✓ Abla la masa presentando una textura suave en la galleta
- ✓ Conserva la humedad del producto

Azúcar

El azúcar es un componente primordial en la producción de galletas, porque ayuda en proporcionar el sabor, color y textura (Cabeza, 2009).

Al incorporar el azúcar a la galleta genera sabor, gusto, color, textura y suavidad. El tipo de azúcar que se vaya a utilizar realiza efectos directamente la dureza y la característica crujiente. El azúcar simple genera una galleta más crujiente (D. Cruz & Mendoza, 2015b). Funciones que cumple el azúcar en galletas según Mendoza (2015):

- ✓ Minimiza el periodo de fermentación química.
- ✓ Si se utiliza en concentraciones mayores al 2,5 %, puede interrumpir la fermentación.
- ✓ Conserva la humedad y calidad general del producto.
- ✓ Incrementa el valor energético y nutritivo de la galleta.
- ✓ Durante el horneado contribuye a la coloración del producto.

Agua

Manley & Gonzales (1989) El agua es considerada como un aditivo que no contiene sustancias nutritivas, las funciones que cumple:

- ✓ Contribuye en la formación de masa
- ✓ Hidratación de la proteína y el carbohidrato para la creación del gluten.

En la elaboración de galletas el agua es utilizada como la tercera parte en la formulación con respecto a la harina. Además, para hacer la formulación de una galleta es necesario experimentar la cantidad de agua, porque no existe un cálculo exacto en la adición de agua. Para la adición de agua se debe saber qué tipo de galleta se va producir (Cabeza, 2009).

Glucosa

La glucosa ayuda en la reacción maillard, mejorando el aroma de la galleta y en la coloración (Cabeza, 2009). Genera resistencia a la cristalización y genera la retención de la humedad en las galletas. Y además mejora el valor energético, sin aumentar el sabor dulce.

Lecitina de soya

La lecitina ayuda en la estandarización de la grasa en la masa, suspendiendo la red de gluten uniformemente y facilitando la estructura de la galleta (Cabeza, 2009).

Butilhidroxitolueno (BHT)

Se disuelve en grasas, contiene mínima cantidad de antioxidantes y es menos estable. Generalmente se usa en combinación con el BHA ya que se muestra un efecto sinérgico, (AZTI, 2007).

Bicarbonato de sodio (NaHCO₃)

Es considerada como una levadura química debido a su aporte de gas a la masa, aumentando la altura de la galleta y ajusta el pH de la masa (Cabeza, 2009).

Bicarbonato amoniaco

Este insumo es de gran importancia de uso en la industria galletera, debido a que degrada rápidamente por el calor liberando CO₂, amoniaco y agua. Produce masas muy flexibles.

Sal

Tiene la finalidad de incrementar su sabor de la galleta, fortalecer el gluten para producir masas adherentes y minimizar el tiempo de crecimiento de la masa (Cabeza, 2009). En galletas dulces se usan 1% de sal o menos y en galletas saladas se usa desde 1% hasta 1.5%.

2.2.6. Caracterización Nutricional y tecnológica de la galleta

2.2.6.1. Característica Nutricional

La Característica Nutricional de un alimento se refiere a su composición química en términos de los compuestos que son esenciales para el crecimiento, mantenimiento y salud del organismo humano, se enfoca en los Macronutrientes y los Micronutrientes.

1. Proteína:

Según la FAO (2013), la proteína es un macronutriente esencial compuesto por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Cumple funciones estructurales, metabólicas y reguladoras en el organismo. Su valor nutricional depende de:

- **Composición de aminoácidos esenciales**, que debe satisfacer los requerimientos humanos.
- **Digestibilidad**, que determina la fracción de aminoácidos realmente absorbida.
- **Calidad proteica**: se evalúa mediante indicadores como el *score químico*, *PDCAAS* o *DIAAS*.

2. Hierro:

Según el documento del WHO et al. (2001), el hierro es un micronutriente esencial que participa en la formación de hemoglobina y el transporte de oxígeno. Su deficiencia causa anemia y su absorción depende del tipo de hierro (hemo o no hemo) y de factores dietéticos.

2.2.6.2. Características Tecnológicas

Propiedades físicas y funcionales que determinan el comportamiento del alimento durante su procesamiento y consumo, influyendo en su calidad y aceptación.

Textura

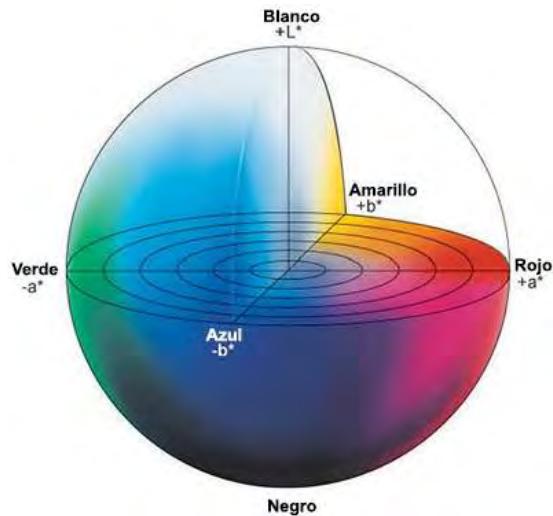
La textura es el conjunto de características sensoriales y mecánicas que determinan cómo un alimento responde a fuerzas durante la manipulación, la masticación y el consumo, incluyendo dureza y fracturabilidad (López et al., 2021).

- **Dureza:** La dureza es la fuerza máxima necesaria para comprimir o romper una muestra alimentaria hasta cierto grado de deformación; refleja la resistencia del alimento a la penetración o ruptura (Food Technology Corporation, s. f.).
- **Fracturabilidad:** La fracturabilidad es la medida de la facilidad con la que un alimento se rompe o desmorona bajo una fuerza aplicada; se relaciona con la distancia o el punto de fractura de la muestra (Hussain et al., 2022).

Color

Según Najjar et al. (2022), el color en productos de panadería se mide comúnmente mediante el sistema CIELAB, donde:

- **L*** indica la luminosidad (0 = negro, 100 = blanco).
- **a*** indica el eje rojo-verde (positivo = rojo, negativo = verde).
- **b*** indica el eje amarillo-azul (positivo = amarillo, negativo = azul).

FIGURA 8*El Espacio de Color CIE L*A*B**

Estos parámetros permiten cuantificar el grado de pardeamiento superficial causado por la reacción de Maillard y la caramelización durante el horneado.

2.2.7. *Calidad Proteica*

La calidad de las proteínas es el resultado de acuerdo al tipo de aminoácidos que contengan, en caso que una proteína tenga menos de un aminoácido será considerada como una proteína de baja calidad, porque una proteína de alta calidad tiene completo los aminoácidos en los porcentajes correctos (León, 2006).

La calidad proteica se evalúa mediante ensayos en ratas en crecimiento, alimentadas con dietas isocalóricas que varían en su contenido de proteína. Comúnmente se utiliza la caseína como proteína patrón, la cual presenta un valor de PER de 2.8, en comparación con 2.4 para la soya y 0.4 para el gluten de trigo (León, 2006).

La calidad de la proteína está inmensamente relacionada con la presencia de los aminoácidos esenciales (comparando con PATRON) y la digestibilidad de la proteína. Al decir la proteína patrón hace mención a la proteína propuesta por la FAO y OMS (tiene la composición de aminoácidos esenciales adecuada para satisfacer correctamente las necesidades proteicas).

TABLA 15*Análisis biológico de diferentes proteínas de origen animal y vegetal*

Alimento	Digestibilidad (%)	Valor biológico (%)	NPU (%)	PER
Huevo cocido	97.00	93.70	93.50	3.92
Leche de vaca	96.90	84.50	81.60	3.10
Pescado cocido	85.00	79.50	76.00	3.55
Trigo integral	90.90	64.70	40.30	1.53
Maíz, grano	90.30	59.40	51.00	1.12
Frijol	72.80	58.00	38.40	1.48

Nota: (FAO, 1970)**TABLA 16***Contenido en aminoácidos esenciales de algunos alimentos (mg/100g de prot.)*

Alimento	Lisina	Azufraados	Treonina	Triptofano	Leusina
Proteína ideal	5.5	3.5	4.0	1.0	7.0
Huevo	6.4	5.5	5.0	1.6	8.8
Leche	7.8	3.3	4.6	1.4	9.8
Carne de ternera	8.7	3.8	4.4	1.2	8.2
Pollo	8.8	4.0	4.3	1.2	7.2
Lentejas	6.1	1.5	3.6	0.9	7.0
Harina de maíz	2.9	3.2	4.0	0.6	13.0

Nota: (Moreno, 2000)

✓ Síntesis proteica

Gómez (2019), indica que los aminoácidos cumplen una función importante en el organismo del ser humano formando proteínas con diferentes objetivos:

- Establecer la formación de las proteínas corporales
- Regenerar estructura de las proteínas
- Estar activo en el crecimiento del ser humano desde la gestación hasta la etapa de la adolescencia.

✓ Degradación proteica

Gómez (2019), hace mención que el organismo humano disminuye el contenido aminoácidico y proteico de manera más simple:

- Todos los días hay degradación de las proteínas corporales
- Sin duda alguna no todos los aminoácidos esenciales que se consumen son aprovechadas de manera exitosa por el organismo.

✓ Funcionamiento del aminoácido

Los aminoácidos forman proteínas, regeneran tejidos, apoyan funciones vitales, actúan como neurotransmisores y ayudan a combatir infecciones y la depresión (UNS, 2020), Según Ramos (2023), indica que existen dos grupos de aminoácidos:

Los esenciales, que se adquieren a través de la alimentación (8 aminoácidos).

- **Isoleucina:** Forma y repara músculo.
- **Leucina:** Regenera tejido muscular.
- **Lisina:** Produce colágeno.
- **Metionina:** Degrada el contenido de azufre.
- **Fenilalanina:** Forma neurohormonas y colágeno.
- **Triptófano:** Precursor de la vitamina niacina y serótina.
- **Treonina:** Desintoxica el hígado.
- **Valina:** Equilibra nitrógeno y forma músculo.

Los aminoácidos no esenciales, son sintetizados a partir de otros aminoácidos.

- **Alanina:** Participa en el anabolismo de urea y glucosa.
- **Arginina:** Interviene en la eliminación de urea.
- **Asparagina:** Regula el metabolismo del sistema nervioso.
- **Aspartato:** Reduce urea y desintoxica el hígado.
- **Cistina:** Desintoxica sangre e hígado.
- **Cisteína:** Libera radicales libres y forma sales biliares.
- **Glutamina:** Disminuye la cantidad de sales biliares.
- **Ácido glutámico:** Participa en transaminaciones y neurotransmisores.
- **Histidina:** Apoya al sistema inmunológico.
- **Serina:** Produce fosfolípidos.
- **Tirosina:** Ayuda contra la depresión.
- **Prolina:** Forma colágeno y regenera huesos y músculos.

TABLA 17*Necesidades de aminoácidos para niños mayores de 1 año y adultos (g/100 g)*

Patrón de referencia para niño mayor de 1 año y adultos (g/100 g)	
Isoleucina	2.5
Leucina	5.5
Lisina	5.1
Met+cist	2.5
Fenil+tir	4.7
Treonina	2.7
Triptofano	0.7
Valina	3.2

Nota: (Institute of Medicine et al., 2002)

2.2.7.1. Digestibilidad proteica

Según la FAO (2017), la digestibilidad proteica comprende tres procesos principales:

Digestión:

La digestión consiste en la descomposición de las proteínas en sus componentes más simples, los aminoácidos, mediante la acción de enzimas proteolíticas en el tracto gastrointestinal. Este proceso permite que los nutrientes estén disponibles para ser absorbidos por el organismo.

Absorción:

Durante la absorción, los aminoácidos resultantes de la digestión atraviesan la mucosa intestinal y pasan al torrente sanguíneo, desde donde se distribuyen a los distintos tejidos del cuerpo.

Asimilación:

La asimilación es el proceso mediante el cual las células incorporan los aminoácidos absorbidos para sintetizar nuevas proteínas, como músculos, enzimas y hormonas, asegurando el correcto funcionamiento metabólico y estructural del organismo.

2.2.8. Métodos de análisis de la calidad proteica

Existen diversos métodos para analizar la calidad proteica de los alimentos.

Para evaluar la calidad proteica se requiere 3 tipos de métodos (GIL, 2010):

- Biológico
- Químico
- Microbiológico

2.2.8.1. Método biológico

El método biológico, evalúa la calidad proteica según la respuesta del organismo, midiendo variaciones de peso y balance de nitrógeno (Barreto & Rojas, 2002).

a) Métodos basados en el crecimiento corporal:

- PER (Relación de Eficiencia Proteica): Incremento de peso por unidad de proteína ingerida.
- NPR (Retención Neta de Proteínas): Ajusta el crecimiento por la proteína de referencia.

b) Métodos basados en el nitrógeno corporal:

- NPU (Utilización Neta de Proteínas): Porcentaje de proteína ingerida retenida en el organismo.
- VB (Valor Biológico): Eficiencia de utilización del nitrógeno absorbido.
- DV (Digestibilidad Verdadera): Considera pérdidas endógenas de nitrógeno.

2.2.8.2. Método químico

El método químico evalúa la calidad de las proteínas mediante su composición y perfil de aminoácidos, generalmente in vitro, sin necesidad de ensayos animales. Segundo el informe de la FAO/WHO/UNU (1991), el uso del score químico y el cómputo aminoacídico se fundamenta en los siguientes principios:

a. **Cómputo o score químico:** Dentro de método químico se encuentra el score químico, cuando este método indique que el valor es al 100%, se indica que los aminoácidos son excelentes.

$$\text{Cómputo químico} = \frac{g \text{ AAE.alimento o mezcla}}{g \text{ AAE. proteína patron}}$$

Para determinar la calidad proteica se recomienda usar el método de score químico o como también el cómputo de aminoácidos. Para calcular el PDCAAS o digestibilidad proteica se multiplica el valor de la digestibilidad por el score.

b. **Cómputo aminoacídico:** Este método permite relacionar la cantidad de proteína del alimento respecto a la cantidad de aminoácido.

El cómputo aminoacídico es considerado como la determinación de los aminoácidos necesarios limitantes de un alimento.

$$\text{Cómputo de aa} = \frac{mg \text{ aa. En 1g de N de prot.del alimento en estudio}}{mg \text{ aa. En 1g de prot.de edad de poblacion}} \times 100$$

c. **Digestibilidad in vitro:** Simula la digestión mediante enzimas como pepsina y tripsina para estimar la proteína absorbible.

2.2.8.3. Método microbiológico

El método enzimático utiliza enzimas digestivas para simular la degradación de proteínas en condiciones controladas, estimando su digestibilidad:

- ✓ Se aplican enzimas como pepsina y tripsina para descomponer la proteína.
- ✓ La fracción de proteína digerida indica la disponibilidad de aminoácidos esenciales.
- ✓ Es rápido, reproducible y permite evaluar la digestibilidad sin recurrir a ensayos animales (FAO/WHO/UNU, 1991).

2.2.9. Evaluación biológica en ratas

Para realizar investigaciones con ratas albinas, que son las más usadas en el laboratorio de investigación por presentar características similares que el del ser humano en cuanto al funcionamiento de su organismo, debe controlarse el parámetro de la temperatura de 22 a 24 °C y una humedad de 50 a 60% para obtener un desarrollo óptimo de las ratas. Los factores para su experimentación de las ratas descritas se deben considerar su edad, sexo y masa corporal (Cossio et al., 2013).

Según, Falcón et al., (2006). El género de las ratas descritas, no afecta en la digestibilidad de materia seca, digestibilidad de nitrógeno aparente y verdadero y razón neta de proteína en las dietas experimentales de alimentos de diversa calidad proteica.

2.2.9.1. PER: Relación de Eficiencia Proteica

El PER da conocer el incremento de peso de un animal en crecimiento, además queda comprobado que la proteína animal aumenta con más rapidez el peso y crecimiento por gramo de ingestión de proteína (Hernandez M., 1999). El PER se calcula dividiendo la ganancia de peso entre los gramos de proteína consumida (Mendel et al., 1919).

$$PER = \frac{Pg (g)}{Pi (g)} \quad (\text{Ecu. 01})$$

Pg: Ganancia de peso vivo (g)

Pi: Proteína ingerida

PER: Relación de Eficiencia proteica

El ensayo para determinar el valor PER se realiza en un periodo de experimentación por 28 días, con el uso de ratas machos, formulación de dieta que contengan el 10% de proteína y el suministro de bebida y alimento ad libitum.

2.2.9.2. NPU: Utilización Neta de Proteína

Este método realiza la cuantificación del depósito de nitrógeno en la estructura, considerada como uno de los métodos más efectivos. Este método utiliza la proporción del nitrógeno corporal de ratas alimentadas con dieta proteica y a proteica sobre el nitrógeno de los aminoácidos absorbidos (Gonzales J., 2006).

Calculo:

$$NPU = \frac{[NP - (NA + Nia)] \times 100}{Ni} \quad (\text{Ecu. 02})$$

NP: Nitrógeno en la carcasa del grupo que consumió la ración con proteína (g).

NA: Nitrógeno en la carcasa del grupo que consumió la ración sin proteína (g)

Ni: Nitrógeno ingerido por el grupo con proteína (g).

Nia: Nitrógeno ingerido por el grupo sin proteína (g).

2.2.9.3. VB: Valor Biológico

El VB indica una parte de los nitrógenos digeridos, que es retenido para el desarrollo positivo de los animales. Se calcula entre la división del nitrógeno retenido dividido por nitrógeno digerible (Hernandez M., 1999).

$$\text{Balance de nitrogeno} = Ni - (Nh + Nu)$$

$$\% \text{valor biológico aparente (VBA)} = \frac{[Ni - (Nh + Nu)] \times 100}{Ni - Nh} \quad (\text{Ecu. 03})$$

Ni: Nitrógeno ingerido

Nh: Nitrógeno fecal del grupo alimentario con dieta proteica

Nu: Nitrógeno Urinario del grupo alimentado con dieta proteica

2.2.9.4. D: Digestibilidad aparente

$$\text{Digestibilidad aparente (D)} = \frac{(Ni - Nh) \times 100}{Ni} \quad (\text{Ecu. 04})$$

Ni: Nitrógeno ingerido

Nh: Nitrógeno fecal del grupo alimentario con dieta proteica

2.2.9.5. NPR: Ración Proteica Neta

(Gonzales J., 2006). El NPR indica la eficiencia con la que la proteína de la dieta es utilizada para el crecimiento de los animales de laboratorio, como las ratas.

$$GPP = \text{Peso f del grupo proteico} - \text{Peso i del grupo proteico}$$

$$GPP = IPeso f del grupo aproteico - Peso i del grupo aproteico$$

$$NPR = \frac{GPP + pPa}{Pip} \quad (\text{Ecu. 05})$$

$$GPP = \text{Ganancia de Peso del grupo proteico (g)}$$

$$pPa = \text{Perdida de Peso del grupo aproteico (g)}$$

$$Pip = \text{Proteina ingerida del grupo proteico (g)}$$

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. *Trigo*

El trigo es el principal cereal de consumo humano; sus especies más usadas son *Triticum aestivum L.* y *Triticum durum Desf.*. Los granos deben estar limpios e inocuos (Codex Alimentarius, 2023).

2.3.2. *Avena*

Cereal utilizado como ingrediente base y fuente de fibra. Es valorado por su contenido de beta-glucanos y su aporte nutricional en la formulación de las galletas (Larraín et al., 2018).

2.3.3. *Entomofagia*

La práctica del consumo de insectos por parte de los seres humanos. Se aborda como una alternativa sostenible para el enriquecimiento proteico de alimentos (FAO, 2013).

2.3.4. *Larva de insecto Hermetia illucens*

La mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) presenta un ciclo de vida compuesto por adulto, huevo, larva y prepupa. Sus larvas crecen en desechos orgánicos, consumiendo grandes cantidades de materia y facilitando el reciclaje de nutrientes. Las prepupas pueden emplearse como fuente de alimento, y la especie no se considera plaga ya que los adultos no afectan al entorno humano (Newton et al., 2005).

2.3.5. *Harina de larva Hermetia illucens*

La harina de *Hermetia illucens* es un ingrediente de alto valor proteico (42,16 ± 3,67% MS), obtenida mediante un proceso que incluye selección de larvas, congelación, esterilización, deshidratado y molido (Reátegui & et.al, 2020).

2.3.6. *Sustitución parcial*

Estrategia de formulación de alimentos que implica el reemplazo controlado y gradual de un ingrediente base por un ingrediente fortificante. Este proceso se rige por los principios del Diseño de Experimentos para evaluar el efecto de diferentes proporciones sobre la calidad final del producto (Gutierrez & De la Vara, 2008).

2.3.7. *Galletas*

Producto de panadería crocante elaborado a partir de harinas, agua, grasas y aditivos, utilizado en la tesis como el vehículo alimentario para incorporar la harina de *H. illucens* (Marquina, 2016 & NTP, 1981).

2.3.8. *Calidad proteica*

Es la medida del valor nutritivo de una proteína, determinada por dos factores esenciales: su composición y proporción de aminoácidos esenciales (valor químico), y su digestibilidad y biodisponibilidad para el crecimiento y mantenimiento del organismo. FAO y OMS.

2.3.9. *PER*

Indicador que mide la ganancia de peso vivo del animal de ensayo en función del gramo de proteína consumida, siendo un factor de capacidad de crecimiento (Mendel et al., 1919).

2.3.10. *VB*

Mide la fracción del nitrógeno digerido (absorbido) que es efectivamente retenido por el organismo, indicando la calidad de la proteína para el desarrollo positivo (Hernandez M., 1999).

2.3.11. *NPU*

Método efectivo que cuantifica la proporción de nitrógeno ingerido que es retenido y utilizado por la estructura corporal para el crecimiento y mantenimiento (Gonzales J., 2006).

2.3.12. *Digestibilidad aparente*

Mide el porcentaje de la proteína ingerida que el organismo es capaz de digerir y absorber (nitrógeno absorbido), siendo un factor clave en la biodisponibilidad (Hernandez M., 1999).

2.3.13. *Caseína*

Proteína de la leche, utilizada como proteína de referencia o control positivo en los bioensayos con ratas. Se le asigna un valor biológico de referencia para comparar la eficiencia de la proteína de las galletas (AOAC, 2005).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Hipótesis general

La sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harinas de avena (*Avena sativa* L.) y de larva de *Hermetia illucens* incrementa significativamente la calidad proteica de las galletas.

Hipótesis específicas

1. La harina desgrasada de *Hermetia illucens* presenta una composición proximal significativa en cuanto a la proteína, adecuada para su uso en formulaciones de galletas
2. Las mezclas de harinas de avena, larva y trigo, mejora significativamente la calidad proteica de las formulaciones al presentar un perfil aminoacídico, determinado mediante score químico y cómputo aminoacídico.
3. La sustitución parcial de harina de trigo por harinas de avena y larva incrementa significativamente el contenido de proteína y hierro de las galletas, modificando sus características tecnológicas como dureza, fracturabilidad y color.
4. La galleta optimizada, evaluada biológicamente en modelo animal, presenta mejores indicadores de calidad proteica (PER, NPU, VB y digestibilidad aparente) en comparación con la dieta control.

3.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Esta investigación se clasifica en dos tipos de variables para reflejar las fases del diseño experimental y de comparación: Variables Experimentales y Variables Descriptivas:

3.2.1. *Variables Experimentales*

Corresponden a las variables formuladas y evaluadas en la fase de optimización de las formulaciones, buscando la relación causal para obtener el producto óptimo

Variable independiente

- Mezclas de harinas con restricciones.
 - Harina de trigo (40% - 50%)
 - Harina de avena (20% - 30%)
 - Harina de larva de *Hermetia illucens* (20% - 30%)

Variable dependiente

- Propiedades nutricionales y tecnológicas
 - **Proteína:** Método Kjeldahl
 - **Hierro:** Espectrometría de absorción atómica.
 - **Textura:** Dureza y la fracturabilidad con texturómetro.
 - **Color:** Coordenadas L *, a * y b * con colorímetro.

3.2.2. *Variable Descriptiva: Estudio Comparativo*

Corresponde a la variable utilizada para caracterizar el valor biológico de la Formulación Óptima Única seleccionada. Se clasifica como descriptiva porque el análisis estadístico solo compara el valor de la formulación frente a un estándar (Caseína), sin probar causalidad a través de un rango de tratamientos.

Grupo de estudio

Ratas Albinas Hotlzman

- ✓ Grupo experimental (GE): dieta con la galleta optimizada
- ✓ Grupo control (GC): dieta con caseína.

Parámetros evaluados

Calidad proteica: método biológico

- ✓ PER, NPU, VB y D

FIGURA 9*Estructura de Variables de la Investigación: experimental y descriptiva.*

VARIABLES EXPERIMENTALES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE
Mezclas de harinas con restricciones	Propiedades nutricionales y tecnológicas
Harina de trigo (40% - 50%)	✓ Proteína
Harina de avena (20% - 30%)	✓ Hierro
Harina de larva (20% - 30%)	✓ Textura (Dureza y Fracturabilidad) ✓ Color (L*, a* y b*)
VARIABLE DESCRIPTIVA	
Grupo de estudio	Calidad Proteica: Métodos biológicos
Grupo experimental (galleta optimizada)	DIGESTIBILIDAD IN VIVO
Grupo control (caseína)	✓ PER ✓ NPU ✓ VB ✓ D

Variables no controladas: Humedad ambiental, temperatura ambiental, presión atmosférica

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TABLA 18

Operacionalización de variables

Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Técnica de medición	Unidad	Tipo de Variable	Escala
VARIABLE INDEPENDIENTE: Mezclas de harinas con restricciones								
Reemplazo parcial de harina de trigo por avena y larva (<i>Hermetia illucens</i>) para mejorar el valor nutricional y la calidad proteica.	Niveles de sustitución: Se evaluaron siete formulaciones experimentales mediante un diseño de mezclas, con sustituciones de harina de trigo (40–50%), harina de avena (20–30%) y harina de larva (20–30%).	Nivel de sustitución	% de harina de avena y de larva en la formulación	Ficha técnica de formulación	Registro experimental	%	Cuantitativa discreta	Nominal
		Composición proximal de la harina de larva desgrasada	% proteína, % grasa, % humedad, % cenizas.	Métodos AOAC	Análisis químico	%	Cuantitativa continua	Razón
		Perfil aminoacídico	Cálculo teórico y experimental	Software / Tablas de cómputo composición	químico y cómputo aminoacídico	Score Índice	Cuantitativa continua	Razón
						o		

VARIABLE DEPENDIENTE: Características Tecnológicas y Nutricionales (Fase de Optimización)

Análisis de propiedades químicas y físicas que definen la funcionalidad, aceptabilidad y valor nutricional de las siete formulaciones	Característica s tecnológicas	Textura (dureza, fracturabilidad)	Texturómetro	Ensayo instrumental	Newton (N)	Cuantitativa continua	Razón
		Evaluación de siete formulaciones del diseño de mezcla para seleccionar la formulación óptima.	Color (L*, a*, b*)	Colorímetro	Medición instrumental	a CIEL ab	Intervalo
	Composición nutricional	Contenido de proteína	Método Kjeldahl	Análisis químico AOAC	%	Cuantitativa continua	Razón
		Espectrofotómetro	Contenido de hierro	Análisis químico AOAC	mg/100g	Cuantitativa continua	Razón

VARIABLE DESCRIPTIVA: Calidad proteica de la formulación optimizada

Determinación de la calidad biológica de la proteína según su digestión, absorción y utilización en el organismo.	Comparación de la formulación óptima con la dieta control (caseína 10%) para evaluar la eficiencia biológica.	Eficiencia Biológica	Valor de PER	Registro de peso animal	Ensayo biológico	Índice	Cuantitativa continua	Razón
				(ratas)				
		Eficiencia Biológica	Valor de NPU	Registro de ingesta y excreta	Ensayo biológico	%	Cuantitativa continua	Razón
		Eficiencia Biológica	Valor de VB	Registro balance nitrogenado	Ensayo biológico	%	Cuantitativa continua	Razón
		Eficiencia Biológica	Valor de D	Registro balance nitrogenado	Ensayo biológico	%	Cuantitativa continua	Razón

IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1. LUGAR DE INVESTIGACIÓN

El siguiente estudio se ejecutó en los siguientes lugares:

- ✓ La obtención de la harina desgrasada de larva *Hermetia illucens*, se realizó en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial – UNSAAC
- ✓ El análisis proximal de la harina sin desgrasar se realizó en la UNSAAC, y el de la harina desgrasada en BHIOS laboratorios (Arequipa).
- ✓ El Análisis microbiológico de la harina desgrada de larva *Hermetia illucens* y de la galleta optimizada, se realizaron en laboratorio LAASA LAB – Cusco.
- ✓ Las pruebas preliminares y definidas se realizaron mediante un diseño de mezclas en Design-Expert® 13. La elaboración de las galletas se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación e Innovación de Productos Agroindustriales de la EPIA – UNSAAC.
- ✓ Se analizaron las características tecnológicas como dureza, fracturabilidad, color en el espacio CIELAB, y el contenido nutricional de proteína y hierro en el laboratorio Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C. (MAQ LABS) - Puno.
- ✓ La evaluación proximal de la galleta con formula optima fue analizada en la Universidad Nacional Agraria la Molina - Lima.
- ✓ La valoración de la calidad proteica se realizó en el “BIOTERIO” de la Universidad Nacional Agraria la Molina – Lima.

4.1.1. Ubicación geográfica

El área de estudio está ubicada en las siguientes coordenadas geográficas:

- Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco - Sicuani
“Laboratorio de investigación e innovación de productos agroindustriales, de la escuela profesional de ingeniería agroindustrial”
Latitud: 14° 16' 17"
Longitud: 71° 13' 45"
- Universidad Nacional Agraria la Molina - Lima.
“BIOTERIO”
Latitud: 12°04'55"
Longitud: 76°56'53"

4.2. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio, de Tipo Aplicado y Enfoque Cuantitativo, se establece en un Nivel Experimental al requerir la manipulación controlada de la Variable Independiente mediante un Diseño de Mezclas (Design-Expert® 13). Esta metodología permitió la optimización de las formulaciones a través de la cuantificación de sus propiedades nutricionales y tecnológicas. Finalmente, la galleta optimizada fue sometida a ensayos biológicos *in vivo* en ratas Albinas Holtzman para validar su eficiencia proteica, analizando los resultados estadísticamente.

4.3. UNIDAD DE ESTUDIO

La unidad de estudio principal es la Galleta Optimizada (como producto final del modelo); y la unidad experimental son las ratas Albinas Holtzman (para la validación biológica *in vivo*).

4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

4.4.1. Población de Estudio

- Todas las formulaciones posibles de galletas con sustitución parcial de harina de trigo por avena y larva de *Hermetia illucens*.
- Todos los animales de experimentación (ratas Holtzman) disponibles en el bioterio.

4.4.2. *Tamaño de Muestra*

- Las 7 formulaciones experimentales obtenidas por el diseño de mezclas y la formulación optimizada. (Se produjeron 2 kg de las 7 formulaciones iniciales para el análisis instrumental).
- 32 ratas Holtzman, distribuidas entre la dieta experimental (formulación óptima) y la dieta control (caseína 10%). (Se produjeron 5 kg de la galleta optimizada destinados a alimentar esta muestra).

4.5. Materiales, Instrumentos y Equipos

Las materias primas, insumos, materiales, instrumentos y equipos que se utilizaron para la presente investigación se detallan a continuación:

TABLA 19

Las materias primas, insumos, materiales, instrumentos y equipos

Categoría	Detalle	Unidad	Descripción	Especificaciones
Materias primas			- Larva deshidratada de <i>Hermetia illucens</i>	Suministrada por Black Soldier Fly Logistics S.A.C. (Lima).
		10 kg		
		7 kg	- Harina de trigo.	Grano de Oro, sin preparar
Elaboración de las galletas		4 kg	- Harina de avena integral	Tres Ositos sin aditivos
			Leche en polvo	Marca Gloria
			Polvo de hornear	Marca Fleischmann.
			Sal de mesa	EMSAL
			Bicarbonato de amonio	Industrializado por la empresa JOFSAC
			Bicarbonato de sodio	Industrializado por la empresa Portugal.
Insumos				Importado e industrializado por la compañía A&M
			Glucosa	
			Lecitina de Soya	Importado e industrializado por la compañía A&M
			Margarina sin sal	Marca Primavera.
			Azúcar blanca	s/m
			Agua potable	s/m
			Huevo	s/m

		Esencia de vainilla	Marca Umsha	
	01 Und.	Tamizadora rotatap	UTEST, 6 tamices de 8", 186 W, 220 V, 60 Hz.	
	01 Und.	Batidor eléctrico	OSTER, 4 L, 750 W.	
			IMACO, 2 bandejas,	
	01 Und.	Horno eléctrico	2200 W, 220 V, 250 °C máx.	
Equipos	01 Und.	Licuadora	OSTER, 1.25 L, 1000 W, 120 V.	
	01 Und.	Secadora solar.	50–70 °C	
	01 Und.	Molino manual.	Marca Corona	
		Balanza		
	01 Und.	electrónica XingYun	Capacidad máxima de JA 5000 g	
			5000C	
	01 Und.	Balanza Gramera.	Capacidad 1 gr a 500gr	
Utensilios	01 Und.	Tamiz.	Acero inoxidable	
	01 Und.	Espátula.	Plastificado	
	01 Und.	Rodillo amasador.	Madera (haya)	
	01 Und.	Moldes circulares	Acero inoxidable.	
	05 Und.	Bols	Acero inoxidable.	
	06 Und.	Envases	Vidrio y plastificado.	
	01 Und.	Tabla de picar.	Plastificado	
Material de empaque	25 Und.	Bolsas de cierre hermético.	Marca Bell's	
Análisis instrumental	Equipos	01 Und	Texturómetro	Brookfield, modelo CT3 4500

	01 Und	Colorímetro	Konica Minolta, X-Rite
	01 Und	Espectrofómetr o	Shimadzu, modelo AA - 7000, Japón
	01 Und	Equipo Kjeldahl	
Software		Excel	Análisis nutricional y aminoacídico).
		Design-Expert® 13.	Diseño de mezclas y optimización
Muestra experieme ntal	32 Und.	32 ratas albinas (<i>Rattus norvegicus</i> , cepa Holtzman)	28 días de nacido con un peso de 95–110 g. Distribución: PER (10 machos), NPU (8 machos, 8 hembras), VB (6 machos).
Evaluación de la calidad proteica	02 cajas	Guantes quirúrgicos.	Desechables.
	02 cajas	Naso bucal.	Desechables.
	01 Und.	Mandil.	Color Blanco
Materiale s	02 cajas	Gorra quirúrgica.	Desechables
	32 Und.	Jaulas metabólicas	Acero inoxidable
	32 Und.	Bebederos	Botella de vidrio
	32 Und.	Comederos	Acero inoxidable
	01 Und.	Tijera quirúrgica.	s/m
	01 Und.	Bisturí.	s/m
Material es de desinfecci ón	1 kg	Detergente.	Marca Bolívar
	01 Und.	Jabón líquido.	Marca Aval
	1 litro	Alcohol etílico.	Marca Alkofarma 96°
	1 litro	Amonio cuaternario.	Marca DMQ

	1 galón	Hipoclorito de sodio.	Marca Dariza
	01 Und.	Lava botellas.	Plastificado
	25 Und.	Bolsas plásticas para basura.	Color negro
Equipos adicionales	01 Und.	- Refrigeradora	200 L, +4 °C, 200 W, 220 V
	01 Und.	- Estufa.	40 L, 250 °C, 1200 W, 220 V
Instrumentos	01 Und.	- Balanzas	Capacidad 5000 g.
	01 Und.	- Termómetro ambiental.	Marca Fleming
	01 Und.	- Tolueno.	s/m
Reactivos	01 Und.	- Timol.	s/m
	01 Und.	- Carmín.	s/m

4.5.1. Metodología para la obtención de harina de larva desgrasada y pulverizada de *Hermetia illucens*.

Recepción

La materia prima, larva deshidratada de *Hermetia illucens*, fue suministrada por la empresa Black Soldier Fly Logistics SAC, especializada en la crianza, deshidratación y comercialización de la larva *Hermetia illucens*. En la recepción, se recibió 10 kg de larva deshidratada y se llevó la inspección visual.

Pesado:

La larva de *Hermetia illucens* se pesó para poder determinar la cantidad exacta de materia prima que se usara en los procesos posteriores.

Selección:

Se realizó una selección manual con la finalidad de retirar impurezas, fragmentos deteriorados, materia que no se asocie a la materia prima para asegurar un producto inocuo y apto para los posteriores procesos.

Molienda 1:

En esta operación, las larvas deshidratadas se sometieron a la reducción de tamaño utilizando un molino de corona, esta harina obtenida es denominada harina integral.

Prensado:

La harina integral fue sometida a un proceso de desgrasado utilizando una prensa neumática vertical, para disminuir la grasa de la harina integral.

Secado:

La harina desgrasada se sometió al proceso de secado en un secador solar a una temperatura de 40 a 50°C, reduciendo su contenido de humedad. Esta etapa se realizó con la finalidad de inhibir el crecimiento microbiano y prolongar la vida útil del producto.

Molienda 2:

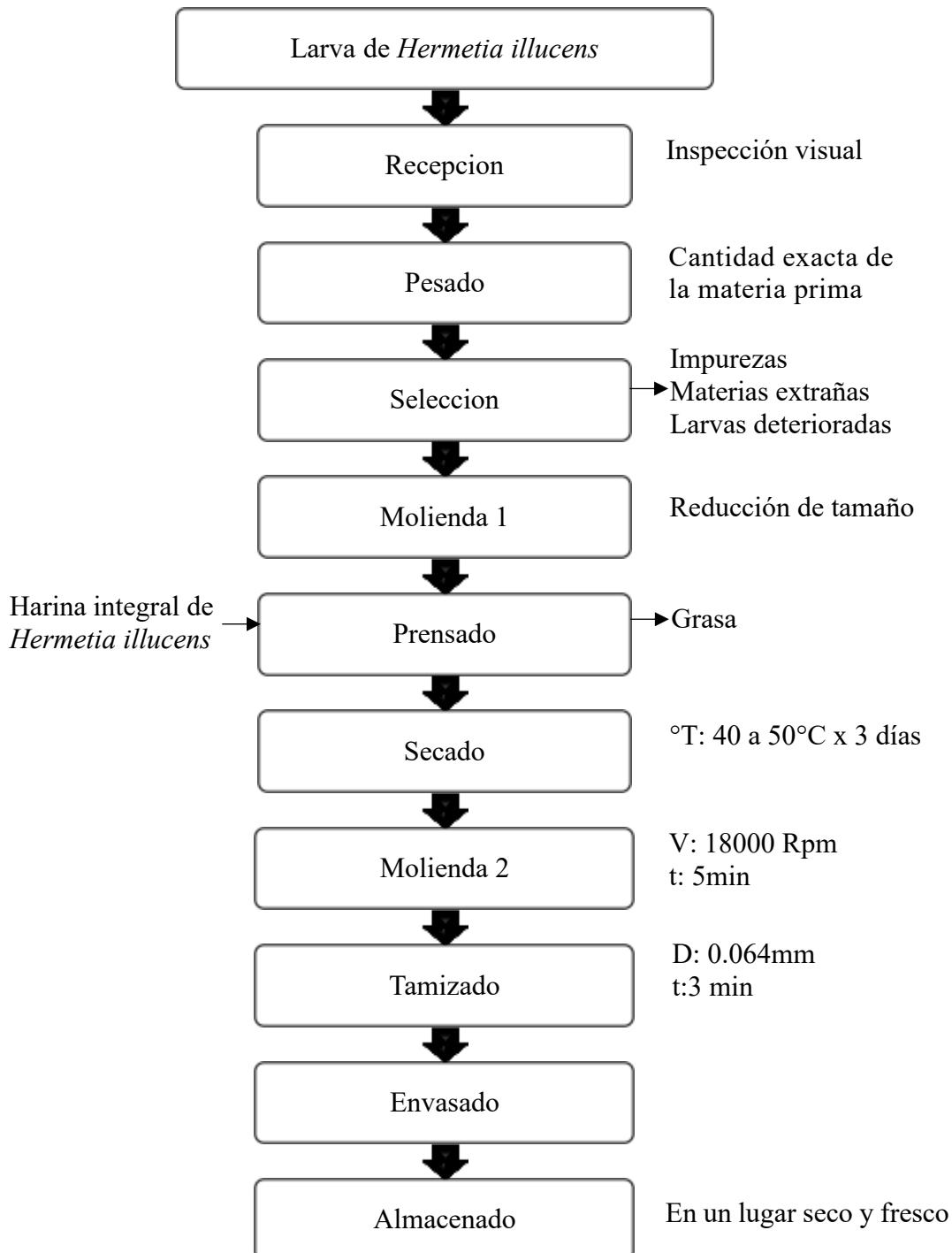
La harina seca fue sometida a una molienda fina en una licuadora de cuatro cuchillas por un tiempo de 5 min., obteniendo una harina mucho más fina.

Tamizado:

La harina obtenida fue tamizada en una tamizadora motorizada, con número de mallas de tamiz N°0.125mm y N°0.063mm por un tiempo de 3 minutos.

Envasado y almacenado:

La harina fina fue almacenada en recipientes que nos ayudaron a conservar mejor las características de la harina para su posterior proceso. Se le almacena en un lugar seco, seguro y fresco.

FIGURA 10*Diagrama de bloques de la obtención de la harina de larva *Hermetia illucens**

4.5.1.1. Metodología para la obtención de galleta elaborada con harinas de avena y de larva *Hermetia illucens*.

Se empleó un diseño de mezclas mediante el software Design-Expert® 13 para generar siete formulaciones de galletas, considerando las restricciones establecidas para las materias primas: harina de trigo, harina de avena y harina de larva *Hermetia illucens* y también se formuló una muestra patrón de referencia (MP).

TABLA 20

*Restricciones aplicadas en el software Design-Expert®, para galletas formuladas con harinas de trigo, avena y larva (*Hermetia illucens*)*

Tipo de aditivo	Restricciones	Motivo
Harina de trigo	40% - 50%	40%: Estas galletas pueden mantener la estructura de la galleta y su textura. 50%: Asegura una adecuada formación de la red de gluten, mejorando la dureza y cohesión de la masa (Caballero et al., 2011).
Harina de avena	20% - 30%	20%: Esta cantidad mínima contribuye al aporte de fibra sin comprometer la textura, sin afectar la fracturabilidad medida con texturómetro. 30%: Mejora la suavidad y el perfil nutricional (Calderon & Razo, 2023).
Harina de larva	20% - 30%	20%: Incrementa el contenido proteico sin afectar la aceptabilidad. 30%: Maximiza el aporte de proteínas e hierro manteniendo la textura adecuada (Cerdán Quispesivana & Jaquehua Tarqui, 2019).

Nota: Elaboración propia, basada en el análisis de score químico y aminoacídico de las formulaciones evaluadas, en concordancia con estudios previos (Cerdán & Jaquehua (2019); (Calderon & Razo, 2023), (Caballero et al., 2011))

Estos estudios respaldan los límites establecidos en la formulación, proporcionando una base científica para asegurar tanto la calidad tecnológica como el aporte nutricional de las galletas.

TABLA 21

Diseño de mezclas de los componentes para la elaboración de las galletas elaboradas.

MEZCLAS	A: TRIGO %	B: AVENA %	C: LARVA %
F1	50.00	30.00	20.00
F2	50.00	20.00	30.00
F3	50.00	25.00	25.00
F4	45.00	25.00	30.00
F5	48.34	23.33	28.33
F6	40.00	30.00	30.00
F7	45.00	30.00	25.00
MP	80.00	20.00	0.00

Nota: Las 7 formulaciones fueron obtenidas a través de un diseño de mezclas utilizando el software Design-Expert® 13 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, MN, EE.UU.) y como referencia de comparación se coloca la MP.

Cada formulación fue validada a través del cálculo del score químico y el cómputo aminoacídico, utilizando como referencia los valores nutricionales y aminoacídicos de las harinas, según los estándares recomendados por la FAO.

a. Score químico y cómputo aminoacídico para las formulaciones

Se trabajó de acuerdo al método recomendado por FAO/OMS/ONU (1985)

$$\text{Cómputo químico} = \frac{\text{mg de aminoacido en un g de proteína consumida}}{\text{mg de aminoacido en la combinación de referencia}}$$

Pasos en la determinación del score químico:

- Paso 1: Se recolectaron los valores nutricionales de cada materia prima (harina de trigo, harina de avena y harina de larva *Hermetia illucens*), asegurando que los porcentajes de referencia sumen el 100%.
- Paso 2: En una tabla de Excel se registraron los componentes nutricionales, como la humedad, energía, proteínas, carbohidratos, grasa total, ceniza y fibra, expresados en porcentajes (%) y gramos (g).
- Paso 3: Se realiza una suma total de la formulación, la cual debe dar como resultado un 100%. Y para los componentes que se requieren determinar se suma de manera horizontal obteniendo también un 100% de porcentaje.

TABLA 22

Matriz experimental para determinar el score químico

F	Harina	Harina	Harina	Humed.	Prot.	Grasa	Fibra	Ceniza	CHO
	trigo	avena	larva						
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	50.00	30.00	20.00						
2	50.00	20.00	30.00						
3	50.00	25.00	25.00						
4	45.00	25.00	30.00						
5	48.34	23.33	28.33						
6	40.00	30.00	30.00						
7	45.00	30.00	25.00						

Nota: Se recolectaron los valores nutricionales de las materias primas (harinas de trigo, avena y larva *Hermetia illucens*) a partir autores (MINSA, 1997), (Bueno Soto, 2017) y (Navarro, 2016)

Pasos en la determinación del cómputo aminoácídico:

- Paso 1: Se obtuvieron los datos de la composición de aminoácidos de la harina de trigo, harina de avena y harina de larva *Hermetia illucens*.
- Paso 2: En una tabla Excel se colocó los componentes de los aminoácidos esenciales que se determinaron como la isoleucina, leucina, lisina, Metionina más cisteína, fenilalanina más tirosina, triptófano y valina.
- Paso 3: Para el cálculo del cómputo aminoacídico, la sumatoria de cada columna (aminoácidos esenciales) se dividió entre los valores del patrón de referencia según la FAO para niños que tengan más de 1 y también para personas adultas. El valor obtenido del cómputo aminoacídico debe ser un valor mayor e igual a 1.

TABLA 23

Matriz experimental para determinar el cómputo aminoacídico

	Harina trigo %	Harina avena %	Harina larva %	Isol. %	Leu. %	Lis. %	Met+cit %	Treo. %	Trip. %	Val. %
F1	50.00	30.00	20.00							
F2	50.00	20.00	30.00							
F3	50.00	25.00	25.00							
F4	45.00	25.00	30.00							
F5	48.34	23.33	28.33							
F6	40.00	30.00	30.00							
F7	45.00	30.00	25.00							

Nota: Cálculos realizados en Excel por el autor a partir de datos aminoacídicos de las harina de trigo, avena y larva *Hermetia illucens* reportados por [(Gil, 2010), (Gil, 2010) y (Oller, 2021)].

- **Recepción**

En esta etapa se adquirió la materia prima e insumos para la elaboración de las galletas, controlando mediante una inspección visual, certificados de calidad y las condiciones de almacenamiento, para evitar su posterior deterioro.

- **Dosificado**

En esta etapa se usó la operación de pesado con la utilidad de una balanza, donde se pesó los ingredientes (harina de trigo, harina de avena, harina de *Hermetia illucens*, azúcar, sal, mantequilla, bicarbonato de sodio, lecitina de soya, agua y glucosa), el pesado se realizó de acuerdo a las 7 formulaciones y para la muestra patrón de acuerdo a la tabla 21.

- **Mezclado**

En esta operación se realizó el mezclado de los ingredientes secos, la primera mezcla fue de las harinas de larva, avena y trigo mezclándolo por el tiempo de 2 minutos a una velocidad baja en el nivel 2, posterior a ello se agregó polvo de hornear, sal, bicarbonato de amonio, bicarbonato de sodio y leche en polvo homogenizándolo por 4 minutos a una velocidad media en el nivel 3.

- **Cremado**

El cremado se realizó en una batidora pedestal con una potencia de 600 W, donde la margarina y azúcar se batió hasta que llegue a un punto de cremosidad por 5 minutos con una velocidad media en nivel 5, seguidamente se agrega huevo, esencia de vainilla, glucosa y lecitina de soja y se bate por 2 minutos a una velocidad media en el nivel 4 hasta conseguir una mezcla homogénea.

- **Amasado**

En esta etapa se agregó los ingredientes secos al cremado, mezclándolo suavemente, seguidamente se incorporó agua poco a poco mezclándolo hasta integrarlo por 3 minutos a una velocidad baja en el nivel 2, el amasado se realizó en la mano hasta obtener una textura deseada.

- **Laminado**

La superficie y el rodillo se pasó con harina de trigo, con el rodillo se estiro la masa de manera uniforme hasta obtener un grosor de 7 mm.

- **Cortado**

En la etapa para del cortado y la división se realizó con un molde circular de 5 cm y se colocó en la bandeja encerado con mantequilla.

- **Horneado**

En este proceso, el horno es previamente calentado, se introdujo al horno las bandejas y fueron horneadas a una temperatura de 180°C por 15 minutos.

- **Enfriado**

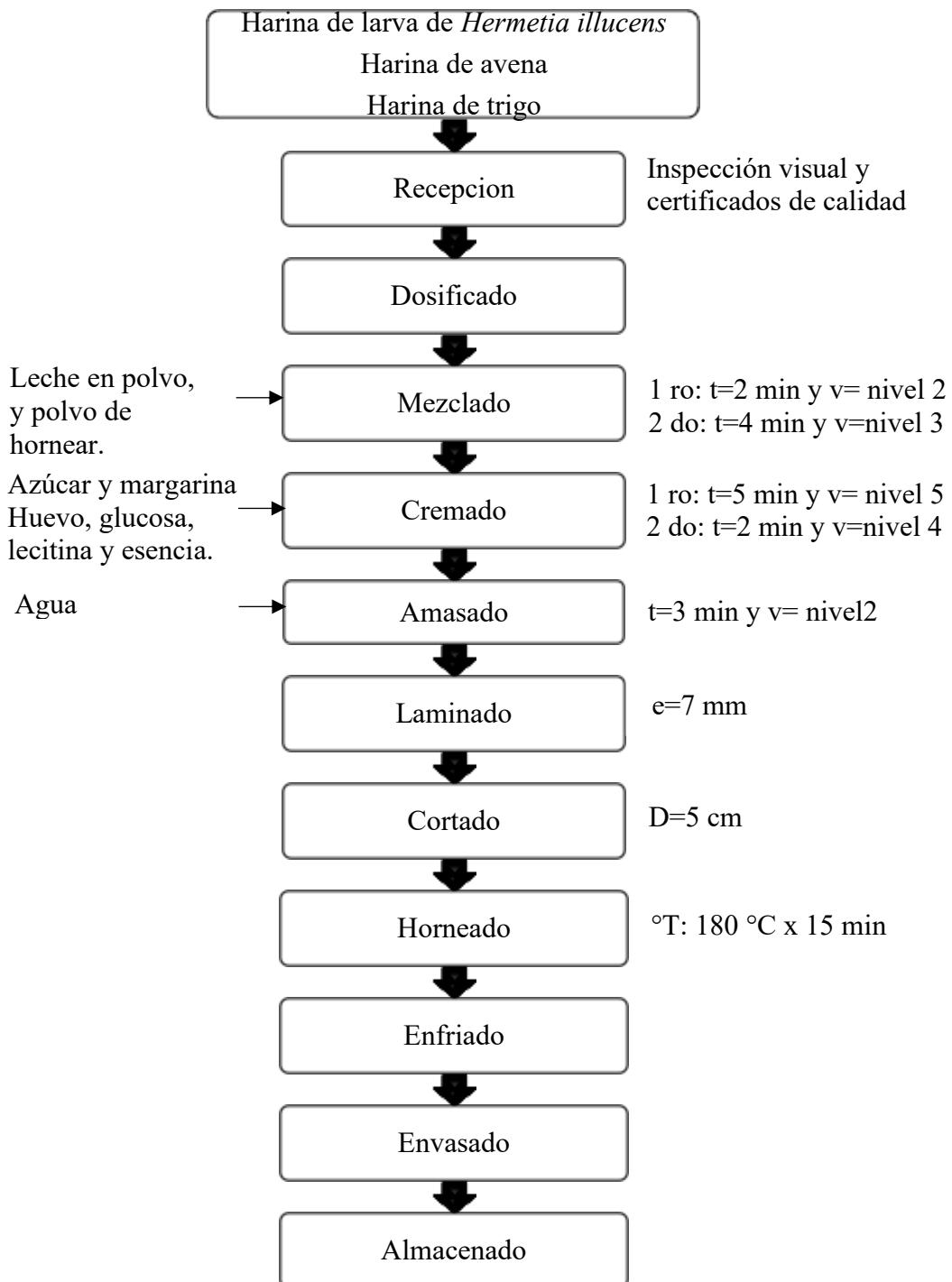
Al retirar la galleta del horno se dejó enfriar a temperatura ambiente por 35 minutos.

- **Envasado**

Se tuvo que asegurar que las galletas estuvieran completamente frías y se envaso en una bolsa bilaminada con su respectivo sellado térmico.

- **Almacenamiento**

Se debe almacenar en un lugar fresco y seco, para evitar la alteración de su calidad de la galleta. Teniendo en cuenta que su vida útil normal de una galleta es de alrededor de 1 mes.

FIGURA 11*Diagrama de bloques de la obtención de galleta enriquecida*

Nota: t = tiempo de batido y v = velocidad de la amasadora

4.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

4.6.1.1. Determinación de textura, color, proteína y contenido de hierro.

Determinación del Contenido de Proteínas

El contenido de proteínas se determinó mediante el método de Kjeldahl, según la AOAC 981.10. Las muestras fueron digeridas con ácido sulfúrico concentrado y catalizadores, posteriormente neutralizadas con hidróxido de sodio y destiladas en un analizador automático de nitrógeno (Kjeltec 8200). El porcentaje de proteína se calculó utilizando el factor de conversión de 6.25 (FAO, 2013).

Determinación del Contenido de Hierro

El contenido de hierro se cuantificó mediante espectrofotometría de absorción atómica (Atomic Absorption Spectrophotometer AA-7000). Las muestras fueron sometidas a una digestión ácida con HNO_3 y H_2O_2 en un digestor de microondas. Posteriormente, las soluciones fueron filtradas y analizadas a una longitud de onda de 248.3 nm. Los resultados fueron expresados en mg de hierro por 100 g de muestra (WHO et al., 2001).

Determinación de la Textura

La textura de las galletas se evaluó mediante un texturómetro Brookfield CT3 Texture Analyzer. Se utilizó una sonda cilíndrica de acero inoxidable con una velocidad de prueba de 1 mm/s y una fuerza de preprueba de 5 g. Se midieron los parámetros de dureza (fuerza máxima de compresión en Newtons), fracturabilidad (resistencia a la ruptura) y cohesividad (López et al., 2021). Cada muestra fue analizada con un mínimo de cinco repeticiones para asegurar la reproducibilidad de los resultados.

$$1J = 1N \cdot 1m$$

$$\text{Energía (J)} = \frac{\text{Fuerza (N)}}{\text{Distancia (m)}}$$

Food Technology Corporation (s. f.). Indica, para encontrar la fuerza (N), se usa:

$$\text{Fuerza (N)} = \frac{\text{Energia (J)}}{\text{Distancia (m)}}$$

Hussain et al. (2022), menciona que para determinar la fuerza de fracturabilidad:

$$\text{Fuerza (N)} = \frac{\text{Energia (J)}}{\text{Deflexion (m)}}$$

Determinación del Color

El color de las galletas fue evaluado mediante un colorímetro digital portátil de marca Konica Minolta, X-Rite, utilizando el sistema de color CIELAB, que mide los parámetros según Najjar et al. (2022):

- **L***: luminosidad, donde 0 es negro y 100 es blanco.
- **a***: tonalidad rojo-verde, rojo (+) y verde (-).
- **b***: tonalidad amarillo-azul, amarillo (+) y (-) azul.
- **C***: Croma, que mide la pureza o saturación del color

$$C * = \sqrt{a^2 + b^2}$$

- **H***: Ángulo de tono (hue), que representa el matiz del color

$$h = \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

Para el análisis, se calibró el colorímetro con un estándar blanco antes de cada serie de mediciones. Se realizaron cinco mediciones en diferentes puntos de la superficie de cada muestra y se reportó el valor promedio.

4.6.1.2. Determinación de la formulación optimizada a partir del análisis instrumental

Con base en los resultados instrumentales de proteína, hierro, textura y color obtenidos de las siete formulaciones evaluadas, se generó un modelo de mezcla en Design-Expert® 13 que permitió seleccionar una nueva formulación optima con mayor deseabilidad, tras cumplir con los siguientes objetivos de optimización:

TABLA 24

Objetivos de optimización de variables de respuesta en la formulación de galletas con harinas de trigo, avena y larva Hermetia illucens.

Variable	Objetivo de optimización	Rango	Justificación	Autor
Proteína	Maximizar	-	Mejora valor nutricional.	(FAO, 2013)
Hierro	Maximizar	-	Previene anemia.	(FAO/WHO/ONU, 2007)
Dureza	Minimizar	-	Mayor aceptabilidad.	(Bourne, 2002)
Fracturabilidad	Maximizar	-	Textura crocante deseada.	(Rosenthal, 2016)
Luminosidad (L)	Maximizar	-	Apariencia más clara.	(Hunter lab, 2002)
Parámetro <i>a</i>	En rango	6-10	Balance tonal adecuado.	(Hunter lab, 2002)
Parámetro <i>b</i>	Maximizar	-	Color dorado ideal.	(Hunter lab, 2002)

Nota: Elaboración propia con base en FAO (2013), HunterLab (2002), Bourne (2002).

Se seleccionó la formulación cuya deseabilidad global se aproximó al valor ideal de 1, al cumplir con los criterios nutricionales y físicos definidos, utilizándose la formulación optima más deseable para la evaluación biológica.

4.6.1.3. Calidad proteica

Se determinaron la calidad proteica de la galleta optimizada, mediante el ensayo biológico con ratas albinas de la cepa Albinas Holtzman (*Rattus norvegicus*).

El muestreo se realizó en dos etapas: primero, se seleccionaron hembras con fecha de parición cercana; luego, se eligieron individuos con peso homogéneo, sexo específico y buen estado.

FIGURA 12

Ratas recién nacidas



A. Selección y Manejo de los Animales Experimentales

Se utilizaron 32 ratas albinas Holtzman, todas de sexo macho, con 28 días de edad al inicio del experimento. Los animales fueron adquiridos del Bioterio de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

B. Acondicionamiento de la sala experimental

- Se desinfecto la sala y jaulas
- Se coloco las jaulas en la estructura del soporte
- Se preparo lo bebederos y comederos
- Se enumero las jaulas, comederos, bebederos
- Se controlo las condiciones óptimas controladas por un termómetro:
Temperatura: 22 – 25 °C
Humedad: 50 – 60%

C. Etapa de acostumbramiento

- Las ratas fueron seleccionadas al azar, identificadas y pesadas antes de ser ubicadas en sus jaulas individuales. Permanecieron en ellas durante 7 días para aclimatarse al nuevo ambiente y adaptarse a la dieta experimental.

- Durante este periodo, se les suministró agua ad libitum, previamente sanitizada, llenando hasta tres cuartas partes de los bebederos.
- La dieta se proporcionó en los comederos con una ración inicial de 10 gramos por día.
- Se registró el peso de las ratas al inicio del periodo de acostumbramiento, así como el consumo y desperdicio de alimento.
- El suministro de agua y alimento, junto con el pesaje de los desperdicios, se realizó entre las 9:00 y 11:00 a. m.

D. Formulación de la dieta experimental

- Se molió la muestra a evaluar hasta obtener un tamaño de partícula uniforme.
- Se elaboró la dieta con las siguientes características:

TABLA 25

Composición proximal de las dietas utilizadas en la evaluación biológica

Nutriente	Dieta experimental	Dieta control	Dieta a-proteico
Proteína	10 %	10 %	0 %
Grasa	10 %	10 %	10 %
Carbohidratos	73 %	73 %	83 %
Vitaminas	4 %	4 %	4 %
Minerales	3 %	3 %	3 %
Total	100%	100%	100%

Nota: Protocolos del Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Se realizó análisis proximal de la dieta proteica y aproteica (Humedad, proteína, grasa, fibra cruda, ceniza y extracto libre de nitrógeno, para corroborar que la dieta de la práctica sea igual al de la formulación.

FIGURA 13

Jaulas metabólicas utilizadas para el alojamiento y manejo experimental de ratas en el biortero.



E. Grupos experimentales y distribución de ratas:

- **Dieta experimental (Galleta formulada de manera óptima):**

Se experimentaron 32 ratas albinas Holtzman

VB (%): Se utilizaron 6 ratas albinas Holtzman del sexo macho experimentados por 7 días.

PER (g/peso): Se utilizaron 10 ratas albinas Holtzman del sexo macho experimentados por 28 días.

NPU (gN2/carcasa): Se utilizaron 8 ratas albinas Holtzman del sexo hembra y macho que son experimentados por 10 días.

- **Dieta blanca o a-proteico (ratas alimentadas con una dieta a-proteico):**

Se utilizaron 8 ratas albinas Holtzman del sexo macho y hembra por 10 días.

F. Ensayos biológicos:

Se determinaron los siguientes parámetros:

- ✓ **Relación de Eficiencia de Proteínas (PER):**

Día 0: A las 9:00 am, se pesaron los animales y se registraron los valores iniciales. Se suministró alimento y agua ad libitum, asegurando el acceso continuo durante todo el experimento.

Día 1: Entre las 9:00 y 11:00 am, se pesaron los residuos de alimento en los comederos y los desperdicios. El cambio de agua se realizó de manera interdiaria.

Día 2 – 27: se repitieron los pasos del Día 1, registrando los pesos semanalmente.

Día 28: Se pesaron y registraron los valores finales de las ratas. Además, se pesaron los residuos de alimentos y los desperdicios en los comederos para concluir el experimento. Calculada con la Ecu. 01 (ver apartado 1.8.1. del marco teórico).

✓ **Utilización Neta de Proteína (NPU):**

Día 0: Se pesaron los animales y se registraron los valores en el formato de control. A las 9:00 am, se inició el suministro de bebida y alimento.

Día 1: Se pesaron los animales, la dieta residual y los desperdicios, y se registró el contenido de agua.

Día 2 – 09: Se repitieron los procedimientos del día 1, registrando los pesos diariamente.

Día 10: Se pesaron las ratas, residuos de alimento y desperdicios, registrándolos. Se eliminaron los residuos, y posteriormente, se sacrificaron las ratas según el protocolo. Se realizó la apertura del tórax, las carcasas fueron secadas en estufa ($105\text{ }^{\circ}\text{C} \times 24\text{ h}$) y pesadas. Finalmente, se determinaron la humedad y el contenido de nitrógeno total de las carcasas. Calculada con la Ecu. 02 (ver apartado 1.8.2. del marco teórico).

✓ **Valor Biológico (VB):**

Día 0: Se pesaron las ratas y se registraron los valores iniciales. Se añadió carmín a la dieta (1 g/kg) y se suministró 10 g de alimento como referencia.

Día 1: Se pesó la dieta residual y las heces con carmín, almacenándolas con timol a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se recolectó y conservó la orina con tolueno en refrigeración. Se eliminaron los residuos, se suministró alimento sin carmín y se monitoreó el agua.

Día 2: Se pesaron y registraron los residuos de alimentos, heces y orina, almacenándolos con conservantes a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se eliminaron los desperdicios y se suministró la dieta.

Días 3-5: Se repitió el procedimiento del Día 2.

Día 6: Se pesaron y registraron los residuos de alimentos, heces y orina, almacenándolos con conservantes a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se eliminaron los desperdicios, se suministró alimento con carmín y se monitoreó el agua.

Día 7: Se pesaron y registraron los residuos de alimento, excretas sin coloración de carmín y orina, almacenándolos con conservantes a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se eliminaron los desperdicios y se

pesaron las ratas, registrando los datos finales. Para el análisis fisicoquímico, las heces se secaron a 60 °C y se molieron para la determinación del nitrógeno, mientras que en la orina se analizaron el contenido de nitrógeno y la densidad. El valor biológico fue calculado con la Ecu. 03 (ver apartado 1.8.1 del marco teórico).

✓ **Digestibilidad Aparente (D)**

Para cálculo de la digestibilidad aparente se trabajó con los datos del valor biológico, porque se realizó el mismo ensayo biológico, excluyendo la medición de la orina, para determinar la digestibilidad aparente se utilizó la expresión de la Ecu. 04 (ver apartado 1.8.4. del marco teórico).

4.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

El procesamiento y análisis de la información se realizaron bajo un enfoque cuantitativo, orientado a garantizar la confiabilidad y validez estadística de los resultados obtenidos en los ensayos nutricionales, tecnológicos y biológicos.

4.7.1. Organización y Tratamiento Inicial de Datos

Primero, se definieron las restricciones de mezcla para las materias primas: harina de trigo (40–50%), harina de avena (20–30%) y harina de larva de *Hermetia illucens* (20–30%). Estas proporciones se ingresaron en el software Design-Expert® versión 13, el cual generó siete formulaciones experimentales mediante un Diseño de Mezclas de Vértices Extremos. Posteriormente, las formulaciones se validaron teóricamente en Microsoft Excel, mediante el cálculo del Score Químico y el Cómputo Aminoacídico, comparando los resultados con los patrones de referencia de aminoácidos esenciales establecidos por la FAO/OMS/ONU y el Institute of Medicine al, (2002).

4.7.2. Software y Análisis Inferencial

Las siete formulaciones fueron elaboradas en galletas y sometidas a análisis nutricional (proteína y hierro) y tecnológico (fracturabilidad, dureza y color), obteniendo cinco repeticiones por tratamiento.

Los datos experimentales se ingresaron nuevamente en el software Design-Expert®, donde se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95% ($p \leq 0.05$), con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre formulaciones.

4.7.3. Optimización y Análisis Biológico

Con base en los resultados obtenidos, se realizó la optimización de la formulación mediante la función de deseabilidad (Desirability) en *Design-Expert® 13*, generando una nueva formulación óptima que maximizó el contenido de proteína y hierro, manteniendo propiedades tecnológicas aceptables.

Esta formulación optimizada se elaboró nuevamente en forma de galletas y se empleó como dieta experimental para las 32 ratas Holtzman, comparándola con un grupo control alimentado con caseína.

Se determinaron los parámetros biológicos: Razón de Eficiencia Proteica (PER), Utilización Neta de Proteína (NPU), Valor Biológico (VB) y Digestibilidad Aparente (D), cuyos resultados fueron analizados estadísticamente mediante prueba *t* de Student.

TABLA 26*Resumen de técnicas de procesamiento de información*

Etapa del Análisis de Datos	Técnica Principal Aplicada	Detalle del Procedimiento	Software Utilizado
I. Modelado Experimental	Diseño de Mezclas de Vértices Extremos	Ingreso de las restricciones de mezcla y generación de las siete formulaciones experimentales.	Design-Expert® v. 13
II. Validación Teórica	Análisis Nutricional Preliminar	Cálculo del Score Químico y Cómputo Aminoacídico.	Microsoft Excel
III. Análisis estadístico Inferencial	Análisis de Varianza (ANOVA)	Análisis de los datos nutricionales y tecnológicos para determinar diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las formulaciones.	Design-Expert® v. 13
IV. Optimización	Función de Deseabilidad	Determinación de la fórmula óptima que cumple con el criterio multiobjetivo (máx. proteína/hierro, min. Dureza máx. Fract. rango objetivo color).	Design-Expert® v. 13
V. Evaluación Biológica	Prueba t de Student	Ánalisis de los parámetros biológicos (PER, NPU, VB, D) comparando la formulación óptima contra la dieta control (caseína).	Microsoft Excel

FIGURA 14 Esquema metodológico para la determinación de la calidad proteica de galletas

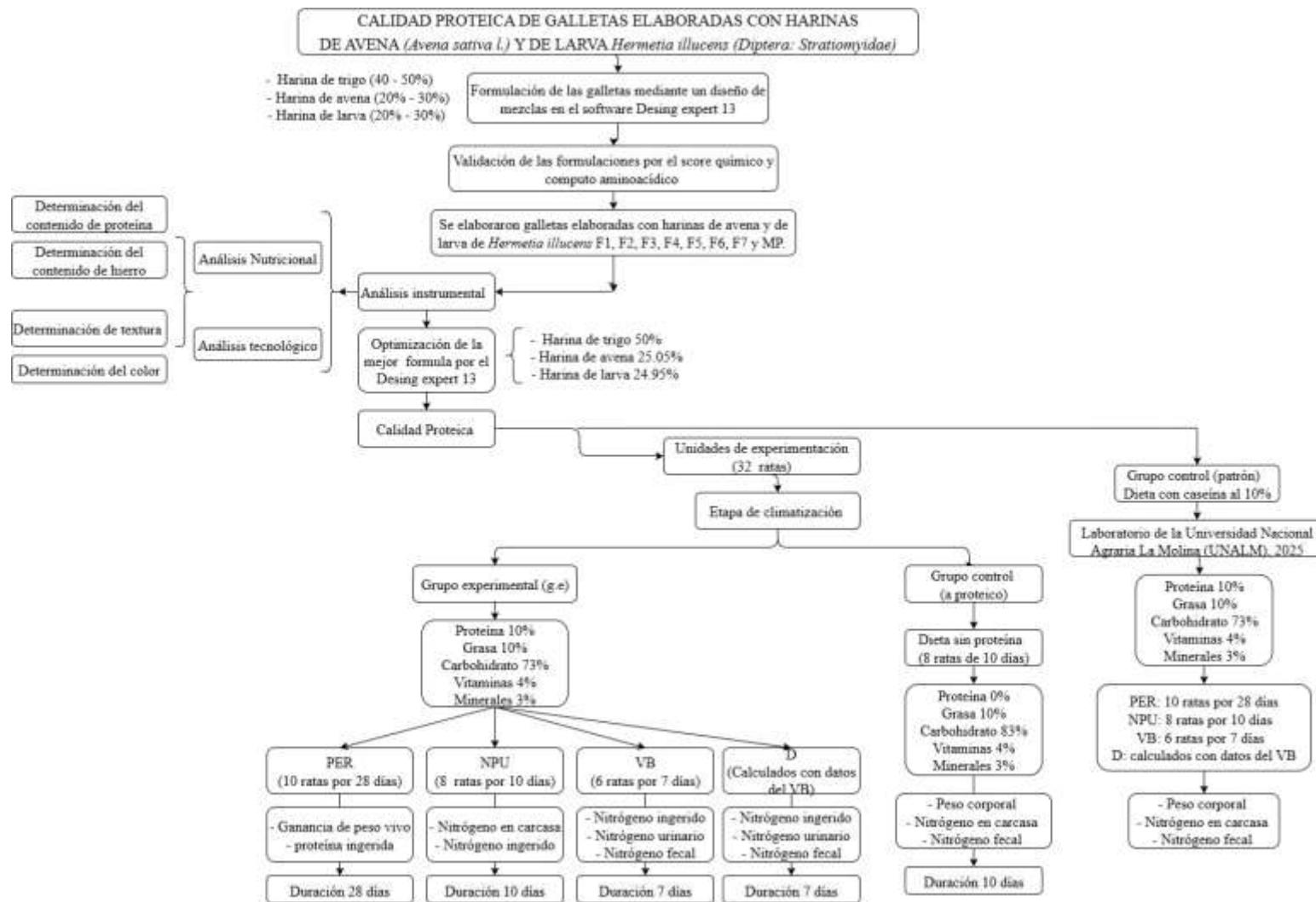
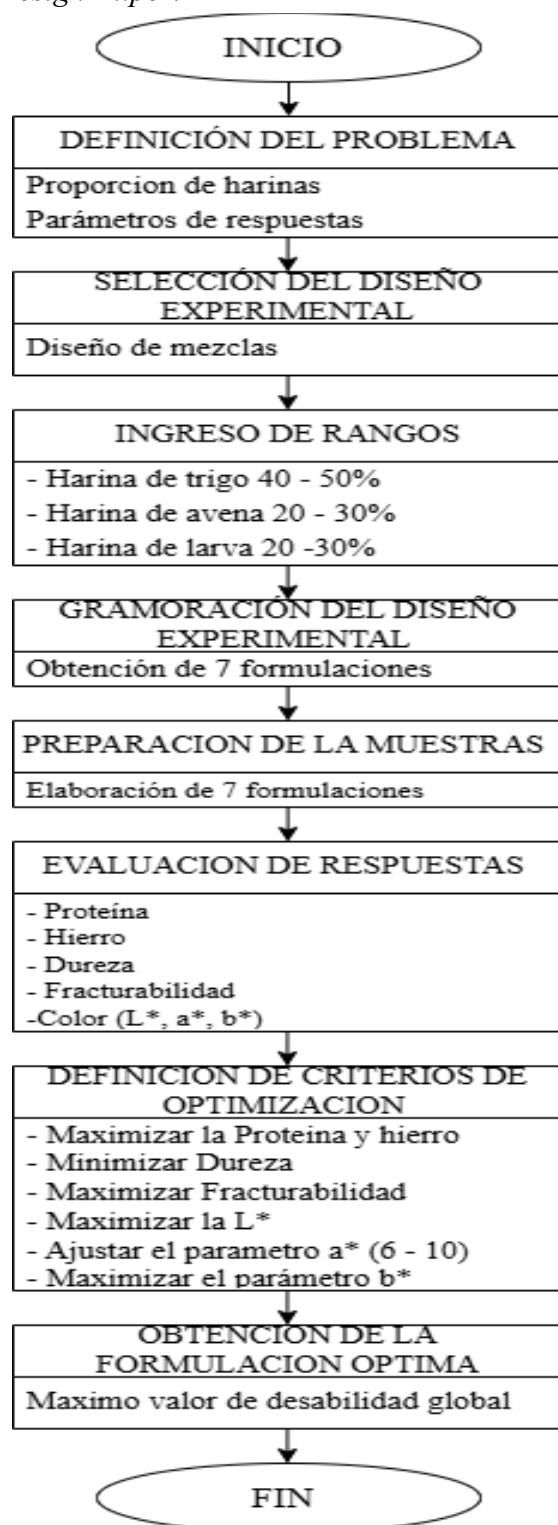


FIGURA 15

Esquema metodologico para la optimización de formulaciones mediante diseño de mezclas en Design-Expert



4.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

4.8.1. Matriz Experimental

TABLA 27

Matriz experimental del estudio nutricional y tecnológico de las formulaciones de galletas

Variables de estudio	Variable Independiente			Variables Dependientes						
	Mezclas de harinas con restricciones			Contenido Nutricional		Contenido Tecnológico				
	H. de trigo (40% - 50%)	H. de avena (20% - 30%)	H. de larva (20% - 30%)	Prot. (%)	Hierro (mg/100g)	Dureza (N)	Fract. (N)	Textura	Color	
								L*	a*	b*
F1	50	30	20							
F2	50	20	30							
F3	50	25	25							
F4	45	25	30							
F5	48.34	23.33	28.33							
F6	40	30	30							
F7	45	30	25							

Nota: (n*) número de repeticiones, (H.) Harina.

TABLA 28

Evaluación de la calidad biológica y proteica de la formulación óptima comparada con el control (caseína)

Grupo	Prot. (%)	Digestibilidad aparente (%)	PER	NPU (%)	VB (%)	n*	Medias ± SD	Prueba estadística
Formulación óptima								
Control								
(caseína)								

Nota: (n*) número de repeticiones

4.8.2. Análisis Estadístico

4.8.2.1. Análisis instrumental (contenido de proteínas, hierro, textura, color de las galletas).

- **Diseño estadístico:** Diseño de mezclas de vértices extremos.
- **Factor:** Harina de trigo, Harina de avena y Harina de larva.
- **Restricciones:** Harina de trigo (40% -50%), Harina de avena (20% -30%) y Harina de larva *Hemertia illucens* (20% -30%)
- **Variable de respuesta:** Contenido de proteína, hierro, textura (Dureza y fracturabilidad) y color (L*, a* y b*).
- **Repeticiones:** 5 mediciones por cada formulación

4.8.2.2. Análisis biológicos de la calidad proteica en ratas Holtzman

Es un estudio comparativo entre dos grupos (control y experimental).

- **Grupo de estudio:** Tipo de dieta (Grupo control y grupo experimental).
- **Parámetros evaluados:** PER, NPU, VB y D.
- **Ánalisis estadístico:**

Prueba t de Student para comparación de medias entre grupos.

4.8.3. Técnicas de comprobación de hipótesis

4.8.3.1. Criterios para la comprobación de hipótesis

Hipótesis Estadística

Para la prueba de hipótesis se estimó las siguientes hipótesis:

H_0 : Hipótesis nula

H_a : Hipótesis alterna

- A. Propiedades nutricionales
- B. Propiedades tecnológicas
- C. Propiedades biológicas

A. Propiedades nutricionales

Contenido de proteína

H_0 : Efecto $A=0$; La proporción de harinas no influye significativamente en el contenido de proteína de las galletas.

H_a : Efecto $A\neq 0$; La proporción de harinas influye significativamente en el contenido de proteína de las galletas.

Contenido de hierro

H_0 : Efecto A=0; La proporción de harinas no influye significativamente en el contenido de hierro de las galletas.

H_a : Efecto A \neq 0; La proporción de harinas influye significativamente en el contenido de hierro de las galletas.

B. Propiedades tecnológicas

Textura: dureza

H_0 : Efecto A=0; La proporción de harinas no influye significativamente en la dureza de las galletas.

H_a : Efecto A \neq 0; La proporción de harinas influye significativamente en la dureza de las galletas.

Textura: Fracturabilidad

H_0 : Efecto A=0; La proporción de harinas no influye significativamente en la fracturabilidad de las galletas.

H_a : Efecto A \neq 0; La proporción de harinas influye significativamente en la fracturabilidad de las galletas.

Color

H_0 : Efecto A=0; La proporción de harinas no influye significativamente en el color de las galletas.

H_a : Efecto A \neq 0; La proporción de harinas influye significativamente en el color de las galletas.

C. Propiedades biológicas

Calidad biológica de la proteína

H_0 : Efecto A=0; No existen diferencias significativas entre la dieta experimental (galleta optimizada) y la dieta control (caseína) en los parámetros PER, NPU, VB y D.

H_a : Efecto A \neq 0; Existen diferencias significativas entre la dieta experimental (galleta optimizada) y la dieta control (caseína) en los parámetros PER, NPU, VB y D.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DESGRASADA DE LARVA DE *Hermetia illucens*.

5.1.1. Propiedades físicas de la larva deshidratada de *Hermetia illucens*

TABLA 29

Dimensiones, peso y color de larva de Hermetia illucens

Muestra	Tamaño (mm)	Ancho (mm)	Peso (g)	Color
Larva	20.9	4.0	0.1	Marrón

Nota: Los valores representan mediciones directas con vernier.

En la tabla 29 se muestra la evaluación física de tamaño, ancho, peso y color de las larvas deshidratadas de *Hermetia illucens* en estadio pre pupal. Las larvas presentaron 20.9 mm de longitud, 4.0 mm de ancho y 0.1 g de peso, con coloración marrón. Estos valores son menores que los reportados para larvas frescas 27 mm de tamaño × 6 mm de ancho, color blanquecino (Newton et al., 2005), pero coinciden con los de Cerdán & Jaquehua (2019), quienes analizaron larvas deshidratadas y registraron un tamaño promedio de 15.94 mm, confirmando la reducción de tamaño y peso asociada al proceso de secado.

5.1.2. Composición proximal de la harina de larva *Hermetia illucens*

TABLA 30

Composición proximal de la harina integral y desgrasada de Hermetia illucens

Parámetro	Harina integral	Harina desgrasada	Unidad
Humedad	3.74	6.3	%
Proteína	32.54	40	%
Grasa	38.8	18.5	%
Ceniza	15.61	17.7	%
Fibra	0.36	0.4	%
Carbohidrato	9.31	17.1	%

Nota: Laboratorio de Análisis Químico - UNSAAC y BHIOS. (2024). Análisis proximal de harina integral y harina desgrasada de *Hermetia illucens*. Informe interno.

La tabla 30, muestra que la harina desgrasada de *Hermetia illucens* presentó un mayor contenido de proteína (40 %) en comparación con la harina integral (32,54 %), debido al proceso de desgrasado que concentró otros nutrientes. Además, la reducción de grasa (18,5 % vs. 38,8 %), favoreció el incremento de minerales (cenizas: 17.7 %) y carbohidratos (17.1 %).

Estos resultados tienen una similitud con lo reportado por Cerdán & Jaquehua (2019), quienes hallaron un valor similar de proteína (41.31 %) en harina de larva desgrasada, y más aún, (Reátegui et al., 2020) reportaron una concentración de 42.16% de proteína cruda. Esta similitud al contenido de proteína obtenida del 40%, con los valores reportados confirma la calidad y el potencial fortificante de la harina de larva de *Hermetia illucens* utilizada en la investigación. Por estas razones, y debido a la reducción de grasa, se seleccionó la harina desgrasada como ingrediente principal en la formulación de galletas.

5.2. ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES DE GALLETAS.

Las proporciones de harinas fueron definidas mediante un diseño de mezclas (Tabla 21), considerando únicamente los componentes harinosos (100%).

5.2.1. *Formulaciones finales*

Las proporciones se ajustaron al 50%, y el resto con otros ingredientes (Tabla 31).

TABLA 31

*Formulaciones de galletas con harinas de avena y larva (*Hermetia illucens*) al 100% con aditivos*

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Harina de trigo	25.00%	25.00%	25.00%	22.50%	24.17%	20.00%	22.50%
Harina de avena	15.00%	10.00%	12.50%	12.50%	11.665%	15.00%	15.00%
Harina de larva	10.00%	15.00%	12.50%	15.00%	14.165%	15.00%	12.50%
Leche en polvo	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%	3.69%
Polvo de hornear	0.37%	0.37%	0.37%	0.37%	0.37%	0.37%	0.37%
Sal	0.28%	0.28%	0.28%	0.28%	0.28%	0.28%	0.28%
Bic. de sodio	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%
Bic. de amonio	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%
Agua	15.83%	15.83%	15.83%	15.83%	15.83%	15.83%	15.83%
Margarina	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%	3.18%
Azucar	9.23%	9.23%	9.23%	9.23%	9.23%	9.23%	9.23%
Esencia	5.65%	5.65%	5.65%	5.65%	5.65%	5.65%	5.65%
Huevo	9.23%	9.23%	9.23%	9.23%	9.23%	9.23%	9.23%
Glucosa	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%	2.22%
Lecitina	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%	0.05%
TOTAL	100.0%						

Nota: Ajustada al 100% en relación con los insumos para la elaboración de las galletas. La selección de ingredientes se realizó con base en Cruz & Mendoza (2015) y fue ajustada según los resultados obtenidos en las pruebas preliminares.

5.2.2. Score químico y Compuo aminoacídico de las siete formulaciones de galletas

TABLA 32

*Resumen del score químico de galletas con harinas de avena y larva (*Hermetia illucens*).*

Tratamiento	Energía	Agua	Proteína	Grasa	Carb.	Cenizas	Fibra
	Kcal	%	%	%	%	%	%
F1	426.51	4	17.03	12.08	62.42	4.47	3.16
F2	425.80	4	18.73	12.89	58.72	5.66	2.39
F3	426.16	4	17.88	12.49	60.56	5.07	2.78
F4	426.57	4	18.96	13.08	58.24	5.71	2.73
F5	426.17	4	18.53	12.82	59.17	5.48	2.63
F6	427.33	4	19.20	13.28	57.76	5.76	3.07
F7	426.92	4	18.12	12.68	60.09	5.12	3.12
MP	423.30	4	12.19	9.27	72.78	1.76	2.68

Nota: F1–F7 = formulaciones experimentales; MP = muestra patrón. Score químico realizado con base en el Instituto Nacional de Salud (INS, 2017) sobre la composición de alimentos en el Perú y análisis proximal realizado en el laboratorio BHIOS (2024).

La Tabla 32 muestra la relación a la cantidad de proteínas de las siete formulaciones y una muestra patrón (Harina de avena 20% y harina de trigo 80%) en el puntaje químico para las galletas elaboradas con adición de harina de avena y harina de larva los resultados son los siguientes: F1=17.03 F2=18.73, F3=17.88, F4=18.96, F5=18.53, F6=19.20 y F7=18.12 estos son similares, mientras tanto la MP (muestra patrón) presenta una proteína de 12.19, de acuerdo al análisis proximal de las materias primas la harina de avena (15.63%) y la harina de larva de *Hermetia Illucens* (40%) aportaron un aumento proteico.

TABLA 33

*Resumen del cómputo aminoacídico de galletas con harinas de avena y larva *Hermetia illucens*.*

Trat.	Isol.	Leu.	Lis.	Met+cist.	Fenil+tir.	Treonina	Trip.	Valina.
F1	1.91	1.42	0.97	1.32	2.21	1.3	1.4	2.14
F2	1.93	1.41	1.04	1.19	2.29	1.3	1.20	2.24
F3	1.92	1.42	1.01	1.25	2.25	1.3	1.29	2.19
F4	1.94	1.42	1.05	1.21	2.30	1.31	1.22	2.24
F5	1.93	1.42	1.03	1.22	2.28	1.3	1.24	2.22
F6	1.95	1.43	1.06	1.23	2.31	1.33	1.25	2.25
F7	1.93	1.43	1.02	1.27	2.26	1.31	1.32	2.20
MP	1.75	1.34	0.62	1.59	1.85	1.16	1.85	1.73

Nota. Trat. = Tratamiento; F1–F7 = formulaciones experimentales; MP = muestra patrón. Cómputo realizado con base en FAO/OMS/ONU (2007).

Un valor ≥ 1 significa que la cantidad de ese aminoácido es beneficiosa en la mezcla.

Un valor < 1 significa que la cantidad de ese aminoácido es deficiente en la mezcla.

En la tabla 33, se observa que las formulaciones F2 a F7 presentan cómputos aminoacídicos superiores a 1, lo que indica un aporte adecuado de aminoácidos esenciales. La F1 muestra una ligera deficiencia en lisina (0,97), mientras que en la muestra patrón (MP) la deficiencia de lisina es más marcada (0,62). Esto confirma que la incorporación de harina de *Hermetia illucens* mejora el perfil aminoacídico, especialmente en este aminoácido limitante en productos a base de cereales.

Rumpold & Schlüter (2013), quienes destacan que los insectos comestibles aportan proteínas ricas en lisina, mejorando el perfil nutricional de productos a base de cereales. La lisina es esencial para el crecimiento, la reparación de tejidos y la absorción de calcio.

5.3. ANÁLISIS NUTRICIONAL (PROTEÍNA Y HIERRO) Y TECNOLÓGICO (DUREZA, FRACTURABILIDAD Y COLOR) DE LAS GALLETAS CON HARINAS DE AVENA Y LARVA *Hermetia illucens*.

5.3.1. Análisis del contenido de Proteína

TABLA 34

Análisis del contenido de proteína de las 7 formulaciones y la muestra patrón en el contenido de proteína (%)

Tratamiento	H. Trigo	H. Avena	H. Larva	Proteína (%)	*Proteína teórica (%)
	%	%	%	($\bar{x} \pm s$)	(%)
F1	50	30	20	16.69 ± 0.11	17.03
F2	50	20	30	18.58 ± 0.12	18.73
F3	50	25	25	17.79 ± 0.16	17.88
F4	45	25	30	18.72 ± 0.09	18.96
F5	48.34	23.33	28.33	18.41 ± 0.06	18.53
F6	40	30	30	18.96 ± 0.15	19.20
F7	45	30	25	17.96 ± 0.08	18.12
MP	80	20	0	12.20 ± 0.21	12.19

Nota: Certificado de análisis de análisis físico en el laboratorio “Megalaboratorios químicos de los andes S.A.C.” – Puno. Leyenda: H= Harina; F1–F7 = formulaciones experimentales; MP = muestra patrón. \bar{x} : promedio & s: desviación estándar. *proteína teórica de la tabla 32 (score químico)

El análisis del contenido de proteína reveló diferencias significativas entre las formulaciones experimentales y la muestra patrón (MP). En la tabla 34, se muestran los valores de proteína que oscilan entre un mínimo de $16.69 \pm 0.11\%$ (F1) y un máximo de $18.96 \pm 0.15\%$ (F6), superando considerablemente el valor de $12.20 \pm 0.21\%$ de proteína para la MP.

Se observó una correlación directa entre el nivel de inclusión de harina de larva y el contenido proteico final. Las formulaciones que incorporaron el 30% de harina de *Hermetia illucens* (F2, F4 y F6) alcanzaron los promedios de proteína más altos (18.58%, 18.72% y 18.96%, respectivamente). Este resultado confirma la hipótesis de que un mayor porcentaje de la harina de larva actúa como un agente enriquecedor del contenido proteico de la galleta.

En cuanto a la estimación teórica, la comparación con los valores de score químico mostró una aproximación satisfactoria. El valor instrumental de F6 ($18.96 \pm 0.15\%$) fue comparable con su valor teórico de 19.20%, lo que sugiere que el modelo teórico es un predictor útil del contenido proteico

TABLA 35

ANOVA para el contenido de PROTEINA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
Modelo Lineal	3.5095	2	1.75475	211.67	0.0001	Sig.
Error total	0.0331597	4	0.00828993			
Total (corr.)	3.54266	6				

La Tabla 35 muestra que el modelo lineal generado para el contenido de proteína en las galletas fue estadísticamente significativo ($p = 0.0001$), ya que el valor-p fue menor a 0.05. Esto indica una relación significativa entre los componentes de la mezcla y el contenido de proteína, con un nivel de confianza del 95%.

MODELO LINEAL PARA EL CONTENIDO DE PROTEÍNA

La ecuación utilizada para optimizar el contenido de proteína (%) se obtuvo mediante un modelo lineal de regresión en el software Design-Expert, a partir de los datos experimentales de las formulaciones evaluadas. El modelo en términos reales se expresa en la Ecuación A:

Modelo en términos reales:

$$\text{Proteína (\%)} = 0.1132 \cdot X_1 + 0.1491 \cdot X_2 + 0.3325 \cdot X_3 \quad (\text{Ecu. A})$$

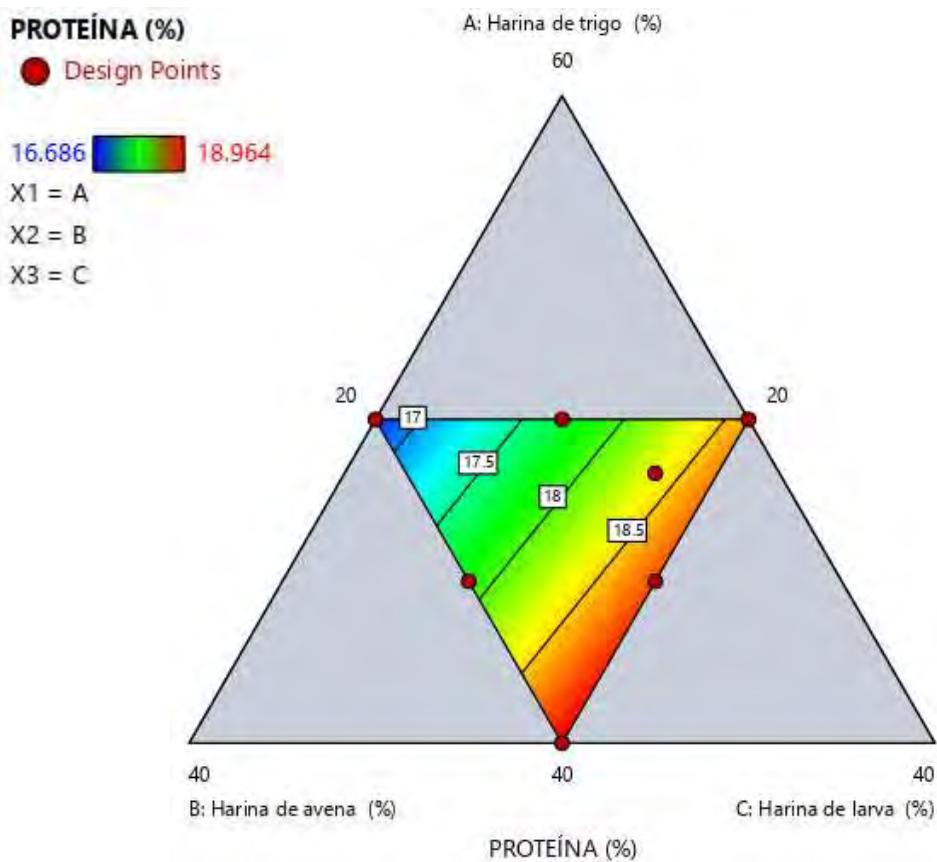
($X_1 = \% \text{ trigo}$, $X_2 = \% \text{ avena}$, $X_3 = \% \text{ larva}$)

El coeficiente más alto corresponde a la harina de larva (0.3325), lo que indica que este componente contribuye en mayor medida al aumento del contenido de proteína en la formulación, en comparación con la harina de avena (0.1491) y de trigo (0.1132).

En la Figura 15 se presenta el gráfico de contornos, donde se observa una transición de color azul a rojo en función del incremento del contenido de proteína. Las zonas en azul indican los valores más bajos (16.686%), pasando por tonos verdes y amarillos (valores intermedios), hasta llegar a las zonas rojas que representan el mayor contenido proteico (18.964%).

FIGURA 16

Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función del contenido de proteína %.

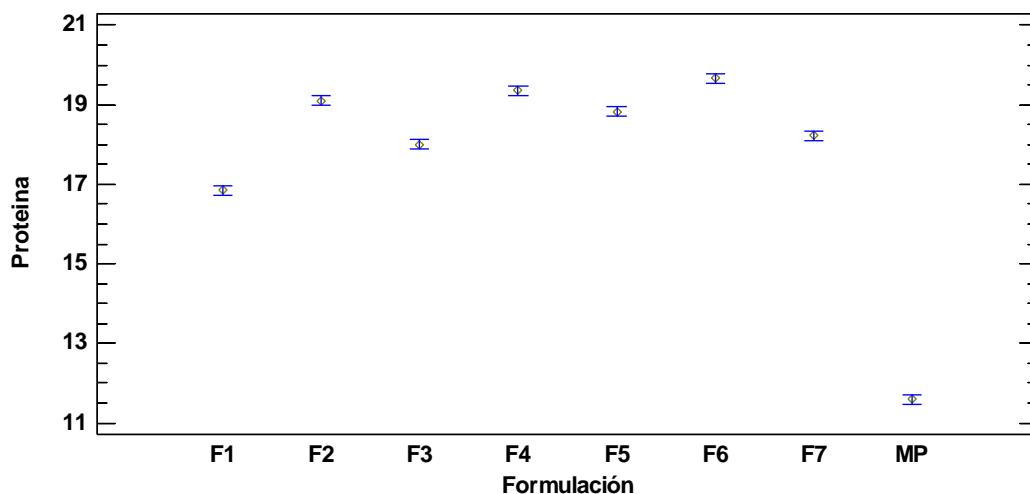


La Figura 15 evidencia que la harina de larva (C) tiene la mayor influencia en el contenido proteico, aumentando con su proporción en la mezcla. La Harina de trigo (A) está asociada a los niveles proteicos más bajos.

GRAFICO 1

Gráfico de medias de la proteína (%) en galletas por formulación

Medias y 95.0% de Fisher LSD



Como se observa en el Gráfico 1, las formulaciones con 30% de harina de larva (F2, F4, F6) alcanzaron los niveles proteicos más altos, oscilando entre 18.58% y 18.96%, superando significativamente a la Muestra Patrón (MP, 12.20%), lo cual fue validado por el análisis de Fisher LSD.

La causa es el alto valor proteico de la materia prima dado que la harina desgrasada de *Hermetia illucens* utilizada contiene un alto valor proteico del 40 % de Proteína Cruda, lo que permite clasificar a la galleta elaborada como "Alto en Proteína" (NTP 209.652, s. f.).

Este resultado cumple con el requisito mínimo de 8,5% de proteína para galletas de alta calidad, según las Especificaciones Técnicas del (PNAEQW, 2024) (Qali Warma).

Según (Raheem, 2018), destaca esta harina por su alto contenido proteico, lo que confirma que su incorporación en alimentos puede mejorar su valor nutricional. De esta manera se confirma que la harina tiene un efecto enriquecedor en el contenido nutricional de la galleta evaluada.

5.3.2. Análisis del contenido de Hierro

TABLA 36

Análisis del contenido de Hierro de las 7 formulaciones y la muestra patrón en el contenido de hierro.

Tratamiento	H. Trigo	H. Avena	H. Larva	Hierro (mg/100g)
	%	%	%	$\bar{x} \pm s$
F1	50	30	20	5.34 ± 0.04
F2	50	20	30	5.9 ± 0.05
F3	50	25	25	5.63 ± 0.04
F4	45	25	30	5.93 ± 0.04
F5	48.34	23.33	28.33	5.79 ± 0.04
F6	40	30	30	5.97 ± 0.04
F7	45	30	25	5.66 ± 0.09
MP	80	20	0	4.09 ± 0.05

Nota: Certificado de análisis de análisis físico en el laboratorio “Megalaboratorios químicos de los andes S.A.C.” – Puno. Leyenda: H= harina, F1-F7=Formulaciones experimentales, MP= Muestra patrón. \bar{x} : promedio & s: desviación estándar.

La Tabla 36 presenta el contenido de hierro (Fe) de las galletas expresado en mg/100g. Los resultados experimentales revelaron que el contenido mineral en las formulaciones varió entre un mínimo de 5.34 ± 0.04 mg/100g (F1) y un máximo de 5.97 ± 0.04 mg/100g (F6). Se observó una relación directa entre la proporción de harina de larva (*H. illucens*) y el contenido de hierro. Las formulaciones con la máxima inclusión (30% de larva, específicamente F2, F4 y F6) registraron los valores más altos, mientras que la Muestra Patrón (MP), sin adición de harina de larva, presentó el valor más bajo de 4.09 ± 0.05 mg/100g. Esta tendencia confirma el potencial de la harina de larva como agente fortificante mineral.

TABLA 37*ANOVA para HIERRO*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>	
Modelo Lineal	0.29082	2	0.14541	912.03	0.0000	Sig.
Error total	0.000637745	4	0.000159436			
Total (corr.)	0.291458	6				

La Tabla 37 muestra que el modelo lineal generado para el contenido de hierro en las galletas fue estadísticamente significativo ($p = 0.0000$), ya que el valor-p fue menor a 0.05. Esto indica una relación significativa entre los componentes de la mezcla y el contenido de hierro, con un nivel de confianza del 95%.

MODELO LINEAL PARA EL CONTENIDO DE HIERRO

La ecuación utilizada para optimizar el contenido de hierro (mg/100 g) se obtuvo mediante un modelo lineal de regresión en el software Design-Expert, y se presenta en la Ecuación B:

Modelo en términos reales:

$$\text{Hierro (mg/100 g)} = 0.0383 \cdot X_1 + 0.0471 \cdot X_2 + 0.1008 \cdot X_3 \quad (\text{Ecu. B})$$

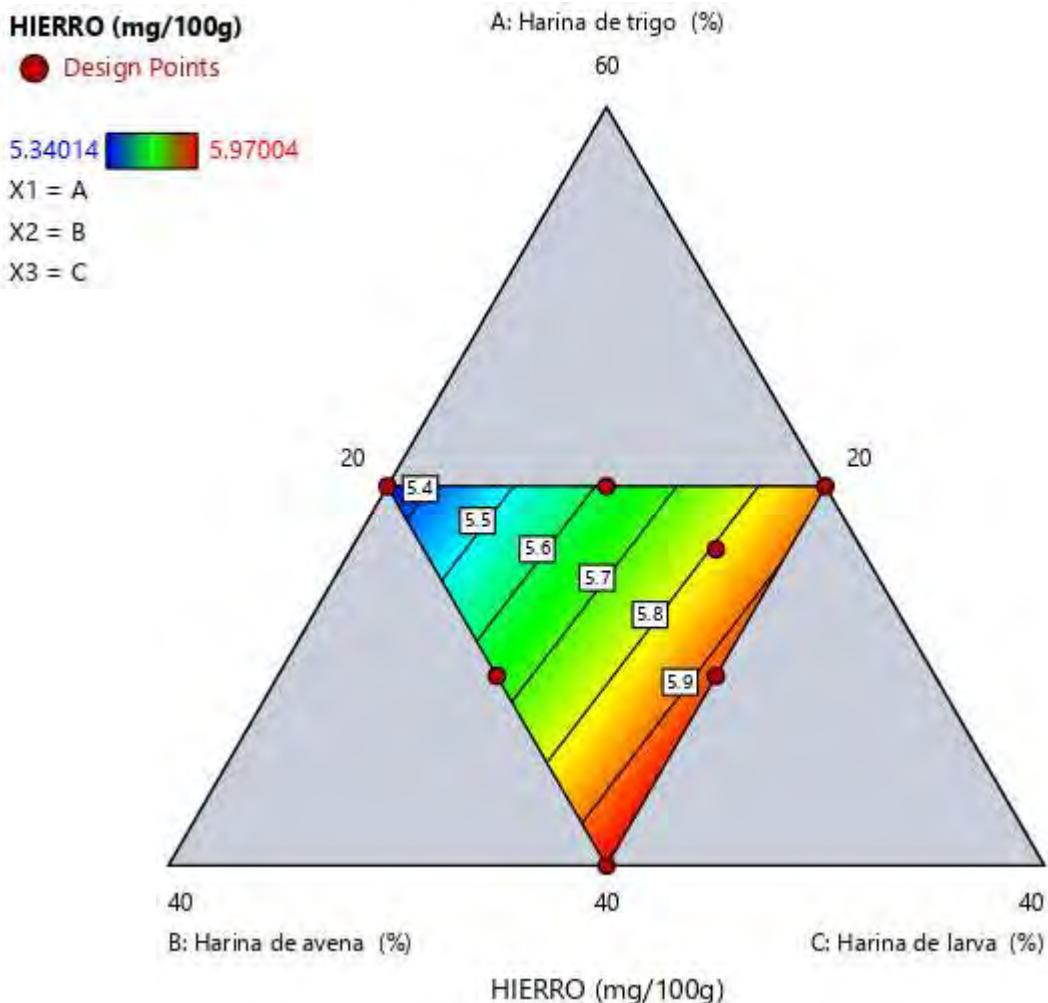
(X_1 = % trigo, X_2 = % avena, X_3 = % larva)

El coeficiente más alto corresponde a la harina de larva (0.1008), lo que indica que este componente aporta en mayor medida al incremento del contenido de hierro en la formulación, en comparación con la avena y el trigo.

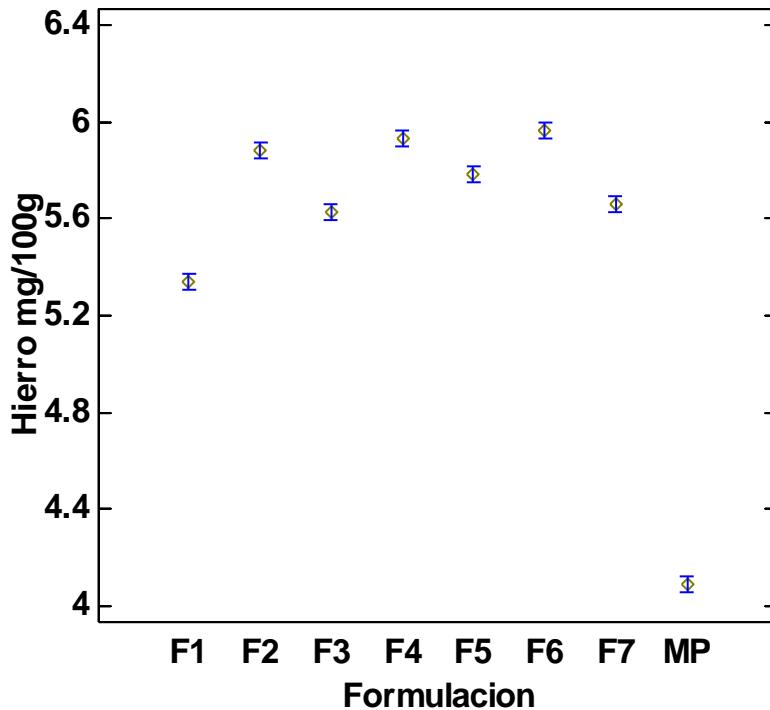
En la Figura 16 se presenta el gráfico de contornos, donde se observa una transición de color azul a rojo en función del incremento del contenido de hierro, con una escala de 5.34014 mg/100g (azul, mínimo) a 5.97004 mg/100g (rojo, máximo).

FIGURA 17

Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función del contenido de hierro.



De la figura 16 se observa que la harina de larva (C) es el ingrediente con la mayor contribución positiva al hierro. La concentración de hierro disminuye hacia las mezclas de Harina de trigo (A) y Harina de avena (B).

GRAFICO 2*Gráfico de medias del hierro (mg/100g) en galletas por formulación***Medias y 95.0% de Fisher LSD**

El Gráfico 2 visualiza las medias de hierro por formulación y sus intervalos de confianza, validando los hallazgos de la tabla 36. Se observa claramente que las formulaciones F2, F4, y F6 destacan con las medias más altas, y sus barras de error (que representan la significancia estadística) se ubican notablemente por encima de la Muestra Patrón (MP). Esto evidencia que la fortificación al 30% incrementa significativamente el contenido de hierro. Al contextualizar los resultados son comparables a los reportados por (Jara et al., 2019), quienes elaboraron galletas con 10 % de harina de grillo, alcanzando un contenido aproximado de 5.9 mg Fe/100 g.

Según Renske et al. (2019), reportó el valor del contenido de hierro de 22.1 mg/100 g de la harina de larva de *Hermetia illucens*, este valor es superior al contenido de hierro en la galleta, por lo que sugiere una pérdida del mineral durante el procesamiento térmico y desgrasado.

5.3.3. Análisis de la Dureza

TABLA 38

Análisis de la Dureza de las 7 formulaciones y la muestra patrón

Tratamiento	H. Trigo %	H. Avena %	H. Larva %	Dureza N
				$\bar{x} \pm S$
F1	50	30	20	18.90 \pm 5.16
F2	50	20	30	24.38 \pm 3.98
F3	50	25	25	19.26 \pm 2.23
F4	45	25	30	26.46 \pm 11.42
F5	48.34	23.33	28.33	26.39 \pm 7.01
F6	40	30	30	28.12 \pm 5.19
F7	45	30	25	19.94 \pm 3.82
MP	80	20	0	16.99 \pm 3.72

Nota: Certificado de análisis de análisis físico en el laboratorio “megalaboratorios químicos de los andes S.A.C.” – Puno. Leyenda: H= harina, F1-F7= formulaciones experimentales, MP= muestra patrón, N=Newton. \bar{x} : promedio & s: desviación estándar.

La Tabla 38 presenta el análisis de la dureza de las galletas. Los resultados mostraron que la dureza es directamente proporcional a la cantidad de harina de larva incorporada. El rango de dureza osciló entre 18.90 ± 5.16 N (F1) y un máximo de 28.12 ± 5.19 N (F6). La Muestra Patrón (MP), sin adición de harina de larva, registró el valor más bajo (16.99 ± 3.72 N). Esta tendencia es marcada en las formulaciones con la mayor proporción de larva (F4, F5 y F6), las cuales presentaron la mayor firmeza, indicando un efecto estructurante del ingrediente.

TABLA 39*ANOVA para DUREZA*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
Modelo Lineal	72.7789	2	36.3895	8.04	0.0397	Sig.
Error total	18.1064	4	4.52661			
Total (corr.)	90.8853	6				

El análisis de varianza (ANOVA) indica que el modelo lineal es estadísticamente significativo para explicar la dureza de la galleta ($F = 8.04$; $p = 0.0397 < 0.05$). Esto demuestra que las variables del modelo influyen de manera significativa sobre la dureza. El error experimental es bajo en comparación con la variabilidad explicada por el modelo, lo que confirma un ajuste adecuado dentro del rango estudiado.

MODELO LINEAL PARA LA DUREZA

La ecuación utilizada para optimizar la dureza (N) se obtuvo mediante un modelo lineal de regresión en el software Design-Expert, y se presenta en la Ecuación C:

Modelo en términos reales:

$$\text{Dureza (N)} = -0.1042 \cdot X_1 + 0.1321 \cdot X_2 + 0.9210 \cdot X_3 \quad (\text{Ecu. C})$$

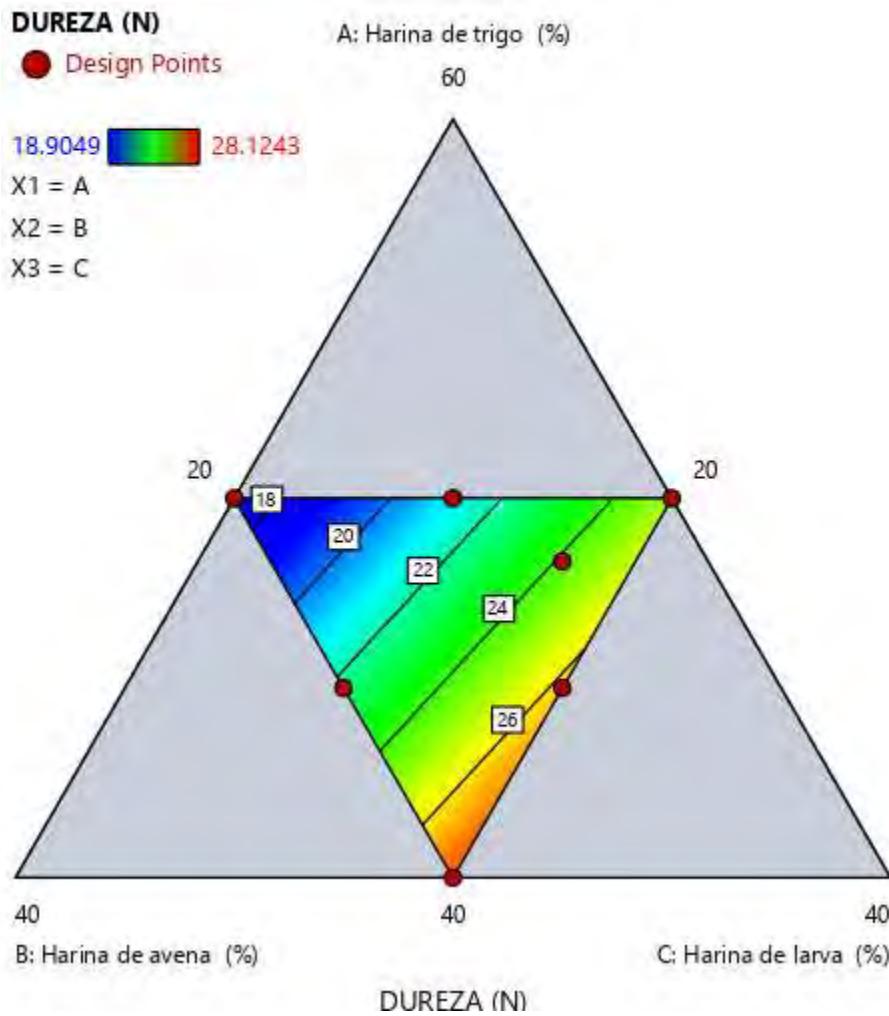
(X_1 = % trigo, X_2 = % avena, X_3 = % larva)

El coeficiente positivo más alto corresponde a la harina de larva (0.9210), lo que indica que este componente incrementa significativamente la dureza de la galleta; la avena presenta un efecto positivo menor, mientras que el trigo muestra un efecto negativo sobre la dureza.

En la Figura 17 se presenta el gráfico de contornos, donde se observa una transición de color azul a rojo en función del incremento de la dureza. Las zonas en azul indican los valores más bajos (18.9049 N), pasando por tonos verdes y amarillos (valores intermedios), hasta llegar a las zonas rojas que representan el mayor contenido de dureza (28.1243 N).

FIGURA 18

Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función a la Dureza

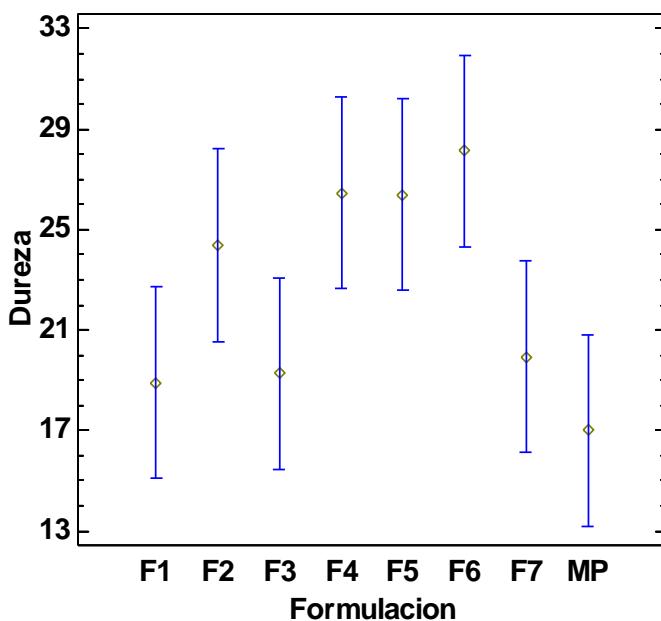


En la Figura 17 de contorno de dureza, se observa que tanto la harina de trigo (componente A) como la harina de larva (componente C) influyen positivamente en el aumento de la resistencia al quiebre. Las regiones donde estos componentes están en mayor proporción tienden a mostrar valores más altos de dureza, mientras que el incremento de la harina de avena reduce dicho parámetro, lo cual sugiere que el trigo y la larva aportan firmeza estructural a la matriz de la galleta.

GRAFICO 3

Gráfico de medias de la dureza (N) en galletas por formulación.

Medias y 95.0% de Fisher LSD



El Gráfico 3 valida visual y estadísticamente estos hallazgos, mostrando que F6 es la formulación más dura, mientras que la MP y F1 se mantienen como las más blandas. El análisis de medias confirma que existen diferencias significativas entre la formulación más enriquecida (F6) y las formulaciones con menor o nula inclusión de larva (MP y F1). Esto indica que un mayor contenido de harina de larva aumenta la dureza en las galletas, Según (Rodríguez et al., 2023), el aumento de la dureza se debe a que durante el horneado el calor desnaturaliza las proteínas, reforzando la estructura y generando una textura más firme, efecto más evidente en las galletas con mayor proporción de harina de larva, como la F6.

Este resultado contrasta con lo reportado por (Arama et al., 2023), quienes observaron una disminución de la dureza en galletas enriquecidas con harina de grillo. La diferencia se atribuye al alto contenido graso (46 %), cuyo efecto suavizante redujo la rigidez. En cambio, la harina desgrasada de *H. illucens* (18.5 % de grasa) presenta menor efecto lubricante, lo que explica el aumento de dureza al elevar su proporción.

5.3.4. Análisis de la Fracturabilidad

TABLA 40

Análisis de la Fracturabilidad de las 7 formulaciones y la muestra patrón

Tratamiento	H. Trigo %	H. Avena %	H. Larva %	Fract. N
				$(\bar{x} \pm s)$
F1	50	30	20	44.53 ± 21.26
F2	50	20	30	31.08 ± 4.78
F3	50	25	25	38.67 ± 16.56
F4	45	25	30	27.54 ± 8.11
F5	48.34	23.33	28.33	28.07 ± 9.26
F6	40	30	30	26.36 ± 5.53
F7	45	30	25	38.45 ± 18.48
MP	80	20	0	45.05 ± 14.21

Nota: Certificado de análisis de análisis físico en el laboratorio “Megalaboratorios químicos de los andes S.A.C.” – Puno. Leyenda: H= harina, F1-F7=formulaciones experimentales, MP= muestra patrón, N=Newton. \bar{x} : promedio & s: desviación estándar.

La Tabla 40 presenta el análisis instrumental de la fracturabilidad de las galletas. Los resultados revelaron una relación inversa entre la proporción de harina de larva (*Hermetia illucens*) y la facilidad de ruptura. El valor más alto de fracturabilidad se registró en la Muestra Patrón (MP), con 45.05 ± 14.21 N, identificándola como la galleta más quebradiza o frágil. En contraste, las formulaciones con la máxima inclusión de harina de larva (30%), como F6, registraron el valor mínimo de 26.36 ± 5.53 N. Esta tendencia demuestra que la incorporación de la harina de larva reduce la fragilidad del producto.

TABLA 41
ANOVA para FRACTURABILIDAD

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>	
Modelo Lineal	271.091	2	135.545	22.79	0.0065	Sig.
Error total	23.7887	4	5.94716			
Total (corr.)	294.879	6				

La tabla 41 muestra que el modelo lineal generado para la fracturabilidad de las galletas fue estadísticamente significativo ($p = 0.0065$), ya que el valor-p fue menor a 0.05. Esto indica que existe una relación significativa entre los componentes de la mezcla y la fracturabilidad del producto, con un nivel de confianza del 95%.

MODELO LINEAL PARA LA FRACTURABILIDAD

La ecuación utilizada para optimizar la fracturabilidad (N) se obtuvo mediante un modelo lineal de regresión en el software Design-Expert y se presenta en la Ecuación D:

Modelo en términos reales:

$$\text{Fracturabilidad (N)} = 0.9112 \cdot X_1 + 0.6632 \cdot X_2 + 0.9880 \cdot X_3 \quad (\text{Ecu. D})$$

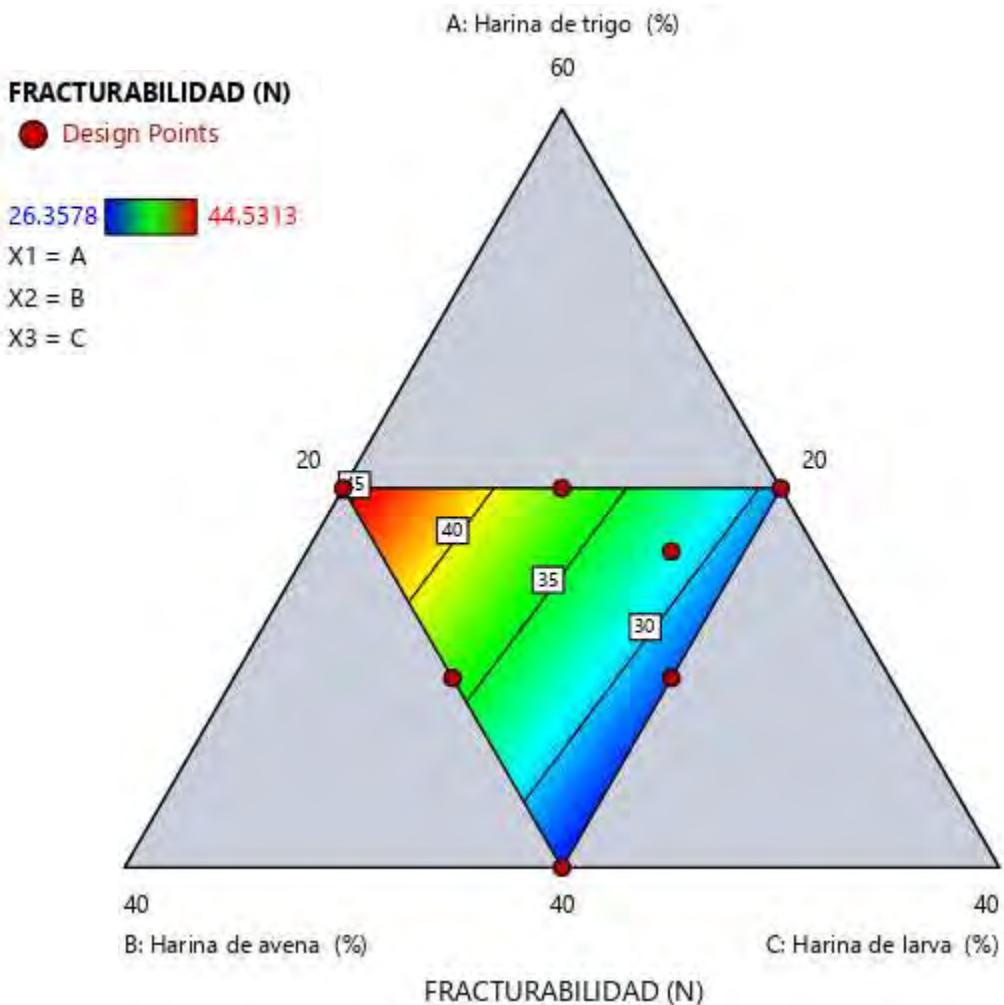
(X_1 = % trigo, X_2 = % avena, X_3 = % larva)

Los coeficientes positivos indican que la fracturabilidad aumenta con el incremento de los tres componentes, siendo la harina de larva (0.9880) la que ejerce el mayor efecto, seguida de la harina de trigo y, en menor proporción, la harina de avena.

En la Figura 18, se observa una transición de color azul a rojo en función del incremento de la fracturabilidad. Las zonas en azul indican los valores más bajos (26.36 N), pasando por tonos verdes y amarillos (valores intermedios), hasta llegar a las zonas rojas que representan el mayor fracturabilidad (44.53 N).

FIGURA 19

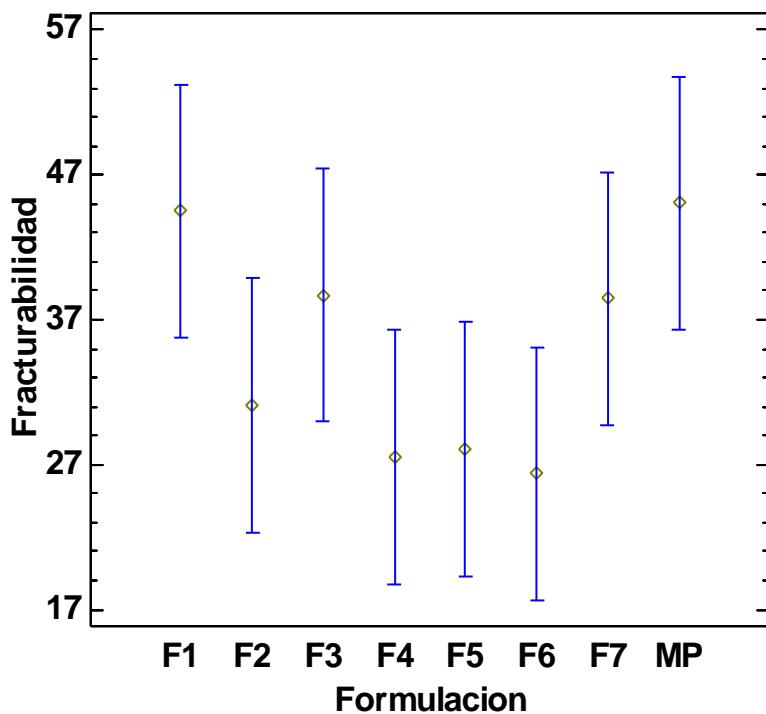
Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función a la fracturabilidad (N)



La figura 18 de muestra el grafico de contornos de la mezcla de harinas en galletas en función a la fracturabilidad indica que la harina de trigo (componente A) tiene mayor efecto en este parámetro, ya que las formulaciones con mayor proporción de trigo presentan mayor tendencia a quebrarse con facilidad. A su vez, el aumento de harina de avena parece disminuir la fracturabilidad, posiblemente debido a su mayor contenido de fibra soluble. Por tanto, el trigo es clave para lograr una textura más crujiente.

GRAFICO 4

Gráfico de medias de la fracturabilidad (N) en galletas por formulación.

Medias y 95.0% de Fisher LSD

El Gráfico 4 valida los hallazgos numéricos de la tabla, confirmando visualmente que las formulaciones con mayor proporción de harina de larva (F2, F4, F6) exhiben la menor fracturabilidad, mientras que la MP y F1 son significativamente más frágiles. Donde la harina de larva puede reducir la fracturabilidad y aumenta su dureza de las galletas. Confirmando que la fracturabilidad es inversamente proporcional a la dureza (Rodríguez et al., 2023), ya que las formulaciones más duras son a su vez las más resistentes a la ruptura. De forma similar, Arama et al. (2023) reportaron que al aumentar la harina de grillo disminuye la fracturabilidad, debido al mayor contenido proteico y menor almidón, que fortalecen la matriz y hacen las galletas más resistentes.

5.3.5. Análisis del color

TABLA 42

*Análisis del color (*L, *a y *b) de las 7 formulaciones y la muestra patrón*

%F	Trigo	Avena	Larva	Color		
				*L	*a	*b
				($\bar{x} \pm s$)	($\bar{x} \pm s$)	($\bar{x} \pm s$)
F1	50	30	20	50.4 \pm 3.07	6.3 \pm 1.65	29.5 \pm 0.80
F2	50	20	30	48.2 \pm 0.72	7.7 \pm 1.10	23.8 \pm 1.15
F3	50	25	25	50.4 \pm 2.93	6.6 \pm 0.32	28.6 \pm 8.61
F4	45	25	30	43.4 \pm 0.41	9.9 \pm 2.83	22 \pm 2.16
F5	48.34	23.33	28.33	46.6 \pm 1.01	9.7 \pm 1.07	23.8 \pm 0.97
F6	40	30	30	39.7 \pm 0.76	16.6 \pm 15.60	19.3 \pm 0.84
F7	45	30	25	48.7 \pm 2.39	7.3 \pm 0.78	27.4 \pm 2.03
MP	80	20	0	56.4 \pm 1.98	6 \pm 0.25	34.6 \pm 3.35

Nota: Certificado de análisis de análisis físico en el laboratorio “Megalaboratorios químicos de los andes S.A.C.” – Puno. Leyenda: H= harina, F1- F7=formulaciones experimentales, MP= muestra patrón.

La Tabla 42 presenta los resultados del análisis colorimétrico de las galletas en el espacio CIELab (L*, a* y b*). Los datos revelaron que la incorporación de harina de larva generó cambios cromáticos significativos.

La luminosidad (L*), se observa que tiene una relación inversa con la inclusión de larva de *Hermetia illcuens*. La Muestra Patrón (MP) exhibió el valor más alto (L* = 56.4 \pm 1.98), indicando la mayor claridad, mientras que la formulación F6 registró el valor más bajo (L* = 39.7 \pm 0.76), siendo la galleta más oscura.

La tonalidad de Rojo – Verde (a*), se observa que los valores de a* fueron positivos para todas las formulaciones, con un incremento marcado en las muestras con mayor larva. El valor de F6 (a* = 16.6 \pm 15.60) fue el más alto, reflejando una intensa tonalidad rojiza.

Para la tonalidad Azul-Amarillo (b*), se observa que la MP presentó el valor más alto de b* (34.6 \pm 3.35), indicando la mayor tendencia al amarillo. En contraste, F6 registró el valor más bajo (b* = 19.3 \pm 0.84), lo que se traduce en una significativa reducción de la tonalidad amarilla.

5.3.5.1. Luminosidad (L*)

TABLA 43

ANOVA para LUMINOSIDAD

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
Modelo Lineal	82.9953	2	41.4976	15.77	0.0127	Sig.
Error total	10.523	4	2.63076			
Total (corr.)	93.5183	6				

La tabla 43 muestra que el modelo lineal generado para la luminosidad (L*) de las galletas fue estadísticamente significativo ($p = 0.0127$), ya que el valor-p fue menor a 0.05. Esto indica que existe una relación significativa entre los componentes de la mezcla y el nivel de luminosidad del producto, con un nivel de confianza del 95%.

MODELO LINEAL PARA LA LUMINOSIDAD

La ecuación utilizada para optimizar la luminosidad (L*) se obtuvo mediante un modelo lineal de regresión en el software Design-Expert y se presenta en la Ecuación E:

Modelo en términos reales:

$$\text{Luminosidad (L*)} = 0.9622 \cdot X_1 + 0.2426 \cdot X_2 - 0.1753 \cdot X_3 \quad (\text{Ecu. E})$$

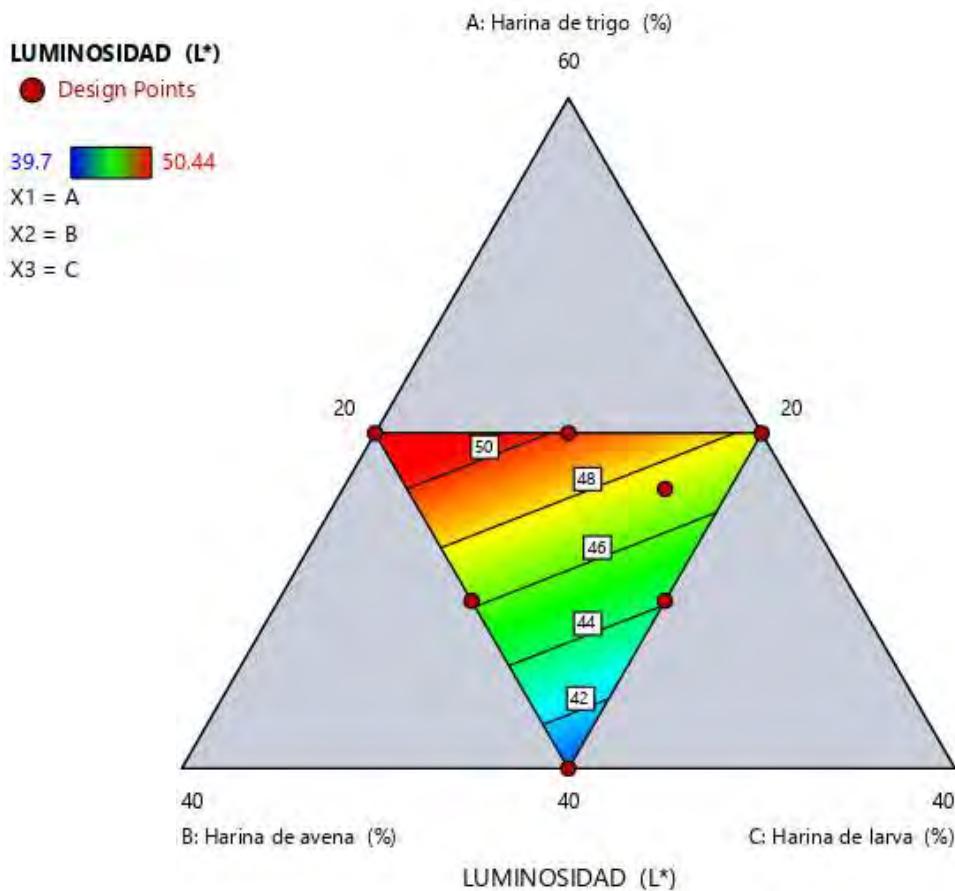
($X_1 = \% \text{ trigo}$, $X_2 = \% \text{ avena}$, $X_3 = \% \text{ larva}$)

Los coeficientes indican que la luminosidad de la galleta aumenta principalmente con mayor contenido de harina de trigo, en menor medida con avena, y disminuye al incrementarse la proporción de harina de larva.

La Figura 19, presenta el gráfico de contornos de la Luminosidad (L^*). Se observa una transición de azul a rojo en función del incremento de la luminosidad: el azul indica los valores más bajos ($L^*=39.7$, galleta más oscura), y el rojo representa la mayor Luminosidad ($L^*=50.44$, galleta más clara). Esto establece que la Harina de Larva oscurece el producto, y la Harina de Trigo lo aclara.

FIGURA 20

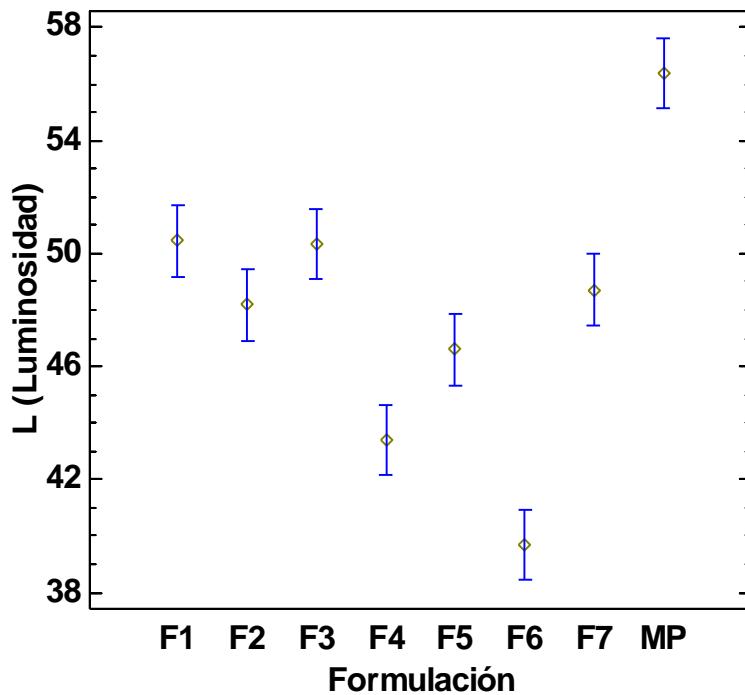
Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función a la Luminosidad (L^)*



Respecto a la luminosidad, la figura 19 muestra que a medida que aumenta la proporción de harina de larva (componente C), los valores de L^* disminuyen, es decir, las galletas se tornan más oscuras. Por el contrario, las regiones con mayor contenido de harina de trigo y avena presentan valores más altos de luminosidad, lo cual indica que la harina de larva reduce el brillo visual del producto final.

GRAFICO 5

Gráfico de medias de la luminosidad (L^) en galletas por formulación.*

Medias y 95.0% de Fisher LSD

El Gráfico 5 valida visualmente la tendencia de oscurecimiento, confirmando una disminución progresiva y significativa de L^* desde la Muestra Patrón (56.4) hasta las formulaciones con mayor sustitución (F4 y F6). Esta caída de la luminosidad se atribuye principalmente a la intensificación de las reacciones de Maillard durante el horneado. El alto contenido proteico de la harina de larva acelera esta reacción de pardeamiento no enzimático, produciendo pigmentos oscuros.

5.3.5.3. Rojo-verde (a*)

TABLA 44

ANOVA para ROJO-VERDE

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
Modelo Lineal	61.9931	2	30.9966	8.25	0.0381	Sig.
Error total	15.0308	4	3.75769			
Total (corr.)	77.0239	6				

La tabla 44 muestra que el modelo lineal generado para el parámetro a* (rojo–verde) fue estadísticamente significativo ($p = 0.0381$), al ser menor que 0.05. Esto indica que existe una relación significativa entre las proporciones de los componentes de la mezcla y el valor de a*, con un nivel de confianza del 95%.

MODELO LINEAL PARA ROJO-VERDE

La ecuación utilizada para optimizar el parámetro rojo–verde (a*) se obtuvo mediante un modelo lineal de regresión en el software Design-Expert y se presenta en la Ecuación F:

Modelo en términos reales:

$$\text{Rojo-verde (a*)} = -0.3491 \cdot X_1 + 0.3464 \cdot X_2 - 0.6116 \cdot X_3 \quad (\text{Ecu. F})$$

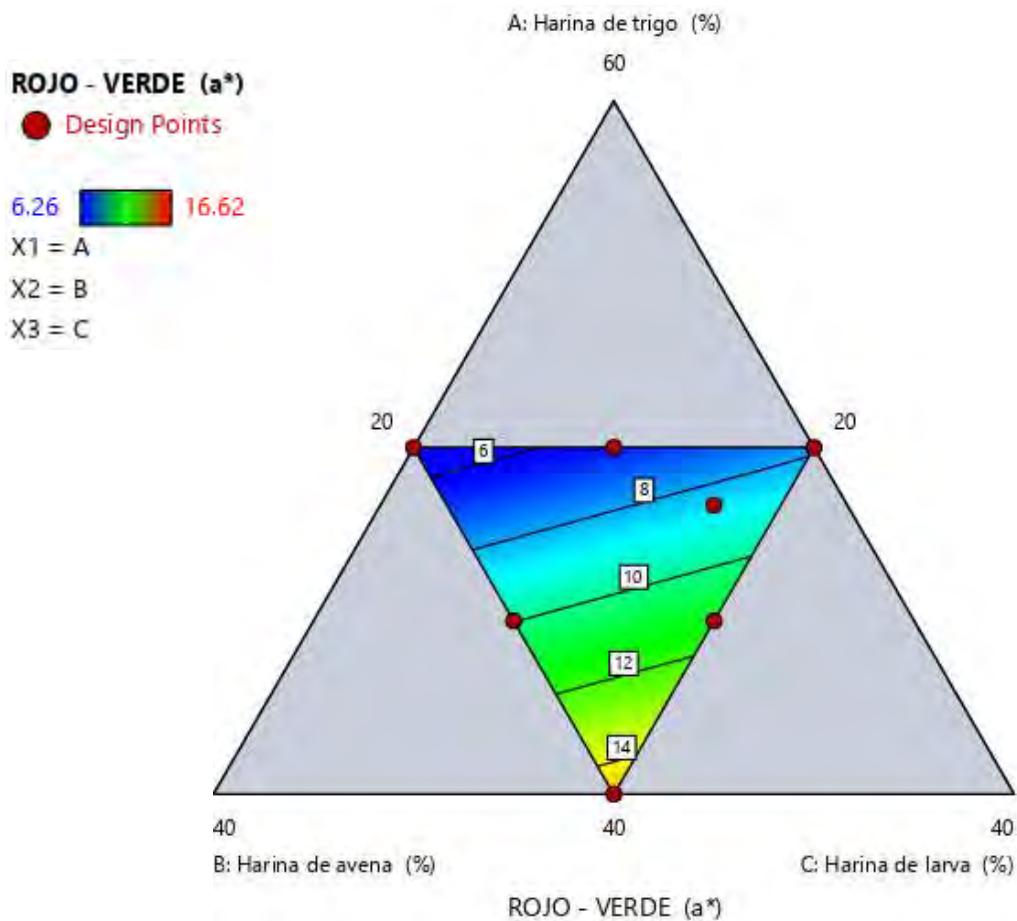
(X_1 = % trigo, X_2 = % avena, X_3 = % larva)

Los coeficientes indican que el valor a* aumenta (tendencia al rojo) con mayor proporción de harina de avena, mientras que disminuye (tendencia al verde) al incrementarse el contenido de harina de trigo y, de manera más marcada, de harina de larva.

La Figura 20 muestra el gráfico de contornos del color Rojo-Verde (a^*). Los valores varían de 6.26 (azul) a 16.62 (rojo), indicando que todas las galletas presentan una tonalidad roja. La máxima intensidad de color rojo ($a^*=16.62$) se logra con las combinaciones de Harina de Larva y Harina de Avena más altas. Por el contrario, la Harina de Trigo reduce la intensidad del rojo, resultando en los valores más bajos de a^* .

FIGURA 21

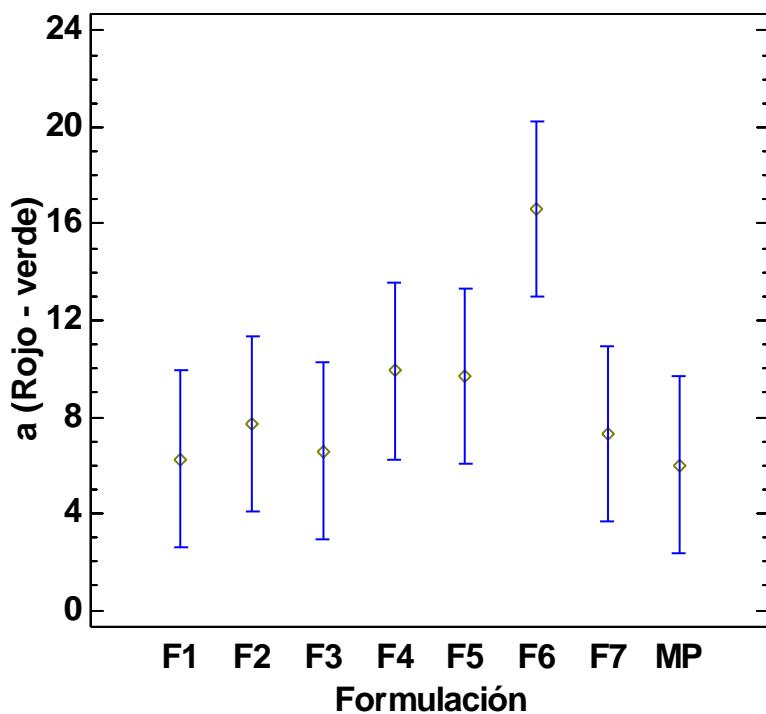
Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función a Rojo – verde (a^)*



En la Figura 17 se observa el comportamiento del color Rojo-Verde (a^*). El aumento en la proporción de Harina de Larva (C), especialmente junto a la Harina de Avena (B), genera una fuerte tendencia hacia los valores más altos de a^* (hasta 16.62), lo que indica una tonalidad rojiza intensa. Esto establece que la Harina de Larva es el principal componente que intensifica el color rojo de la galleta, mientras que la Harina de Trigo (A) lo diluye.

GRAFICO 6

Gráfico de medias de a (Rojo-verde) en galletas por formulación.

Medias y 95.0% de Fisher LSD

El Gráfico 6 muestra el aumento de la tonalidad rojiza en las galletas. Las formulaciones con mayor proporción de harina de larva *H. illucens*, especialmente F6 ($a^* = 16.6$), mostraron los valores más altos en el eje positivo a^* . Este viraje hacia el rojo está directamente relacionado con la formación de melanoidinas derivadas de la reacción de Maillard y la presencia de pigmentos intrínsecos en la harina de *H. illucens*. Este hallazgo es consistente con la literatura que reporta que la fortificación con harinas de insectos conduce a tonalidades más rojizas (Arama et al., 2023).

5.3.5.4. Amarrillo -azul (b*)

TABLA 45

ANOVA para AMARRILO-AZUL

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
Modelo Lineal	74.5805	2	37.2902	19.12	0.0090	Sig.
Error total	7.79986	4	1.94997			
Total (corr.)	82.3803	6				

La tabla 45 muestra que el modelo lineal desarrollado para el parámetro de color b* (amarillo-azul) fue estadísticamente significativo ($p = 0.0090$), ya que el valor-p fue menor a 0.05. Esto indica que existe una relación significativa entre las proporciones de los ingredientes de la mezcla y la tonalidad b*, con un nivel de confianza del 95%.

MODELO LINEAL PARA EL COMPONENTE DE COLOR b*

La ecuación que permite estimar el parámetro de color b* (amarillo-azul) en función de los porcentajes reales de las harinas en la mezcla se obtuvo mediante un modelo lineal de regresión en el software Design-Expert y se presenta en la Ecuación G:

Modelo en términos reales:

$$\text{Amarillo-azul (b*)} = 0.6390 \cdot X_1 + 0.2560 \cdot X_2 - 0.4369 \cdot X_3 \quad (\text{Ecu. G})$$

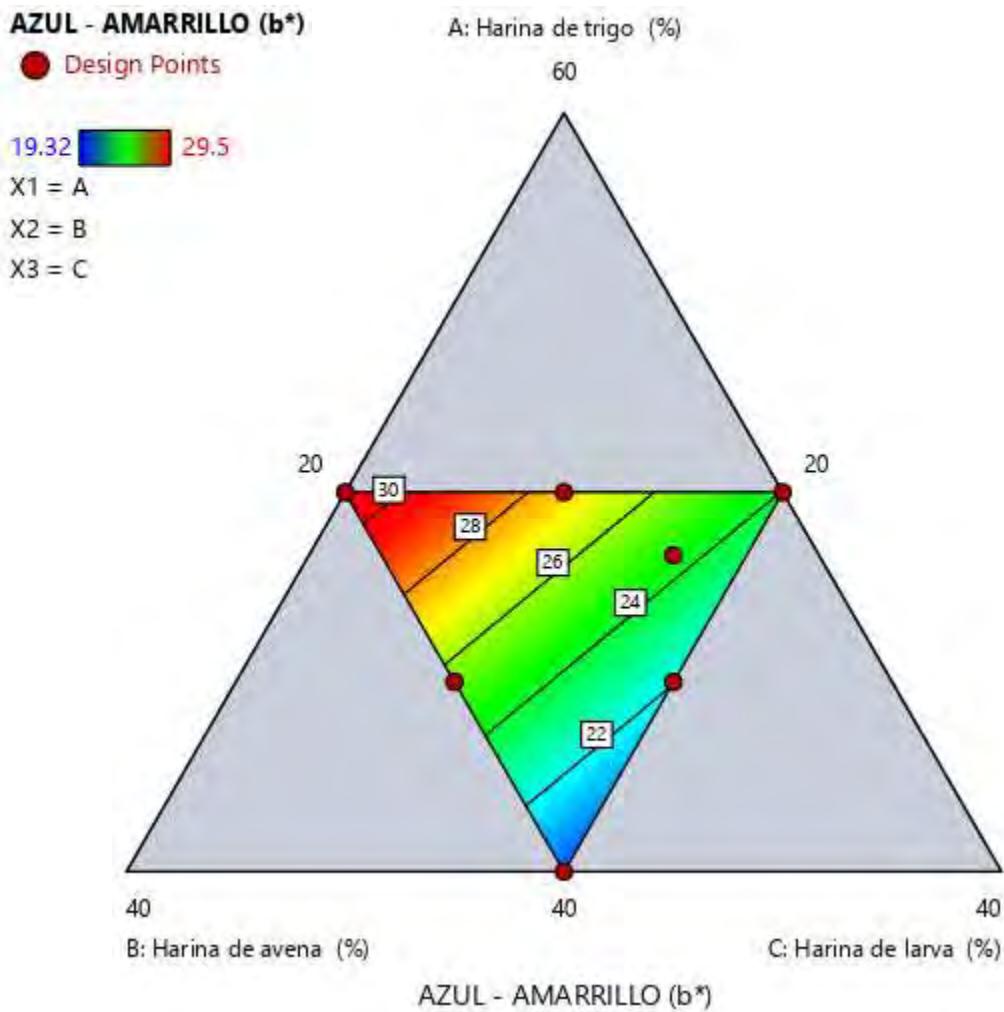
($X_1 = \% \text{ trigo}$, $X_2 = \% \text{ avena}$, $X_3 = \% \text{ larva}$)

Los coeficientes indican que el valor b* (tendencia al amarillo) aumenta con el incremento de harina de trigo y avena, y disminuye (tendencia al azul) al incrementarse la proporción de harina de larva.

La Figura 21 muestra el gráfico de contornos del color Azul-Amarillo (b^*). Los valores varían de 19.32 (azul) a 29.5 (rojo), indicando que todas las galletas presentan una marcada tonalidad amarilla debido a que todos los valores son positivos. La máxima intensidad de color amarillo ($b^*=29.5$) se logra con las combinaciones con harinas de Trigo y Avena más altas (región superior izquierda).

FIGURA 22

Gráfico de contorno de la mezcla de harinas en galletas en función al Azul-Amarillo (b^).*

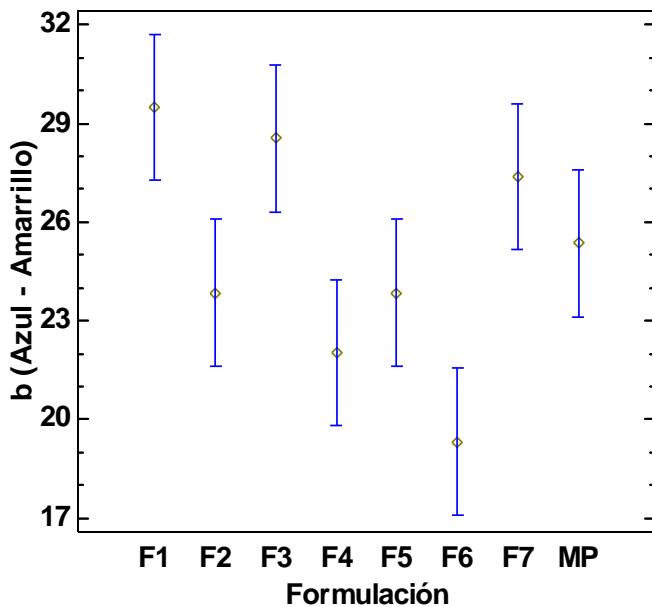


En la figura 21, se observa que el color amarrillento (b^*) disminuyen con el incremento de harina de larva (componente C). Las formulaciones con mayor proporción de trigo y avena presentan un tono más amarrillento. Esto confirma que el componente C disminuye la intensidad de la coloración cálida (el tono amarillo, b^*) de la galleta.

GRAFICO 7

Gráfico de medias de b (Azul - Amarrillo) en galletas por formulación.

Medias y 95.0% de Fisher LSD



El Gráfico 7 muestra el comportamiento del eje b^* , confirmando que la MP presenta la mayor tendencia al amarillo (34.6), característico de la harina de trigo (Maldonado, 2000). Sin embargo, conforme aumenta la inclusión de harina de larva, se observa una reducción de esta tonalidad amarilla, siendo F6 la formulación con el valor más bajo ($b^* = 19.3$). Esta disminución se debe al efecto de los pigmentos oscuros y rojizos generados por la larva y las reacciones de pardeamiento, que enmascaran el tono amarillo de la matriz base.

5.4. OPTIMIZACIÓN EN EL SOFTWARE DESIGN-EXPERT® 13

TABLA 46

Optimización de formulaciones de galletas con harinas de avena y larva mediante Design-Expert® 13

º N	H. de trigo	H. de avena	H. de larva	D. (N)	F. (N)	L*	a*	b*	Fe (mg)	Prot. (%)	Desea bilida	Sel.
1	50.00	25.05	24.95	21.07	37.52	49.82	6.48	27.46	5.62	17.69	0.64	
2	46.60	30.00	23.40	20.65	39.24	48.02	8.43	27.24	5.55	17.53	0.59	

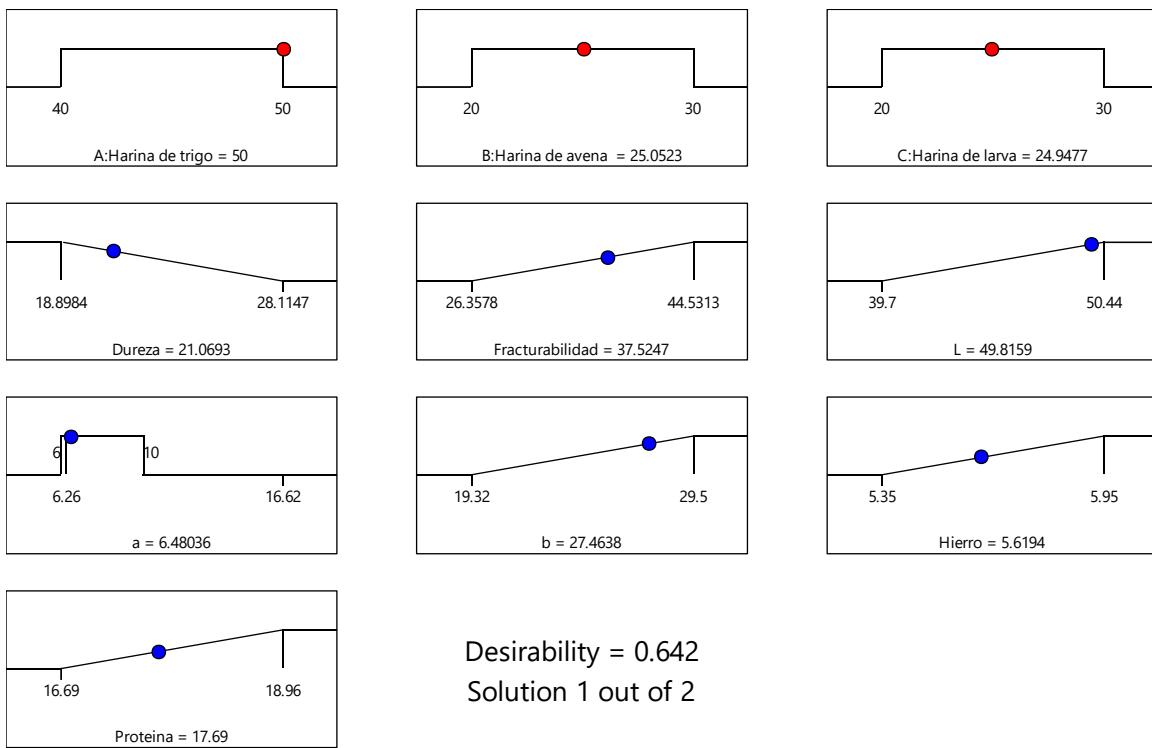
Nota: Resultados obtenidos del análisis de optimización realizado en Design-Expert® 13.

Según la tabla 46, el software Design-Expert® 13 generó dos nuevas formulaciones optimizadas a partir del modelo estadístico construido con los datos obtenidos de las siete formulaciones experimentales (F1 a F7).

Estas formulaciones fueron optimizadas siguiendo los criterios definidos en la Tabla 22, los cuales incluyeron: maximizar proteína, hierro, fracturabilidad, luminosidad (L^*) y el parámetro b^* ; minimizar la dureza; y mantener el parámetro a^* dentro del rango 6–10. El objetivo fue encontrar combinaciones con deseabilidad global lo más cercana al valor ideal de 1.

La formulación optimizada, alcanzó la mayor deseabilidad (0.64), con textura equilibrada (dureza 21.07 N, fracturabilidad 37.52 N), buen color ($L = 49.82$; $a = 6.48$; $b^* = 27.46$) y alto valor nutricional (proteína 17.69%, hierro 5.62 mg/100 g).

Al comparar la nueva formulación optimizada con las formulaciones experimentales, se observa mayor similitud con la formulación F3, tanto en el contenido nutricional como en las propiedades físicas, además de una composición de mezcla muy cercana.

GRAFICO 8*Gráfico de Predicción Optima*

El gráfico 8, muestra la formulación optimizada con mezcla del 50% harina de trigo, 25.05% harina de avena y 24.95% harina de larva, con una deseabilidad de 0.642. La formulación optima presenta las siguientes propiedades tecnológicas y nutricionales, logrando una dureza de 21.07 N, fracturabilidad de 37.52 N y color aceptable ($L^* 49.82$, $a^* 6.48$, $b^* 27.46$). Además, presenta un alto contenido de proteína (17.69%) y hierro (5.62 mg/100g).

5.5. EVALUACIÓN BIOLÓGICA

Para la determinación biológica de la calidad de proteína de la formulación optimizada, obtenida mediante el software Design-Expert® 13, en primera instancia se realizó el análisis proximal de la muestra. Este análisis permitió establecer los parámetros nutricionales necesarios para la formulación de las dietas utilizadas en los ensayos con animales de laboratorio.

TABLA 47

Composición proximal de la galleta optimizada seleccionada

Composición	Grupo experimental	
	Contenido	
Humedad	%	7.20
Proteína	%	17.70
Grasa	%	14.51
Fibra	%	1.05
Ceniza	%	4.80
Carbohidratos	%	54.74

Nota: Resultados de análisis proximal realizados en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (2025). Ver apéndice 9.

Con base en esta información, se procedió al balance de la dieta experimental, ajustándola a un nivel requerido de 10% de proteína.

De manera análoga se formularon la dieta control (patrón) y la dieta a-proteica, tal como se muestra a continuación:

TABLA 48

Composición promedio de proteína en las dietas utilizadas para la evaluación biológica (dieta experimental: galleta optimizada; dieta patrón: caseína, ambas ajustadas al 10% de proteína)

Composición	Dieta Experimental	*Dieta Patrón	Dieta A-proteica
Proteína (%)	9.05	13.75	0.4

(*) Los datos del grupo control (caseína), fueron proporcionados por el Laboratorio de Bioterio de la Facultad de Zootecnia, UNALM (2023).

La formulación de estas dietas se realizó siguiendo los lineamiento de la tabla de alimentación para ratas de laboratorio propuesta por (Toledo Vásquez, 2016).

5.5.1. Determinación de la Razón de Eficiencia Proteica (PER)

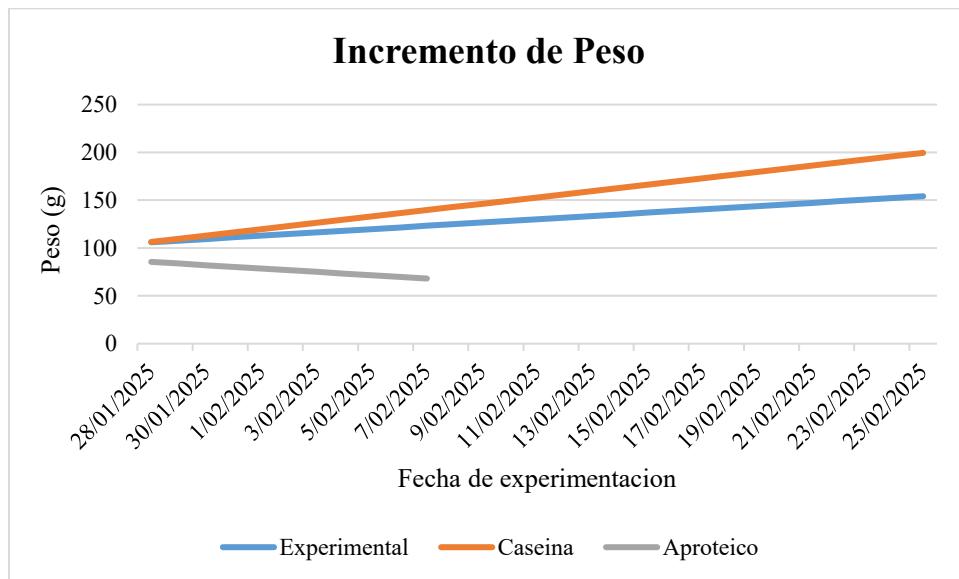
5.5.1.1. Incremento de peso promedio de los animales durante la experimentación

El peso inicial y final de los animales utilizados en la experimentación, junto con la cantidad de alimento ofrecido, los residuos y el consumo promedio diario por rata durante el ensayo biológico, se detallan en el Apéndice 13.

A continuación, se presenta un resumen del incremento de peso promedio de los animales durante el periodo experimental, información fundamental para la determinación de la Razón de Eficiencia Proteica (PER):

FIGURA 23

Incremento de peso en relación al tiempo



La Figura 22 muestra el incremento de peso registrado entre el 28 de enero y el 25 de febrero de 2025. Se distinguen tres grupos: control (caseína), experimental (galleta optimizada) y aprotéico. Tanto la dieta con caseína como la experimental promovieron un aumento progresivo de peso, siendo mayor en el grupo control, mientras que la dieta aprotéica ocasionó una reducción sostenida en el peso de las ratas.

5.5.1.2. Evaluación de la Razón de Eficiencia Proteica – PER.

El cálculo del PER se realizó aplicando la Ecuación 1 descrita en el marco teórico (Sección 1.8.1), considerando la ganancia de peso y la proteína consumida. Con esta relación se obtuvieron los valores correspondientes para cada animal, presentados en la Tabla 49:

TABLA 49

Evaluación de la Razón de Eficiencia Proteica para cada animal en experimentación

Animal	Experimental (g)	Control (g)*
1	1.62	2.58
2	1.52	2.43
3	1.91	2.38
4	1.46	2.35
5	1.46	2.38
6	1.45	2.43
7	1.55	2.45
8	1.6	2.36
9	1.58	2.42
10	1.61	2.41
Media	1.58	2.42
Desviación	0.13	0.07
Estándar		

(p < 0.0001). (*) Datos de PER del grupo control (caseína), Laboratorio de Bioterio UNALM (2025). Ver Apéndices 13 y 14.

Se utilizó una prueba t de Student para comparar el PER entre el grupo experimental (galleta seleccionada) y control (caseína). El análisis mostró un valor de p < 0.0001, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos. Por lo cual, el PER del grupo experimental fue significativamente menor que el del grupo control.

TABLA 50*Evaluación de la Razón de Eficiencia Proteica promedio*

Parámetro	Experimental	Control*
Peso inicial (g)	106.03	106.40
Peso Final (g)	154.19	199.51
Ganancia de peso (g)	48.16	93.11
Alimento Consumido (g)	336.07	280.00
Materia seca del alimento (%)	92.8	90.00
Nitrógeno en alimento (%)	1.45	2.20
Proteína en el alimento (%)	9.05	13.75
Proteína consumida (g)	30.41	38.50
PER	1.58	2.42

Nota. (*) Datos de PER del grupo control (caseína), Laboratorio de Bioterio UNALM (2025). Ver Apéndices 13 y 14.

Los resultados mostraron que la formulación optima con 50% de harina de trigo, 25.05% de harina de avena y con 24.95% de harina de *Hermetia illucens*, alcanzó un PER de 1.58, inferior al valor obtenido con caseína que es de 2.42.

En el estudio de (Cerdán Quispesivana & Jaquehua Tarqui, 2019), galletas elaboradas con 90% de harina de trigo y 10% de *Hermetia illucens* reportaron un PER de 3.6, lo que evidencia una diferencia significativa. Esta variación puede atribuirse principalmente al mayor contenido de harina de larva en nuestra formulación (24.95%), que eleva la fracción de quitina y dificulta la digestión proteica, limitando la absorción de aminoácidos (Pascon et al., 2024). Asimismo, la presencia de fibra y fitatos en la avena podría reducir indirectamente la biodisponibilidad de nutrientes (Miller & Shanthy, 1997).

Por otro lado, (Brede et al., 2016), reportaron un PER de 1.5 en dietas para ratas con harina de *Hermetia illucens*, valor cercano al obtenido en esta investigación con un PER de 1.58 en la dieta experimental, lo que confirma que la adición de este ingrediente no compromete su calidad proteica. En este sentido, el valor alcanzado se mantiene dentro de los parámetros aceptables establecidos por la (FAO, 1970) para alimentos complementarios, respaldando el potencial de *Hermetia illucens* como fuente alternativa de proteína en combinación con cereales.

5.5.2. Evaluación de la Utilización Neta de Proteínas - NPU

El cálculo de la Utilización Neta de Proteínas (NPU) se realizó aplicando la Ecuación 2 descrita en el marco teórico (Sección 1.8.2), considerando la diferencia entre el nitrógeno ingerido y el nitrógeno excretado, en relación con el nitrógeno consumido. Los resultados obtenidos para cada grupo experimental se presentan a continuación.

TABLA 51

Utilización Neta de Proteína (NPU) en ratas machos alimentadas con dieta experimental y control (caseína).

NPU - machos		
Rata	Experimental	Control*
1	65.65	74.57
2	68.24	79.68
3	66.45	70.53
4	66.43	76.46
Promedio	66.69	75.31

Nota. (*) Datos de NPU – machos del grupo control (caseína), Laboratorio de Bioterio UNALM (2025). Ver Apéndices 15 y 16.

TABLA 52

Utilización Neta de Proteína (NPU) en ratas hembras alimentadas con dieta experimental y control (caseína).

NPU - hembras		
Rata	Experimental	Control*
1	61.14	72.25
2	61.58	75.55
3	62.63	76.67
4	60.21	69.19
Promedio	61.39	73.42

Nota. (*) Datos de NPU - hembras del grupo control (caseína), Laboratorio de Bioterio UNALM (2025). Ver Apéndices 15 y 16.

TABLA 53

Utilización Neta de Proteína (NPU) promedio en ratas (machos y hembras) para dietas experimental y control (caseína).

Rata	Experimental	Control*
1	63.39	73.41
2	64.91	77.61
3	64.54	73.60
4	63.32	72.83
Promedio	64.04	74.36
Desviación estándar	0.80	2.19

(p < 0.0001). (*) Datos de NPU del grupo control (caseína)

Se aplicó una prueba *t* de Student para comparar los valores de NPU entre el grupo experimental y el grupo control. El análisis mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$), indicando que la dieta elaborada con galletas a base de harina de avena y *Hermetia illucens* presentó una menor calidad proteica en comparación con la dieta patrón de caseína.

TABLA 54*Utilización Neta de Proteína promedio*

Parámetro	DIETA EXPERIMENTAL		DIETA CASEINA*	
	A proteica	Proteica	A proteico	proteico
Número de animales	4	4	4	4
Peso inicial (g)	85.53	100.41	85.53	91.73
Peso final (g)	68.09	117.83	68.09	111.73
Ganancia de peso (g)	-17.45	17.42	-17.45	20.00
Consumo del alimento (g)	45.31	121.77	45.31	95.00
Materia seca del alimento (%)	90.49	92.8	90.49	90.00
Proteína del alimento (%)	0.4	9.05	0.4	13.75
Nitrógeno del alimento (%)	0.06	1.45	0.06	2.20
Consumo de Nitrógeno (g)	0.03	1.76	0.03	2.09
Peso seco total carcasa (g)	25.75	48.75	25.75	49.65
Proteína de la carcasa (%)	52.22	42.46	52.22	47.01
Nitrógeno en carcasa (%)	8.36	6.79	8.36	7.52
Materia seca de carcasa (%)	98.08	97.52	98.08	98.00
Contenido de N en carcasa (g)	2.15	3.31	2.15	3.73
NPU (%)	---	64.20	---	74.36

Nota. (*) Los datos del grupo control (caseína), utilizados como referencia estándar para el cálculo del NPU, fueron proporcionados por el Laboratorio de Bioterio de la Facultad de Zootecnia, UNALM (2023) (ver Apéndice 15 & 16).

Con ecu. 02 se determinó el NPU de cada animal de los grupos experimental y control.

Los resultados muestran que los animales de la dieta control (caseína) obtuvieron un NPU promedio de 74.36%, mientras que para la dieta del grupo experimental (galleta seleccionada) de 64.20 %. Aunque este valor es inferior a la dieta control, se podría considerarse como una proteína alternativa para subproductos agroindustriales. De hecho, (Yi et al., 2019), indica que aunque las dietas con *Hermetia illucens* pueden superar a

fuentes vegetales como la soya en términos del NPU, no necesariamente igualan a la caseína.

Al compararse con estudios previos, los resultados de esta investigación coinciden parcialmente con los valores alcanzados por (Tyshko et al., 2021), quienes indican valores del NPU de 67.5%, de acuerdo al tipo de alimentación de las larvas y el procesamiento usado. Y los valores encontrados por (Brede et al., 2016), para el NPU fue de 63%. Se puede observar que el NPU de la galleta seleccionada (64.20%) y el de la harina de larva (63%), se calcula que la harina de larva es la fuente principal de proteína en la formulación del producto.

5.5.3. *Evaluación del Valor Biológico – VB*

El cálculo del Valor Biológico (VB) se realizó aplicando la Ecuación 3 descrita en el marco teórico (Sección 1.8.3), considerando la proporción de nitrógeno retenido respecto al nitrógeno absorbido. Los resultados obtenidos para cada grupo experimental se muestran en a continuación.

TABLA 55

Valor Biológico por cada animal en experimentación - VB

VB		
Rata	Dieta experimental	Dieta caseína*
1	59.46	74.18
2	68.09	75.01
3	63.2	76.10
4	61.99	76.45
5	58.31	76.73
6	65.58	73.89
Promedio	62.77	75.39
Desviación estandar	3.68	1.21

(p < 0.001), (*) Datos del VB del grupo control (caseína), Laboratorio de Bioterio UNALM (2025). Ver Apéndices 17 y 18.).

Se aplicó una prueba t de Student para comparar el VB entre la dieta experimental (galleta optimizada) y el grupo control (caseína). El resultado ($p < 0.001$) indica una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos, mostrando que la eficiencia biológica de la dieta experimental es menor en comparación con la proteína patrón.

TABLA 56

Valor biológico

Parámetro	Experimental	Control*
Peso inicial (g)	106.03	104.96
Peso Final (g)	117.46	121.96
Ganancia de peso (g)	11.43	17.00
Alimento Consumido (g)	80.04	80.04
Materia seca del alimento (%)	92.8	92.80
Nitrógeno en alimento (%)	1.45	2.20
Nitrógeno consumido (g) – NI	1.16	1.76
Heces Excretadas (g)	18.71	16.50
Materia seca de heces (%)	64.86	64.86
Nitrógeno en heces (%)	1.36	1.54
Nitrógeno en heces (g) – NF	0.16	0.16
Densidad de la orina	1.01	1.01
Orina Excretada (ml)	88.43	92.48
Orina Excretada (g)	89.04	93.40
Nitrógeno en orina (%)	0.42	0.42
Nitrógeno en orina (g)	0.37	0.39
Balance de N (g)	0.63	1.20
VALOR BIOLÓGICO (%)	62.84	75.39

Nota. (*) Datos del VB del grupo control (caseína), Laboratorio de Bioterio UNALM (2025). Ver Apéndices 17 y 18.).

En la tabla 56 se observa que el Valor Biológico de la dieta experimental fue de 62.84%, mientras que el grupo control alcanzó 75.39%, confirmando que la eficiencia de la proteína de la dieta experimental es menor que la de la proteína patrón.

Según (Tyshko et al., 2021), el VB de la harina de larva *Hermetia illucens* puede alcanzar aproximadamente 75%, dependiendo del tipo de procesamiento, contenido de quitina y método de secado. Asimismo, (Brede et al., 2016), reportan que el VB de la harina de larva es de alrededor de 70%. El VB de la dieta experimental (62,8%) es menor, aunque indica una calidad proteica aceptable.

5.5.4. *Digestibilidad Aparente*

La digestibilidad aparente (D) se determinó mediante la Ecuación 4 descrita en el marco teórico (Sección 1.8.4), considerando la diferencia entre el nitrógeno ingerido y el nitrógeno excretado en las heces, en relación con el nitrógeno consumido. Los resultados por animal se presentan en la Tabla 57:

TABLA 57

Digestibilidad aparente por cada animal en experimentación - D

Ratas	Digestibilidad aparente (D)	
	Dieta experimental	Dieta Caseína*
1	85.59	90.37
2	87.39	90.56
3	86.26	90.71
4	85.32	90.45
5	84.82	91.39
6	86.07	90.34
Media	85.91	90.64
Desviación estásndar	0.89	0.82

p < 0.0001, (*) Digestibilidad del grupo control (caseína) calculada a partir de datos de Valor Biológico (VB) proporcionados por el Laboratorio de Bioterio, UNALM (2025). Ver apéndice 19 y 20.

Se aplicó la prueba t de Student, mostrando un valor de p < 0.0001, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre ambas dietas, siendo superior la digestibilidad de la dieta control.

TABLA 58*Digestibilidad aparente promedio*

Digestibilidad aparente (D)		
Parámetro	Experimental	Control*
Peso inicial (g)	106.03	104.96
Peso Final (g)	117.46	121.96
Ganancia de peso (g)	11.43	17.00
Alimento Consumido (g)	80.04	80.04
Materia seca del alimento (%)	92.8	92.80
Nitrógeno en alimento (%)	1.45	2.20
Nitrógeno consumido (g) – NI	1.16	1.76
Heces Excretadas (g)	18.71	16.50
Materia seca de heces (%)	64.86	64.86
Nitrógeno en heces (%)	1.36	1.54
Nitrógeno en heces (g) – NF	0.16	0.16
Densidad de la orina	1.01	1.01
Orina Excretada (ml)	88.43	92.48
Orina Excretada (g)	89.04	93.40
Nitrógeno en orina (%)	0.42	0.42
Nitrógeno en orina (g)	0.37	0.39
Balance de N (g)	0.63	1.20
Digestibilidad aparente (D)	85.91	90.64

Nota. (*) Digestibilidad del grupo control (caseína) calculada a partir de datos de Valor Biológico (VB) proporcionados por el Laboratorio de Bioterio, UNALM (2025). Ver apéndice 19 y 20.

La digestibilidad aparente fue de 85.91% para la dieta experimental y 90.64% para la dieta control, la dieta experimental tiene menor digestibilidad que la caseína.

Según (Tyshko et al., 2021), la digestibilidad de la harina de larva *Hermetia illucens* es cercana al 90%. Los resultados obtenidos (85.91%) se asemejan a la digestibilidad de la harina de larva, aunque en ambos no superan los valores de la dieta control (caseína).

TABLA 59

Resumen de los parámetros evaluados en los grupos experimentales y patrón durante el ensayo biológico

Parámetro	Dietas	
	Experimental	Control*
PER	1.58 ± 0.13	2.42 ± 0.07
NPU	64.06 ± 0.80	74.36 ± 2.19
VB	62.77 ± 3.68	75.39 ± 1.21
D	85.91 ± 0.89	94.96 ± 0.39

La galleta formulada con harinas de avena y *Hermetia illucens* mostró buena calidad proteica, aunque inferior a la caseína. Destaca su alta digestibilidad (85.91% ± 0.89), y valores adecuados en PER (1.58 ± 0.13), NPU (64.06% ± 0.80) y VB (62.77% ± 3.68), lo que confirma su potencial como fuente proteica alternativa.

Estos resultados coinciden con lo señalado por la (FAO, 2013), que promueve el uso de insectos comestibles como opción sostenible, económica y funcional para mejorar la seguridad alimentaria.

En especial, la harina de *Hermetia illucens* representa una alternativa viable para el desarrollo de alimentos funcionales con bajo impacto ambiental.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación “Calidad proteica de galletas elaboradas con harinas de avena (*Avena sativa L.*) y de larva *Hermetia illucens* (*Diptera: Stratiomyidae*)” concluye con lo siguiente:

1. La elaboración y caracterización proximal de la harina desgrasada de *Hermetia illucens* presentó un aumento proteico de 32.54 % a 40 % y una reducción de grasa de 38.8 % a 18.5 %, confirmando la eficacia del desgrasado y su potencial como fuente proteica para galletas.
2. El análisis químico y el cómputo aminoacídico teórico, mostraron que las formulaciones F2–F7 alcanzaron valores superiores a 1 en los aminoácidos esenciales, evidenciando una adecuada complementariedad proteica entre las harinas de trigo, avena y *Hermetia illucens*. En contraste, la formulación F1 presentó un valor inferior a 1 (0.97) en lisina, lo que indica una leve deficiencia de este aminoácido esencial.
3. La sustitución parcial de harina de trigo por harinas de avena y de *Hermetia illucens* incrementó el contenido de proteína y hierro de las galletas, lo que influyó en sus propiedades tecnológicas, evidenciándose mayor dureza, menor fracturabilidad y oscurecimiento del color; asimismo, la formulación optimizada presentó una alta deseabilidad al integrar de manera equilibrada las variables nutricionales y tecnológicas.
4. La evaluación biológica de la galleta optimizada evidenció un adecuado aprovechamiento de la proteína, reflejado en los valores de PER (1.58 ± 0.13), NPU ($64.06 \% \pm 0.80$), VB ($62.77 \% \pm 3.68$) y Digestibilidad Aparente ($85.91 \% \pm 0.89$), confirmando la relación entre los resultados nutricionales y biológicos.

RECOMENDACIONES

- ✓ La aplicación de la metodología de desgrasado validó un resultado eficaz al reducir los lípidos de 38.8% a 18.5%, incrementando la concentración proteica (40%).
- ✓ Se recomienda continuar ajustando las proporciones de harinas de trigo, avena y *Hermetia illucens* para optimizar la complementariedad de aminoácidos esenciales, especialmente lisina, y mejorar el valor proteico de las galletas.
- ✓ El producto tiene potencial para programas nutricionales, respaldado por su alta asimilación proteica (NPU = 64.06%, D.A. = 85.91%), por lo que se sugiere que investigaciones futuras en alimentación evalúen su viabilidad legal y comercial.
- ✓ Se sugiere enfocar futuras investigaciones en el análisis exhaustivo y la optimización del Ratio de Eficiencia Proteica (PER = 1.58 ± 0.13), ya que este resultado fue inferior al estándar de caseína. Se recomienda realizar la identificación de aminoácidos limitantes y estrategias de fortificación, con el fin de mejorar la calidad proteica y el valor funcional de la galleta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abril, S., Pinzón, M., Hernández-Carrión, M., & Sánchez-Camargo, A. D. P. (2022). Edible Insects in Latin America: A Sustainable Alternative for Our Food Security. *Frontiers in Nutrition*, 9, 904812. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.904812>

AOAC, I. (2005). *AOAC INTERNATIONAL*. AOAC INTERNATIONAL. <https://www.aoac.org/>

Aparicio Vizuete, A., & Ortega Anta, R. M. (2015). Efectos del consumo del beta-glucano de la avena sobre el colesterol sanguíneo: Una revisión. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20(2), 127. <https://doi.org/10.14306/renhyd.20.2.183>

Arama, D., Kinyuru, J., Ng'ang'a, J., Kiage-Mokua, B., Ochieng, B. O., & Tanga, C. M. (2023). Unraveling the physicochemical attributes of three cricket (*Gryllus bimaculatus*)-enriched biscuit products and implications on consumers' preference and willingness to pay. *LWT*, 185, 115171. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115171>

Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2004a). ANALISIS COMPOSICIONAL, MICROBIOLÓGICO Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA DE LA HARINA DE LARVAS DE *Hermetia illuscens* L (DIPTERA:STRATIOMYIIDAE) EN ANGELÓPOLIS-ANTIOQUIA, COLOMBIA. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491-2500.

Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2004b). ANALISIS COMPOSICIONAL, MICROBIOLÓGICO Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA DE LA HARINA DE LARVAS DE *Hermetia illuscens* L

(DIPTERA:STRATIOMYIIDAE) EN ANGELÓPOLIS-ANTIOQUIA, COLOMBIA. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491-2500.

Aristizábal, M., Galindo, W., López, M., Molina, C., & Arias, S. (2021). *Tendencias en la Investigación. Universitaria. Una visión desde Latinoamérica VOLUMEN XIV COLECCIÓN UNIÓN GLOBAL -: Vol. XIV*. <https://docplayer.es/222956763-Tendencias-en-la-investigacion-universitaria-una-vision-desde-latinoamerica-volumen-xiv-coleccion-union-global.html>

Bourne, M. C. (2002). Relationship between Rheology and Food Texture. En *Engineering and Food for the 21st Century*. CRC Press.

Brede, A., Neumann, Ca., Rothstein, S., & Liebert. (2016). *Evaluation of Hermetia illucens and Spirulina platensis proteins in semi-synthetic diets for the laboratory rat*. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12161.04966>

Bueno Soto, M. E. (2017). *Formulación y evaluación de galletas de avena (Avena sativa) y harina de linaza (Linum usitatissimum), con características de Alimento Funcional*. <https://1library.co/document/y6e0gdnz-formulacion-evaluacion-galletas-avena-usitatissimum-caracteristicas-alimento-funcional.html>

Buitrago V., A. T. B., & Camargo D., M. V. C. (2022). DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (Hermetia Illucens) ALIMENTADAS CON PULPA DE CAFÉ. *FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA FACULTAD DE INGENIERÍAS PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA BOGOTÁ, D.C.*

Caballero, L. A., Maldonado, Y., & Maldonado, L. Y. (2011). Efecto de la adición de avena y café soluble en las características sensoriales de una galleta típica tipo dulce. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 9(2), Article 2.

<https://doi.org/10.24054/limentech.v9i2.1548>

Cabeza, S. (2009). *Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas* [Universidad de Burgos]. <https://core.ac.uk/download/pdf/61543433.pdf>

Calderon, A., & Razo, V. (2023). *PORCENTAJE MÁXIMO DE SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE LARVA RHYNCHOPHORUS PALMARUM L. (SURI) QUE MANTIENE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL PAN FRANCÉS.*

<https://repositorio.ulcb.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14546/1219/TESIS%20CALDERON%20-%20RAZO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Campuzano Vera, A. Ma. (2020). *OBTENCIÓN DE HARINA A BASE DE LARVAS DE CHONTACURO (Rhynchophorus palmarum) APROVECHANDO SUS PROPIEDADES NUTRITIVAS (PROTEÍNAS) PARA LA ELABORACIÓN DE GALLETAS. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA MENCIÓN AGROINDUSTRIAL*, 92.

Caruso, D., Devic, E., Subamia, I. W., Talamond, P., & Baras, E. (2014). *Technical handbook of domestication and production of Diptera Black Soldier Fly (BSF), Hermetia illucens, Stratiomyidae.*

Cazorla, macarena. (2014). *COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA HERMETIA ILLUCENS*. 80.

Cerdán Quispesivana, G., & Jaquehua Tarqui, J. A. (2019). Obtención de harina de larvas de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens* L.) y su aplicación en galletas.

Universidad Católica de Santa María.

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9703>

Codex Alimentarius. (2023). Norma para la harina de trigo. *CXS 152-1985, Adoptada en 1985. Revisada en 1995. Enmendada en 2016, 2019, 2021, 2023.*

https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf

Cossio, M., Gómez, R., Vargas, R., Hochmuller Fogaça, R. T., & Arruda, M. de. (2013).

Curvas de referencia para valorar el crecimiento físico de ratas machos Wistar.

Nutrición Hospitalaria, 28(6), 2151-2156.

<https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.6.6659>

Cruz, D., & Mendoza, J. (2015a). “*ELABORACIÓN DE GALLETAS CON HARINA DE ARROCILLO (*Oryza Sativa*) Y HARINA DE SACHA INCHI (*Plukenetia Volubilis* L.), COMO SUSTITUTOS PARCIALES EN SU FORMULACIÓN*”. 134.

Cruz, D., & Mendoza, J. (2015b). *ELABORACIÓN DE GALLETAS CON HARINA DE ARROCILLO *Oryza Sativa* Y HARINA DE SACHA INCHI (*Plukenetia Volubilis* L.) COMO SUSTITUTOS PARCIALES EN SU FORMULACIÓN.*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.

Cruz, R. G., Campos, E. A. F., & González, R. G. G. (2024). Insectos como alimento y para el desarrollo de una agricultura sostenible. *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología, 272-292.* <https://doi.org/10.61820/pct.vi.1093>

Diclaro, J., & Kaufman, P. (2018). *Black Soldier Fly Hermetia illucens Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae)*. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN830>

DIGESA. (2003). NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLOGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO CAPÍTULO I. *MINSA/DIGESA, PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN DE LA RM N° 615-2003 SA/DM, 24.*

EFSA. (2021, enero 13). *Insectos aptos para la alimentación humana: La ciencia de las evaluaciones de nuevos alimentos* |. <https://www.efsa.europa.eu/es/news/edible-insects-science-novel-food-evaluations>

Falcón, M. del R., Yáñez, G. A., & Barrón, J. M. (2006). EFECTO DEL SEXO DE LA RATA (Sprague Dawley) SOBRE LA DIGESTIBILIDAD Y RAZÓN NETA DE PROTEÍNA EN ALIMENTOS DE DISTINTA CALIDAD PROTEICA. *Revista chilena de nutrición*, 33(3), 511-517. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182006000500007>

FAO. (1970). FAO: nutritional studies: Amino-acid content of foods and biological data on proteins. *FAO nutritional studies*, 24, 1-285.

FAO. (2013a). La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>

FAO. (2013b). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>

FAO. (2017). *Evaluación de la calidad de las proteínas de la dieta en nutrición humana* ((Edición en español)). FAO y FINUT.

FAO. (2024). *LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y LA NUTRICION EN EL MUNDO.*

https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3b602110-a452-46cb-8aed-aa96e64f7682/content?utm_source=chatgpt.com

FAO, F. and A. O. of the U. N. (Ed.). (2013c). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO expert consultation, 31 March-2 April, 2011, Auckland, New Zealand.* FAO Expert Consultation on Protein Quality Evaluation in Human Nutrition, Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO/WHO/ONU. (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation.* World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/43411>

FAO/WHO/UNU. (1991). *Protein quality evaluation: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation.*

Flores, Á., & Pinzas, P. (2024). Prefactibilidad para la instalación de una planta productora de galletas proteicas a base de harina de grillo (*Acheta domesticus*). *Universidad de Lima, Perú.*

Food Technology Corporation. (s. f.). *Glosario: Terminología de la textura de los alimentos | Food Technology Corporation (FTC) | Analizadores de textura.*

https://www.foodtechcorp.com/glossary?utm_source=chatgpt.com. Recuperado 20 de octubre de 2025, de https://www.foodtechcorp.com/glossary?utm_source=chatgpt.com

Gil, D. D. (2010, diciembre 8). *Los aminoácidos y dónde encontrarlos (III)*. Vitónica.
<https://www.vitonica.com/alimentos-funcionales/los-aminoacidos-y-donde-encontrarlos-iii>

Gobbi, F. P. (2012). *Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de Hermetia illucens (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa*. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/28345>

Gómez, A. (2019). *Bioquímica metabólica segundo parcial—Bioquímica metabólica* Alberto Gómez Esteban 1º Medicina—Studocu (1º edición).
<https://www.studocu.com/es/document/universidad-ceu-san-pablo/bioquimica-metabolica/bioquimica-metabolica-segundo-parcial/8164146>

González, C. M., Garzón, R., & Rosell, C. M. (2019). Insectos como ingredientes para productos de panadería. Un estudio comparativo *H. illucens*, *A. domesticus* y *T. molitor* harinas. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 51, 205-210.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021>

Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos. Segunda Edición*, 537.

Hunter lab. (2002). *Medir el color de las galletas | Espectrofotómetros para galletas*.
<https://www.hunterlab.com/en/industries/food/snack-foods/measuring-the-color-of-cookies/>

Hussain, S., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Ibraheem, M. A., Qasem, A. A. A., Shamlan, G., & Ababtain, I. A. (2022). Dough Performance and Quality Evaluation of Cookies Prepared from Flour Blends Containing Cactus (Opuntia

ficus-indica) and Acacia (Acacia seyal) Gums. *Molecules*, 27(21), 7217.
<https://doi.org/10.3390/molecules27217217>

INIA, E. E. A. A.-Cusco. (2004). *Trigo harinero INIA 403—Moray*.
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/688>

INS, Ci. N. de S. E. (2017). *TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS*.
<https://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14196/1034/tablas-peruanas-QR.pdf>

Institute of Medicine, Food and Nutrition Board, & National Academy Press. (2002). Dietary Referente Intakes for Energy, Carbohydrat, Fiber, Fat, Fatty Acids Choisterol, Proteín and amino Acids. *Washington, D. C.*

Jara, D. A., Barrios, D. M. L., Gamarra, G. M. S., Romero, J. L. Y., & Girao, L. S. M. (2019). *GALLETAS ALTAS EN PROTEINAS A BASE DE GRILLO*. 259.
https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/222e7911-8539-4b3d-8a86-6d35e69ed98b/content?utm_source=.com

Jaramillo, M. G., Valencia, N. R., & Machado, P. B. (2019). *USO POTENCIAL DE Hermetia illucens (LINNAEUS)*.

Jongema. (2012, agosto 14). *List of edible insects of the world (April 1, 2017)*. WUR.
<https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm>

Juárez Vilca, S. M., & Quispe Aviles, M. K. (2016). *ACEPTABILIDAD Y EVALUACIÓN PROTEICA DE GALLETAS INTEGRALES ELABORADAS CON HARINA DE CAÑIHUA (Chenopodium pallidicaule), LACTOSUERO Y SALVADO DE*

TRIGO. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/cba6c442-0fe7-4280-a499-46a581e14cb8/content>

Klerks, M., Román, S., & Sánchez-Siles, L. (2023). Baby, children, and adult biscuits. Differences in nutritional quality and naturalness. *Food Science & Nutrition*, 11(12), 7946-7956. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3711>

Larraín, J. D., Boj, C. G., Pérez, M. D., Revilla, V. M., Vergara, C. U., & Leiton, E. A. (2018). Prospectivas del mercado mundial de la avena para consumo humano. *Ministerio de Agricultura Oficina de Estudios y Políticas Agrarias*, 108.

Latam, A. (2022, septiembre 27). Las proteínas de insectos para el consumo humano. *Ingredientes Latam*. <https://www.ingredienteslatam.com/2022/09/27/las-proteinas-de-insectos-para-el-consumo-humano/>

León, M. (2006). Proteínas en nutrición artificial. *Unidad de Nutricion Clinica*, 21.

Lezcano, E. (s. f.). Materias primas y proceso de elaboración—Alimentos Argentinos. *Subsecretaria de Alimentos y Bebidas*. Recuperado 28 de junio de 2023, de <https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=7>

López, M., Méndez-Montalvo, G., Velazquez, G., Perales-Torres, A., & Santiago-Adame, R. (2021). *Effect of adding pineapple (Ananas comosus) flour on the sensory and textural properties of wheat flour (Triticum aestivum) cookies*. 20(3).

Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). *State-of-the-art on use of insects as animal feed*. 197, 1-33. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840114002326?via%3Dihub>

Maldonado, R. (2000). *Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde*. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000400011

Manley, D. J. R. 1938-9041, & Gonzales. (1989). *Tecnología de la industria galletera: Galletas, crackers y otros horneados un tratado extenso, orientado principalmente hacia las técnicas de control de procesos* /. Zaragoza : Acribia,.

Manual agropecuario. (2002). *Manual agropecuario: Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente*. Hogares Juveniles Campesinos.

https://scholar.google.com/scholar_lookup?q=Manual+agropecuario%3A+Tecnologias+org%C3%A1nicas+de+la+granja+integral+++autosuficiente.

Marquina, E. (2016). *Base de datos de alimentos, Badali. Participacion en proyectos general y estudio del grupo de los cereales*.

Mendel, L., Osborne, T., & Ferry, L. (1919). *A method of expressing numerically the growth promoting value proteins*.

[https://books.google.com.pe/books?id=hFB6FsfB3IoC&pg=PA181&lpg=PA181&dq=Osborne+TB,+Mendel+LB,+Ferry+EL+\(1919\)+A+method+of+expressing+numerically+the+growth+promoting+value+proteins.+J.+Biol.+Chem.+37:+223-229.&source=bl&ots=HOyA5XRQFI&sig=ACfU3U160BMA08UoUFWgKbFBkJ2tMUAlkg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi2q-mL_v3_AhXhIrkGHScWAPEQ6AF6BAGWEAM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=hFB6FsfB3IoC&pg=PA181&lpg=PA181&dq=Osborne+TB,+Mendel+LB,+Ferry+EL+(1919)+A+method+of+expressing+numerically+the+growth+promoting+value+proteins.+J.+Biol.+Chem.+37:+223-229.&source=bl&ots=HOyA5XRQFI&sig=ACfU3U160BMA08UoUFWgKbFBkJ2tMUAlkg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi2q-mL_v3_AhXhIrkGHScWAPEQ6AF6BAGWEAM#v=onepage&q&f=false)

Merchancano R., J. D., Castro Rincón, E., Hernández Oviedo, F., Portillo López, P. A., & Cadena Pastrana, Á. M. (2022). *Cultivo y ensilaje de avena (Avena sativa L.) en el trópico alto del departamento de Nariño (Primera)*. Corporación Colombiana

de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405156>

MIDRAGI. (2019). Cultivo de Avena. *Ministerio de Agricultura y Riego*.

<http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/286>

Miller, D., & Shanthi, S. (1997). *Phytates and their influence on the bioavailability of minerals*. 1-44.

MINSA. (2010). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería. *RM N° 1020-2010/MINSA.*, *Ira. Edicion, 2010*, 51.

http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/NORMA%20DE%20PANADERIA_S.pdf

MINSA, 1997. TABLAS PERUANAS DE COMPOSICION DE ALIMENTOS. (2009).

Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud.

Moreno, R. (2000). *Nutrición y dietética para tecnólogos de alimentos* (1.^a ed.). Dias de Santo. <https://www.edittiazdesantos.com/libros/moreno-rojas-rafael-nutricion-y-dietetica-para-tecnologos-de-alimentos-L03004650101.html>

Muñoz, L. M. M., & Parada, M. S. P. (2022). Definicion de las condiciones de operacion para la produccion de larva de mosca soldado negra (Hermetia Illucens). *FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA*, 92.

Naciones Unidas. (2015). *Transformando nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible | Departamento de Asuntos Económicos y Sociales*.

<https://sdgs.un.org/2030agenda>

Najjar, Z., Alkaabi, M., Alketbi, K., Stathopoulos, C., & Ranasinghe, M. (2022). Physical Chemical and Textural Characteristics and Sensory Evaluation of Cookies Formulated with Date Seed Powder. *Foods*, 11(3), 305.

<https://doi.org/10.3390/foods11030305>

Navarro, M. V. (2016, febrero 12). *Los insectos como fuentes de proteína y otros nutrientes*. Engormix. <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/los-insectos-como-fuentes-t33131.htm>

Newton, L., Sheppard, G., Watson, D. wes, & Burtle, G. (2005). USING THE BLACK SOLDIER FLY, *Hermetia illucens*, AS A VALUE-ADDED TOOL FOR THE MANAGEMENT OF SWINE MANURE. *DIRECTOR OF THE ANIMAL AND POULTRY WASTE MANAGEMENT CENTER, NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, RALEIGH, NC*, 2-3, 17.

NORMA DE PANADERIAS.pdf. (s. f.). Recuperado 5 de febrero de 2022, de http://www.digesa.minsa.gob.pe/orientacion/NORMA%20DE%20PANADERIA_S.pdf

NTP. (1981). Norma técnica peruana de galletas (Galletas Requisitos. *NTP 206.001.1981, Revisada el 2011*. <https://library.co/article/norma-t%C3%A9cnica-peruana-de-galletas-galletas-requisitos.zwvl71lq>

NTP 209.652. (s. f.). *NTP 209.652:2017 Alimentos Envasados. Etiquetado Nutricional (3 Edicion, 29/03/2017) | PDF*. Scribd. Recuperado 29 de octubre de 2025, de <https://es.scribd.com/document/389330468/NTP-209-652-2017-Alimentos-envasados-Etiquetado-nutricional-3-edicion-29-03-2017>

Oller, A. F. (2021). *Ficha de Materia Prima: Harina de insectos*. nutriNews, la revista de nutrición animal. <https://nutrinews.com/ficha-de-materia-prima-harina-de-insectos/>

ONU. (2024). *La población mundial aumentará en 1.000 millones para 2030 | Naciones Unidas*. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/desa/world-population-prospects-2017>

Ortega, M., & Barboza, Y. (2016). Formulación y evaluación de una galleta elaborada con avena, linaza y pseudofruto del cauji como alternativa de un alimento funcional. *UNIVERSIDAD DEL ZULIA, 16*.

Pascon, G., Galafat Díaz, A., Vizcaíno, A. J., Cardinaletti, G., Alarcón, F. J., & and Tulli, F. (2024). Effect of chitin level on the in vitro protein bioaccessibility in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Italian Journal of Animal Science*, 24(1), 947-959. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2487179>

PNAEQW, P. N. D. A. E. Q. W. (2024). *GALLETAS*.
<https://info.qaliwarma.gob.pe/datpub/uop/preppub/2025/28-GALLETAS.pdf?v=1.0>

Pulido, V., González, C., Tapia, T., & Celis, X. (2020). Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro. *ResearchGate*.
https://www.researchgate.net/publication/343567831_Insectos_Recursos_del_pasado_que_podrian_ser_una_solucion_nutricional_para_el_futuro_Insects_Resources_from_the_Past_that_Could_Be_a_Nutrition_Solution_for_The_Future

Raheem, D. (2018). *Consumo tradicional y cría de insectos comestibles en África, Asia y Europa: Revisiones críticas sobre ciencia de los alimentos y nutrición: Vol. 59*,

n.º 14—Obtener acceso.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2018.1440191>

Ramos, J. R., Pino, J. M., & Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3), 291-318.

Ramos, M. (2023). *Proteínas y Aminoácidos*. Blog de Fitness, Nutrición, Salud y Deporte | Blog HSN. <https://www.hsnstore.com/blog/nutricion/proteinas/aminoacidos/>

Reátegui, J., Barriga, X., Obando, A., Moscoso, G., Manrique, P., & Salazar, I. (2020). Harina de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de *Cavia porcellus* (Cuy): efecto en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 513-519.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.06>

Reátegui, J., & et.al. (2020, mayo 10). *Harina de larva de Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de Cavia porcellus (Cuy): Efecto en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia*

[<Https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3171/3883>].

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3171/3883>.

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3171/3883>

Reglamento (UE) 2015/2283, Pub. L. No. 2015/2283, 327 OJ L (2015).

<http://data.europa.eu/eli/reg/2015/2283/oj/spa>

Rivera, J., & Carbonell, F. (2020). Los insectos comestibles del Perú: Biodiversidad y perspectivas de la entomofagia en el contexto peruano. *Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Fondo Editorial Universitario. Tacna, Perú.*, 27, 5-36. file:///C:/Users/51983/Downloads/editorcyd,+1.+DOI_Art%C3%ADculo_revisi%C3%B3n_Los+insectos+comestibles+del+Per%C3%AD+Biodiversidad+y+perspectivas+de%20(1).pdf.

Rodríguez, I., Benavides, R., & Marulanda, M. (2023). *Propiedades físicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con mezcla de trigo, avena y quinua.*

https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/12242.

Rosenthal, A. (2016). (PDF) *Food Texture: Measurement and Perception*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/277769099_Food_Texture_Measurement_and_Perception

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>

Sanchez, M. (2011). *Composicion bromatologica Hermetia illucens*.

Singh, A., & Kumari, K. (2019). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. *Journal of Environmental Management*, 251, 109569. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>

Spindola, N., Carvalho, A., da Silva Noda, K., de Farias, B. S., Dutra Brizio, A. P., Sibelete, S. F., & Guimarãe, V. (2025). Effect of Defatting Method on the

Nutritional, Functional, and Bioactive Properties of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae. *Insects*, 16(8), 844. <https://doi.org/10.3390/insects16080844>

TAS 8202-2017, T. A. S. (s. f.). *Boa Práticas Na Produção de Grilos | PDF | Agriculture | Hygiene*. Recuperado 28 de octubre de 2025, de https://es.scribd.com/document/729303215/Boa-Praticas-Na-Producao-de-Grilos?utm_source=.com

Toledo Vásquez, D. L. (2016). *Evaluación de la calidad proteica de la formulación de harinas de soya (GLICYNE MAX), avena (AVENA SATIVA L) y trigo (TRITICUM AESTIVUM L) (1:1:2) y su efecto sobre la recuperación de la desnutrición proteica inducida en ratas albinas (RATTUS NORVEGICUS)*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1862>

Tyshko, N., Zhminchenko, V., Nikitin, N., & Trebukh, M. (2021). *Comprehensive studies of Hermetia illucens larvae protein's biological value*. https://www.voprosy-pitaniya.ru/en/jarticles_diet/914.html?SSr=250134660117fffffff27c__07e50c01111902-6b3e

UNS, U. N. del S. (2020). *Nutricion y Planificacion: Score-quimico*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/bioquimica/score-quimico-compress/38630655>

van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c7851ad8-1b4b-4917-b1a1-104f07ab830d/content>

WHO, W. H. O., UNU, U. N. U., & UNCF, U. N. C. F. (2001). *Iron Deficiency Anaemia Assessment, Prevention, and Control A guide for programme managers.*

[https://cdn.who.int/media/docs/default-source/2021-dha-](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/2021-dha-docs/ida_assessment_prevention_control.pdf)

[docs/ida_assessment_prevention_control.pdf](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/2021-dha-docs/ida_assessment_prevention_control.pdf)

Yi, C. J., Hu, J., & Wang, G. (2019). Evaluation of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as an alternative protein ingredient for juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) diets | Request PDF. *ResearchGate*.

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.023>

Zaragozano, F. (2017). *Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional?*

<https://scielo.isciii.es/pdf/sm/v74n1/1887-8571-sm-74-01-00041.pdf>

Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K., & Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77, 460-466. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>

APENDICES

APENDICE 1

Análisis del Score Químico Teórico de la siete Formulaciones de Galletas elaboradas con harinas de avena y larva Hermetia illucens

TABLA 1.1

Score Químico Teórico de la Formulación 1

INSUMOS	CANT.	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		%	Gr	%	Gr	%	gr	%	Gr	%	gr	%	Gr
Harina de trigo	25.00	359	89.75	10.8	2.70	10.5	2.63	2	0.50	74.8	18.70	0.4	0.10	1.5	0.38
Hojuela de avena	15.00	359	53.85	7.35	1.10	15.63	2.34	6.38	0.96	58.99	8.85	1.42	0.21	10.23	1.53
Harina de <i>Hermetia i.</i>	10.00	330	33.00	6.3	0.63	40	4.00	18.5	1.85	17.1	1.71	17.7	1.77	0.4	0.04
Leche en polvo	3.69	484	17.86	3.9	0.14	27	1.00	26.1	0.96	36.1	1.33	6.9	0.25	0	-
Polvo de hornear	0.37	200	0.74	0	-	0	-	0	-	50	0.19	0	-	0	-
Sal	0.28	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de sodio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de amonio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Agua	15.83	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Margarina	3.18	720	22.90	16	0.51	0.6	0.02	81	2.58	0.5	0.02	1.3	0.04	0	-
Azucar	9.23	384	35.44	0.6	0.06	0	-	0	-	99.2	9.16	4.6	0.42	0	-
Esencia vainilla	5.65														
Huevo	9.22	156	14.38	72.2	6.66	12.7	1.17	11.1	1.02	0	-	1.1	0.10	1.1	0.10
Glucosa	2.22	171	3.80	0	-	0	-	0	-	42.4	0.94	1	0.02	1	0.02
Lecitina	0.05	750	0.38	0	-	0	-	83	0.04	0	-	0	-	0	-
TOTAL	100.00		272.09		11.80		11.16		7.91		40.89		2.93		2.07

Cálculos posteriores al proceso de horneado para la Formulación 1

INSUMOS	CANTIDAD	ENERGÍA		AGUA		PROTEÍNA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%
Alimento Instantáneo	100.00	426.51	426.51	4.00	4.00	17.03	17.03	12.08	12.08	62.42	62.42	4.47	4.47	3.16	3.16

TABLA 1.2

Score Químico Teórico de la Formulación 2

INSUMOS	CANT.	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		%	Gr	%	Gr	%	gr	%	Gr	%	gr	%	Gr
Harina de trigo	25.00	359	89.75	10.8	2.70	10.5	2.63	2	0.50	74.8	18.70	0.4	0.10	1.5	0.38
Hojuela de avena	10.00	359	35.90	7.35	0.74	15.63	1.56	6.38	0.64	58.99	5.90	1.42	0.14	10.23	1.02
Harina de insecto	15.00	512	76.80	6.3	0.95	40	6.00	18.5	2.78	17.1	2.57	17.7	2.66	0.4	0.06
Leche en polvo	3.69	484	17.86	3.9	0.14	27	1.00	26.1	0.96	36.1	1.33	6.9	0.25	0	-
Polvo de hornear	0.37	200	0.74	0	-	0	-	0	-	50	0.19	0	-	0	-
Sal	0.28	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de sodio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de amonio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Agua	15.83	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Margarina	3.18	720	22.90	16	0.51	0.6	0.02	81	2.58	0.5	0.02	1.3	0.04	0	-
Azucar	9.23	384	35.44	0.6	0.06	0	-	0	-	99.2	9.16	4.6	0.42	0	-
Esencia vainilla	5.65														
Huevo	9.22	156	14.38	72.2	6.66	12.7	1.17	11.1	1.02	0	-	1.1	0.10	1.1	0.10
Glucosa	2.22	171	3.80	0	-	0	-	0	-	42.4	0.94	1	0.02	1	0.02
Lecitina	0.05	750	0.38	0	-	0	-	83	0.04	0	-	0	-	0	-
TOTAL	100.00		297.94		11.74		12.37		8.52		38.79		3.74		1.58

Cálculos posteriores al proceso de horneado para la Formulación 2

INSUMOS	CANTIDAD	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%
Alimento Instantáneo	100.00	425.80	425.80	4.00	4.00	18.73	18.73	12.89	12.89	58.72	58.72	5.66	5.66	2.39	2.39

TABLA 1.3*Score Químico Teórico de la Formulación 3*

INSUMOS	CANT.	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		%	gr	%	gr	%	gr	%	Gr	%	gr	%	Gr
Harina de trigo	25.00	359	89.75	10.8	2.70	10.5	2.63	2	0.50	74.8	18.70	0.4	0.10	1.5	0.38
Hojuela de avena	12.50	359	44.88	7.35	0.92	15.63	1.95	6.38	0.80	58.99	7.37	1.42	0.18	10.23	1.28
Harina de insecto	12.50	512	64.00	6.3	0.79	40	5.00	18.5	2.31	17.1	2.14	17.7	2.21	0.4	.05
Leche en polvo	3.69	484	17.86	3.9	0.14	27	1.00	26.1	0.96	36.1	1.33	6.9	0.25	0	-
Polvo de hornear	0.37	200	0.74	0	-	0	-	0	-	50	0.19	0	-	0	-
Sal	0.28	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de sodio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de amonio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Agua	15.83	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Margarina	3.18	720	22.90	16	0.51	0.6	0.02	81	2.58	0.5	0.02	1.3	0.04	0	-
Azucar	9.23	384	35.44	0.6	0.06	0	-	0	-	99.2	9.16	4.6	0.42	0	-
Esencia vainilla	5.65														
Huevo	9.22	156	14.38	72.2	6.66	12.7	1.17	11.1	1.02	0	-	1.1	0.10	1.1	0.10
Glucosa	2.22	171	3.80	0	-	0	-	0	-	42.4	0.94	1	0.02	1	0.02
Lecitina	0.05	750	0.38	0	-	0	-	83	0.04	0	-	0	-	0	-
TOTAL	100.00		294.12		11.77		11.77		8.21		39.84		3.33		1.83

Cálculos posteriores al proceso de horneado para la Formulación 3

INSUMOS	CANTIDAD	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%
Alimento Instantáneo	100.00	426.16	426.16	4.00	4.00	17.88	17.88	12.49	12.49	60.56	60.56	5.07	5.07	2.78	2.78

TABLA 1. 4*Score Químico Teórico de la Formulación 4*

INSUMOS	CANT.	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		%	gr	%	gr	%	gr	%	Gr	%	gr	%	Gr
Harina de trigo	22.50	359	80.78	10.8	2.43	10.5	2.36	2	0.45	74.8	16.83	0.4	0.09	1.5	0.34
Hojuela de avena	12.50	359	44.88	7.35	0.92	15.63	1.95	6.38	0.80	58.99	7.37	1.42	0.18	10.23	1.28
Harina de insecto	15.00	512	76.80	6.3	0.95	40	6.00	18.5	2.78	17.1	2.57	17.7	2.66	0.4	0.06
Leche en polvo	3.69	484	17.86	3.9	0.14	27	1.00	26.1	0.96	36.1	1.33	6.9	0.25	0	-
Polvo de hornear	0.37	200	0.74	0	-	0	-	0	-	50	0.19	0	-	0	-
Sal	0.28	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de sodio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de amonio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Agua	15.83	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Margarina	3.18	720	22.90	16	0.51	0.6	0.02	81	2.58	0.5	0.02	1.3	0.04	0	-
Azucar	9.23	384	35.44	0.6	0.06	0	-	0	-	99.2	9.16	4.6	0.42	0	-
Esencia vainilla	5.65														
Huevo	9.22	156	14.38	72.2	6.66	12.7	1.17	11.1	1.02	0	-	1.1	0.10	1.1	0.10
Glucosa	2.22	171	3.80	0	-	0	-	0	-	42.4	0.94	1	0.02	1	0.02
Lecitina	0.05	750	0.38	0	-	0	-	83	0.04	0	-	0	-	0	-
TOTAL	100.00		297.94		11.66		12.50		8.63		38.40		3.77		1.80

Cálculos posteriores al proceso de horneado para la Formulación 4

INSUMOS	CANTIDAD	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%
Alimento Instantáneo	100.00	426.57	426.57	4.00	4.00	18.96	18.96	13.08	13.08	58.24	58.24	5.71	5.71	2.73	2.73

TABLA 1.5

Score Químico Teórico de la Formulación 5

INSUMOS	CANT.	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		%	gr	%	gr	%	gr	%	Gr	%	gr	%	Gr
Harina de trigo	24.17	359	86.77	10.8	2.61	10.5	2.54	2	0.48	74.8	18.08	0.4	0.10	1.5	0.36
Hojuela de avena	11.67	359	41.88	7.35	0.86	15.63	1.82	6.38	0.74	58.99	6.88	1.42	0.17	10.23	1.19
Harina de insecto	14.17	512	72.52	6.3	0.89	40	5.67	18.5	2.62	17.1	2.42	17.7	2.51	0.4	0.06
Leche en polvo	3.69	484	17.86	3.9	0.14	27	1.00	26.1	0.96	36.1	1.33	6.9	0.25	0	-
Polvo de hornear	0.37	200	0.74	0	-	0	-	0	-	50	0.19	0	-	0	-
Sal	0.28	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de sodio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de amonio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Agua	15.83	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Margarina	3.18	720	22.90	16	0.51	0.6	0.02	81	2.58	0.5	0.02	1.3	0.04	0	-
Azucar	9.23	384	35.44	0.6	0.06	0	-	0	-	99.2	9.16	4.6	0.42	0	-
Esencia vainilla	5.65														
Huevo	9.22	156	14.38	72.2	6.66	12.7	1.17	11.1	1.02	0	-	1.1	0.10	1.1	0.10
Glucosa	2.22	171	3.80	0	-	0	-	0	-	42.4	0.94	1	0.02	1	0.02
Lecitina	0.05	750	0.38	0	-	0	-	83	0.04	0	-	0	-	0	
TOTAL	100.00		296.67		11.73		12.21		8.45		39.01		3.61		1.74

Cálculos posteriores al proceso de horneado para la Formulación 5

INSUMOS	CANTIDAD	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%
Alimento Instantáneo	100.00	426.17	426.17	4.00	4.00	18.53	18.53	12.82	12.82	59.17	59.17	5.48	5.48	2.63	2.63

TABLA 1. 6*Score Químico Teórico de la Formulación 6*

INSUMOS	CANT.	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		%	gr	%	gr	%	gr	%	Gr	%	gr	%	Gr
Harina de trigo	20.00	359	71.80	10.8	2.16	10.5	2.10	2	0.40	74.8	14.96	0.4	0.08	1.5	0.30
Hojuela de avena	15.00	359	53.85	7.35	1.10	15.63	2.34	6.38	0.96	58.99	8.85	1.42	0.21	10.23	1.53
Harina de insecto	15.00	512	76.80	6.3	0.95	40	6.00	18.5	2.78	17.1	2.57	17.7	2.66	0.4	0.06
Leche en polvo	3.69	484	17.86	3.9	0.14	27	1.00	26.1	0.96	36.1	1.33	6.9	0.25	0	-
Polvo de hornear	0.37	200	0.74	0	-	0	-	0	-	50	0.19	0	-	0	-
Sal	0.28	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de sodio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de amonio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Agua	15.83	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Margarina	3.18	720	22.90	16	0.51	0.6	0.02	81	2.58	0.5	0.02	1.3	0.04	0	-
Azucar	9.23	384	35.44	0.6	0.06	0	-	0	-	99.2	9.16	4.6	0.42	0	-
Esencia vainilla	5.65														
Huevo	9.22	156	14.38	72.2	6.66	12.7	1.17	11.1	1.02	0	-	1.1	0.10	1.1	0.10
Glucosa	2.22	171	3.80	0	-	0	-	0	-	42.4	0.94	1	0.02	1	0.02
Lecitina	0.05	750	0.38	0	-	0	-	83	0.04	0	-	0	-	0	
TOTAL	100.00		297.94		11.57		12.63		8.74		38.00		3.79		2.02

Cálculos posteriores al proceso de horneado para la Formulación 6

INSUMOS	CANTIDAD	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%
Alimento Instantáneo	100.00	427.33	427.33	4.00	4.00	19.20	19.20	13.28	13.28	57.76	57.76	5.76	5.76	3.07	3.07

TABLA 1. 7

Score Químico Teórico de la Formulación 7

INSUMOS	CANT.	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		%	gr	%	gr	%	gr	%	Gr	%	gr	%	Gr
Harina de trigo	22.50	359	80.78	10.8	2.43	10.5	2.36	2	0.45	74.8	16.83	0.4	0.09	1.5	0.34
Hojuela de avena	15.00	359	53.85	7.35	1.10	15.63	2.34	6.38	0.96	58.99	8.85	1.42	0.21	10.23	1.53
Harina de insecto	12.50	512	64.00	6.3	0.79	40	5.00	18.5	2.31	17.1	2.14	17.7	2.21	0.4	0.05
Leche en polvo	3.69	484	17.86	3.9	0.14	27	1.00	26.1	0.96	36.1	1.33	6.9	0.25	0	-
Polvo de hornear	0.37	200	0.74	0	-	0	-	0	-	50	0.19	0	-	0	-
Sal	0.28	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de sodio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de amonio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Agua	15.83	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Margarina	3.18	720	22.90	16	0.51	0.6	0.02	81	2.58	0.5	0.02	1.3	0.04	0	-
Azucar	9.23	384	35.44	0.6	0.06	0	-	0	-	99.2	9.16	4.6	0.42	0	-
Esencia vainilla	5.65														
Huevo	9.22	156	14.38	72.2	6.66	12.7	1.17	11.1	1.02	0	-	1.1	0.10	1.1	0.10
Glucosa	2.22	171	3.80	0	-	0	-	0	-	42.4	0.94	1	0.02	1	0.02
Lecitina	0.05	750	0.38	0	-	0	-	83	0.04	0	-	0	-	0	
TOTAL	100.00		294.12		11.68		11.89		8.32		39.45		3.36		2.05

Cálculos posteriores al proceso de horneado para la Formulación 7

INSUMOS	CANTIDAD	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%
Alimento Instantáneo	100.00	426.92	426.92	4.00	4.00	18.12	18.12	12.68	12.68	60.09	60.09	5.12	5.12	3.12	3.12

TABLA 1.8*Score Químico Teórico de la Muestra Patrón*

INSUMOS	CANT.	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		%	gr	%	gr	%	gr	%	Gr	%	gr	%	Gr
Harina de trigo	40.00	359	143.60	10.8	4.32	10.5	4.20	2	0.80	74.8	29.92	0.4	0.16	1.5	0.60
Hojuela de avena	10.00	359	35.90	7.35	0.74	15.63	1.56	6.38	0.64	58.99	5.90	1.42	0.14	10.23	1.02
Harina de <i>Hermetia i.</i>	-	512	-	7	-	36	-	26	-	23	-	8.5	-	4.5	-
Leche en polvo	3.69	484	17.86	3.9	0.14	27	1.00	26.1	0.96	36.1	1.33	6.9	0.25	0	-
Polvo de hornear	0.37	200	0.74	0	-	0	-	0	-	50	0.19	0	-	0	-
Sal	0.28	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de sodio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bicarbonato de amonio	0.14	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Agua	15.83	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Margarina	3.18	720	22.90	16	0.51	0.6	0.02	81	2.58	0.5	0.02	1.3	0.04	0	-
Azucar	9.23	384	35.44	0.6	0.06	0	-	0	-	99.2	9.16	4.6	0.42	0	-
Esencia vainilla	5.65														
Huevo	9.22	156	14.38	72.2	6.66	12.7	1.17	11.1	1.02	0	-	1.1	0.10	1.1	0.10
Glucosa	2.22	171	3.80	0	-	0	-	0	-	42.4	0.94	1	0.02	1	0.02
Lecitina	0.05	750	0.38	0	-	0	-	83	0.04	0	-	0	-	0	
TOTAL	100.00		274.99		12.42		7.95		6.04		47.45		1.15		1.75

Cálculos posteriores al proceso de horneado para la Muestra Patrón

INSUMOS	CANTIDAD	ENERGIA		AGUA		PROTEINA		GRASA		CARBOHIDRATOS		CENIZAS		FIBRA	
		Kcal		Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%	Gramos	%
Alimento Instantáneo	100.00	423.30	423.30	4.00	4.00	12.19	12.19	9.27	9.27	72.78	72.78	1.76	1.76	2.68	2.68

APENDICE 2

*Análisis del Score Químico Teórico de la siete Formulaciones de Galletas elaboradas con harinas de avena y larva *Hermetia illucens**

Materia Prima	Cantidad (%)	Proteína (g/100 g)	Proteína (g)	N2	ISOL.	LEU.	LIS.	MET+CIST.	FENIL+TIR.	TREO.	TRIP.	VALINA
Harina de Trigo	50	10.50	5.25	0.84	3.53	5.71	2.18	3.11	6.89	2.35	1.01	4.37
Hoja de Avena	30	15.63	4.69	0.75	3.64	6.62	3.57	3.57	7.47	2.99	1.16	4.81
Harina de <i>Hermetia I.</i>	20	40	8	1.28	6.53	10.11	8.45	2.82	15.49	4.74	0.64	10.50
TOTAL	100	66.13	17.94	2.87	13.69	22.45	14.20	9.50	29.85	10.07	2.80	19.67
Aminoácidos (g/100 g) por g de nitrógenos				4.77	7.821	4.95	3.31	10.40	3.51	0.98	6.85	
Patrón de aa - (g/100 g de N)				2.5	5.50	5.10	2.50	4.70	2.70	0.70	3.2	
COMPUTO AMINOACIDICO				1.91	1.42	0.97	1.32	2.21	1.30	1.40	2.14	

BENEFICIOSO: rango de calificación 1>= 1 & **DEFICIENTE:** rango de calificación <1

Computo Aminoacídico de Formulación 2

Materia Prima	Cantidad (%)	Proteína (g/100 g)	Proteína (g)	N2	ISOL.	LEU.	LIS.	MET+CIST.	FENIL+TIR.	TREO.	TRIP.	VALINA
Harina de Trigo	50.00	10.50	5.25	0.84	3.53	5.71	2.18	3.11	6.89	2.35	1.01	4.37
Hoja de Avena	20.00	15.63	3.13	0.50	2.43	4.42	2.38	2.38	4.98	1.99	0.77	3.21
Harina de <i>Hermetia I.</i>	30.00	36.00	10.80	1.73	8.81	13.65	11.40	3.80	20.91	6.39	0.86	14.17
TOTAL	100.00	62.13	19.18	3.07	14.77	23.78	15.97	9.29	32.78	10.74	2.64	21.74
Aminoacidos (g/100 g) por g de nitrógenos				4.81	7.75	5.20	3.03	10.68	3.50	0.86	7.09	
Patrón de aa - (g/100 g de N)				2.50	5.50	5.10	2.50	4.70	2.70	0.70	3.20	
COMPUTO AMINOACIDICO				1.93	1.41	1.02	1.21	2.27	1.30	1.23	2.21	

BENEFICIOSO: rango de calificación 1>= 1 & **DEFICIENTE:** rango de calificación <1

Computo Aminoacídico de Formulación 3

Materia Prima	Cantidad (%)	Proteína (g/100 g)	Proteína (g)	N2	ISOL.	LEU.	LIS.	MET+CIST.	FENIL+TIR.	TREO.	TRIP.	VALINA
Harina de Trigo	50.00	10.50	5.25	0.84	3.53	5.71	2.18	3.11	6.89	2.35	1.01	4.37
Hoja de Avena	25.00	15.63	3.91	0.63	3.03	5.52	2.98	2.98	6.23	2.49	0.96	4.01
Harina de Hermetia I.	25.00	36.00	9.00	1.44	7.34	11.38	9.50	3.17	17.42	5.33	0.72	11.81
TOTAL	100.00	62.13	18.16	2.91	13.90	22.61	14.66	9.25	30.54	10.17	2.69	20.18
Aminoacidos (g/100 g) por g de nitrogenos					4.79	7.78	5.05	3.18	10.51	3.50	0.93	6.95
Patrón de aa - (g/100 g de N)					2.50	5.50	5.10	2.50	4.70	2.70	0.70	3.20
COMPUTO AMINOACIDICO					1.91	1.41	0.99	1.27	2.24	1.30	1.32	2.17

BENEFICIOSO: rango de calificación 1>= 1

DEFICIENTE: rango de calificación <1

Computo Aminoacídico de Formulación 4

Materia Prima	Cantidad (%)	Proteína (g/100 g)	Proteína (g)	N2	ISOL.	LEU.	LIS.	MET+CIST.	FENIL+TIR.	TREO.	TRIP.	VALINA
Harina de Trigo	45.00	10.50	4.73	0.76	3.18	5.14	1.97	2.80	6.20	2.12	0.91	3.93
Hoja de Avena	25.00	15.63	3.91	0.63	3.03	5.52	2.98	2.98	6.23	2.49	0.96	4.01
Harina de Hermetia I.	30.00	36.00	10.80	1.73	8.81	13.65	11.40	3.80	20.91	6.39	0.86	14.17
TOTAL	100.00	62.13	19.43	3.11	15.02	24.31	16.35	9.57	33.33	11.00	2.73	22.11
Aminoacidos (g/100 g) por g de nitrogenos					4.83	7.82	5.26	3.08	10.72	3.54	0.88	7.11
Patrón de aa - (g/100 g de N)					2.50	5.50	5.10	2.50	4.70	2.70	0.70	3.20
COMPUTO AMINOACIDICO					1.93	1.42	1.03	1.23	2.28	1.31	1.26	2.22

BENEFICIOSO: rango de calificación 1>= 1

DEFICIENTE: rango de calificación <1

Computo Aminoacídico de Formulación 5

Materia Prima	Cantidad (%)	Proteína (g/100 g)	Proteína (g)	N2	ISOL.	LEU.	LIS.	MET+CIST.	FENIL+TIR.	TREO.	TRIP.	VALINA
Harina de Trigo	48.34	10.50	5.08	0.81	3.41	5.52	2.11	3.00	6.66	2.27	0.97	4.22
Hoja de Avena	23.33	15.63	3.65	0.58	2.83	5.15	2.78	2.78	5.81	2.32	0.90	3.74
Harina de Hermetia I.	28.33	36.00	10.20	1.63	8.32	12.89	10.77	3.59	19.74	6.04	0.82	13.38
TOTAL	100.00	62.13	18.92	3.03	14.56	23.57	15.66	9.37	32.22	10.63	2.69	21.34
Aminoacidos (g/100 g) por g de nitrogenos				4.81	7.78	5.17	3.10	10.64	3.51	0.89	7.05	
Patrón de aa - (g/100 g de N)				2.50	5.50	5.10	2.50	4.70	2.70	0.70	3.20	
COMPUTO AMINOACIDICO				1.92	1.42	1.01	1.24	2.26	1.30	1.27	2.20	

BENEFICIOSO: rango de calificación 1>= 1

DEFICIENTE: rango de calificación <1

Computo Aminoacídico de Formulación 6

Materia Prima	Cantidad (%)	Proteína (g/100 g)	Proteína (g)	N2	ISOL.	LEU.	LIS.	MET+CIST.	FENIL+TIR.	TREO.	TRIP.	VALINA
Harina de Trigo	40.00	10.50	4.20	0.67	2.82	4.57	1.75	2.49	5.51	1.88	0.81	3.49
Hoja de Avena	30.00	15.63	4.69	0.75	3.64	6.62	3.57	3.57	7.47	2.99	1.16	4.81
Harina de Hermetia I.	30.00	36.00	10.80	1.73	8.81	13.65	11.40	3.80	20.91	6.39	0.86	14.17
TOTAL	100.00	62.13	19.69	3.15	15.27	24.85	16.72	9.86	33.89	11.26	2.83	22.47
Aminoacidos (g/100 g) por g de nitrogenos				4.85	7.89	5.31	3.13	10.76	3.57	0.90	7.13	
Patrón de aa - (g/100 g de N)				2.50	5.50	5.10	2.50	4.70	2.70	0.70	3.20	
COMPUTO AMINOACIDICO				1.94	1.43	1.04	1.25	2.29	1.32	1.28	2.23	

BENEFICIOSO: rango de calificación 1>= 1

DEFICIENTE: rango de calificación <1

Computo Aminoacídico de Formulación 7

Materia Prima	Cantidad (%)	Proteína (g/100 g)	Proteína (g)	N2	ISOL.	LEU.	LIS.	MET+CIST.	FENIL+TIR.	TREO.	TRIP.	VALINA
Harina de Trigo	45.00	10.50	4.73	0.76	3.18	5.14	1.97	2.80	6.20	2.12	0.91	3.93
Hoja de Avena	30.00	15.63	4.69	0.75	3.64	6.62	3.57	3.57	7.47	2.99	1.16	4.81
Harina de Hermetia I.	25.00	36.00	9.00	1.44	7.34	11.38	9.50	3.17	17.42	5.33	0.72	11.81
TOTAL	100.00	62.13	18.41	2.95	14.16	23.14	15.04	9.54	31.10	10.43	2.78	20.55
Aminoacidos (g/100 g) por g de nitrogenos				4.81	7.85	5.11	3.24	10.55	3.54	0.94	6.97	
Patrón de aa - (g/100 g de N)				2.50	5.50	5.10	2.50	4.70	2.70	0.70	3.20	
COMPUTO AMINOACIDICO				1.92	1.43	1.00	1.29	2.25	1.31	1.35	2.18	

BENEFICIOSO: rango de calificación 1>= 1

DEFICIENTE: rango de calificación <1

Computo Aminoacídico de Formulación Muestra patrón (MP)

Materia Prima	Cantidad (%)	Proteína (g/100 g)	Proteína (g)	N2	ISOL.	LEU.	LIS.	MET+CIST.	FENIL+TIR.	TREO.	TRIP.	VALINA
Harina de Trigo	80.00	10.50	8.40	1.34	5.64	9.14	3.49	4.97	11.02	3.76	1.61	6.99
Hoja de Avena	20.00	15.63	3.13	0.50	2.43	4.42	2.38	2.38	4.98	1.99	0.77	3.21
Harina de Hermetia I.	0.00	36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	100.00	62.13	11.53	1.84	8.07	13.56	5.88	7.35	16.00	5.75	2.38	10.19
Aminoacidos (g/100 g) por g de nitrogenos				4.38	7.35	3.19	3.99	8.68	3.12	1.29	5.53	
Patrón de aa - (g/100 g de N)				2.50	5.50	5.10	2.50	4.70	2.70	0.70	3.20	
COMPUTO AMINOACIDICO				1.75	1.34	0.62	1.59	1.85	1.16	1.85	1.73	

BENEFICIOSO: rango de calificación 1>= 1

DEFICIENTE: rango de calificación <1

APENDICE 3

Balance de Masa del proceso de obtención de harina de larva Hermetia illucens.

Etapa del proceso	Entrada (kg)	Salida (kg)	Pérdida estimada (Kg)	Descripción
Recepción	10.000	10.000	0.00	Larva deshidratada recibida
Selección manual	10.000	9.845	0.155	Remoción de impurezas y residuos
Molienda 1 (manual)	9.845	9.058	0.787	Obtención de harina integral
Desgrasado (prensa)	9.058	7.971	1.087	Pérdida por extracción de grasa
Secado solar	7.971	7.931	0.04	Eliminación leve de humedad
Molienda 2 (licuadora)	7.931	7.870	0.061	Molienda fina previa al tamizado
Tamizado	7.870	7.852	0.018	Separación por tamaño de partícula
↳ Harina fina (0.063 mm)		1.990		Fracción más fina
↳ Harina semi-fina (0.125 mm)		2.170		Fracción de tamaño medio
↳ Salvado (rechazo grueso)		3.692		Fracción no aprovechable para galletas

Entrada total	Salida total (harina + salvado)	Pérdidas totales
10.000 Kg	7.852 Kg	2.148 Kg

Entrada = Salida

Entrada = Salida + perdida

$$10.000 \text{ Kg} = 7.852 + 2.148$$

$$10.000 \text{ kg} = 10.000 \text{ Kg}$$

APENDICE 4

Informe de Análisis Proximal de Harina de Larva Hermetia illucens

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0464-2024-LAQ

SOLICITANTE : RUTH CARINA COLQUE CAILLAHUA

MUESTRA : HARINA DE LARVA Hermetia illucens

FECHA : C/10/10/2024

ANALISIS FISICOQUIMICO:

Humedad %	3,74
Proteína %	32,54
Grasa %	38,80
Ceniza %	15,61
Fibra %	0,36
Carbohidratos %	9,31

Métodos: AOAC 964.22, AOAC 955.04, AOAC 920.39, AOAC 942.05, y AOAC 962.09

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera y J.M. Carrasco Dorrien

Cusco, 14 de Noviembre 2024



APENDICE 5

Informe de Análisis Microbiológico de la Harina de Larva *Hermetia illucens*

INFORME N° 17 AM- LAASA LAB EIRL / 2024

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

SOLICITANTE: Bach. Ruth Carina Colque Caillahua.**PROYECTO:** "Calidad proteica de galletas enriquecidas con adición de hojuelas de avena (*Avena Sativa L*) y harina de larva de insecto *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)"**Facultad de Ingeniería de Procesos – Escuela Profesional de Ingeniería de Procesos
Universidad San Antonio Abad del Cusco- Sede Sicuani.**Muestra: HARINA DESGRASADA DE LARVA (*Hermetia illucens*)

Lugar de Muestreo : Muestra entregada en Laboratorio

Distrito : Sicuani.
 Provincia : Canchis.
 Departamento : Cusco
 Fecha de muestreo :

RESULTADOS

Nº Ref. Laboratorio	Muestra	Numeración Microorg. heterotróficos/g.	E. coli /25g. (44.5 °C)	Staphylococcus aureus /25g.	Salmonella sp./ Ausencia en 25g.	Mohos /25g.
Muestra	Harina de larva	15	0	4	Ausencia en 25g.	43 levaduras

MÉTODO DE ENSAYO	Método Estandarizado por Agotamiento en superficie Método Estandarizado de Fermentación de Tubo Múltiple de Coliformes
-------------------------	---

Cusco, 22 de noviembre del 2024.

MCYM.

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

Bsa. María de Carmen Tello Mayur
BIOLOGA
C.B.P. 8298

APENDICE 6

Informe de Análisis Proximal de la Harina desgrasada de Larva *Hermetia illucens*INFORME DE ENSAYOS N° 4552-2024
PÁGINA 2 DE 2Análisis de Composición Proximal
(Humedad, Proteína, Grasa, Fibra, Ceniza, Carbohidratos, Energía)

LAB	DETERMINACIÓN	HARINA DE LARVA DE INSECTO HERMETIA ILLUCENS Muestra 1.	UNIDADES
FQ	Carbohidratos	17.10	%
FQ	Ceniza	17.2	%
FQ	Energía	266.71	Kcal/100g
FQ	Fibra Cruda	0.40	%
FQ	Grasa	12.52	%
FQ	Humedad	0.35	%
FQ	Proteína (P-6.13)	40.60	%

ABREVIATURAS:

- %
- ISO/IEC
- Expresado en porcentaje
- Kcaloras por 100 gramos

MÉTODOS UTILIZADOS:

Análisis de Composición Proximal
Humedad, Proteína, Grasa, Fibra, Ceniza
Carbohidratos, Energía

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS: : FQ 15/10/2024 al 21/10/2024
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS: : 23/10/2024



Código de Tracció

Fin del Informe

Bego, Miguel Valdivia Martínez
Gerente Técnico

Oficina de la Presidenta - SODILEC

APENDICE 7

Informe de Análisis Proximal de la Harina desgrasada de Larva Hermetia illucens

MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.
LABORATORIO DE ANÁLISIS
AGUAS - SUELOS - MINERALES Y OTROS

INFORME DE ENSAYO_0743/MQAANALISIS DE GALLETA

PROCEDENCIA : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.
 SOLICITANTE : BAÑCH, RUTH CARINA COLQUE CAILLAHUA.
 MOTIVO : ANALISIS DE TEXTURA, COLOR, PROTEINA Y HIERRO.
 MUESTREO : 23/10/2024(por el interesado).
 ANÁLISIS : 24/10/2024.
 LABORATORIO : Aguas y Suelos - MOA

# ORO		PORCENTAJE 100 %			COLORÍMETRO					TEXTURÓMETRO			HIERRO	PROTEINA	
CLAVE DE CAMPO		H. TRIGO %	H. AVENA %	H. LARVA %	l	a	b	z	H	E	mm	ml	E	mg/100g	%
1	F1	50	30	20	52	3.8	29	29.2	82.5	1425.5	0.9	21.07	3.5	5.39	15.87
					52	4.9	30.6	31.0	80.9	1616	0.6	33.1	22.3	5.36	15.80
					45.6	8.3	28.9	30.1	74.0	2098	0.7	52.58	6.5	5.34	15.88
					29.3	4.9	28.9	29.3	80.4	1736	1.4	37.81	32.2	5.33	15.97
					53.3	4.4	30.1	30.4	81.7	2760	0.7	29.37	7.9	5.28	15.79
					43.4	6.3	22.3	23.2	74.2	2389	1.2	30.71	1	5.86	17.71
2	F2	50	20	30	49.7	7.5	24.5	25.6	73.0	2073	0.6	19.35	-1	5.88	17.89
					47.6	7.2	25.2	26.2	74.1	2285	1.3	38.48	1	5.95	17.81
					47.4	8.3	23.1	24.5	70.2	3137.5	0.9	34.55	6	5.92	17.68
					48.3	9.2	24.1	25.8	69.1	2561.5	1	29.45	89.5	5.81	17.78



Jr. Esmeralda N°193 URB -Villa Florida - a una cuadra del local Pergola - Puno

Cel. 973296546 - 918184722



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.

LABORATORIO DE ANÁLISIS

AGUAS - SUELOS - MINERALES Y OTROS

3	F3	50	25	25	45.8	6.3	43	43.5	81.7	1944	1.1	23.2	1.5	5.64	17.07
					49.5	5.7	26.7	27.3	77.9	1945	1	25.83	10.5	5.60	17.07
					53.6	5.3	23.2	23.8	77.1	1607	0.9	37.9	148.5	5.59	17.14
					51.4	4.6	28.8	29.2	80.9	2193	0.8	32.85	218.5	5.65	16.93
					51.5	6.2	21.1	22.0	73.6	2128	0.7	44.29	1	5.67	16.94
4	F4	45	25	30	44	12.9	23.1	26.5	60.8	4450.5	0.6	23.13	10	5.97	17.99
					43.2	7.9	20.7	22.2	69.1	1718.5	0.8	16.76	13	5.88	17.94
					42.9	6.6	19.3	20.4	71.1	3324.5	1.5	34.75	90.5	5.90	18.08
					43.5	12.7	24.9	28.0	63.0	1923.5	1.1	37.19	86.5	5.94	18.10
					43.4	9.4	22.1	24.0	67.0	2068	0.8	16.96	81.5	5.97	17.90
5	F5	48	24	28	45.5	8.1	24	25.3	71.4	2451	1.1	38.38	8.5	5.79	17.77
					46.9	11	23.9	26.3	65.3	3551.5	1	40.2	1.5	5.80	17.61
					47.2	9.9	25.3	27.2	68.6	2087.5	1.9	49.71	557.5	5.75	17.63
					45.6	9.3	22.7	24.5	67.7	2008	1.1	22.01	486.5	5.75	17.49
					47.8	10.1	23.8	25.4	66.6	3344	1.9	38.23	7	5.85	17.57
6	F6	40	30	30	40.5	43.6	19.9	47.9	24.5	3314.5	1	19.1	417.5	6.02	18.29
					39.7	14.5	20.1	24.8	54.2	2567	0.8	24.41	373.5	5.95	18.16
					39.1	5.8	19.7	20.5	73.6	2856.5	1.1	24.79	111	6.00	18.31
					38.8	13.2	18.1	22.4	53.9	3438.5	1	27.19	79.5	5.97	18.22
					40.4	6	18.8	19.7	72.3	2158	1	32.45	15.5	5.92	18.25



Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida - a una cuadra del local Pergola - Puno

Cel. 973296546 - 918184722



**MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
LABORATORIO DE ANÁLISIS
AGUAS - SUELOS - MINERALES Y OTROS**

7	F7	45	30	25	46.7	6.4	26.3	27.1	76.3	1870.5	0.5	31.01	18.5	5.67	17.29
					51.3	7.8	27.8	28.9	74.3	1447.5	2.2	39.05	56	5.73	17.53
					50.5	8.3	29.7	30.8	74.4	2464.5	0.8	17.26	455	5.65	17.35
					45.8	7.3	24.5	25.6	73.4	2175	0.5	22.55	597.5	5.73	17.24
					49.3	6.7	28.6	29.4	76.8	2205	1	45.78	155.5	5.52	17.43
8	PATRON	80	20	0	53.3	9.4	27	28.6	70.6	1758.5	1.2	33.34	337.5	4.14	12.07
					49.5	14.5	26.7	30.4	61.5	1197.5	0.4	14.76	1	4.10	12.21
					53.6	5.8	23.2	23.9	75.7	2262	0.7	44.29	63.5	4.09	11.99
					51.4	13.2	28.8	31.7	65.3	1783	0.6	33.1	198.5	4.10	12.06
					51.5	6	21.1	22	73.9	1659.5	0.9	37.9	4	4.00	12.21

METODOLOGIA		
TEXTURÓMETRO	COLOR	HIERRO
DEF O PEAK: Fracturabilidad. PEAK LOAD: Dureza Velocidad: 3 mm por segundo. Distancia: 5 mm. Fuerza de compresión: 50.0 g	Colorímetro (CIELAB)	Espectrofotometría.

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pérgola - Puno
Cel. 973296546 - 918184722

APENDICE 8

Informe de Análisis Proximal de la Harina desgrasada de Larva *Hermetia illucens*



INFORME N° 18 AM- LAASA LAB EIRL / 2024

ANÁLISIS MICROBIOLOGICO DE ALIMENTOS

SOLICITANTE: Bach. Ruth Carina Colque Caillahua.
PROYECTO: "Calidad proteica de galletas enriquecidas con adición de hojuela de avena (*Avena Sativa L*) y harina de larva de insecto *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)"
Facultad de Ingeniería de Procesos – Escuela Profesional de Ingeniería de Procesos
Universidad San Antonio Abad del Cusco- Sede Sicuani.

Muestra 1: GALLETA ELABORADA

Lugar de Muestreo : Muestra entregada en Laboratorio

Distrito: Sicuani.
Provincia: Canchis.
Departamento: Cusco
Fecha de muestreo: 16/12/2024

RESULTADOS

Nº Ref. Laboratorio	Muestra	Numéricación Microorganismos heterotóficos/g.	E. coli /25g. (44,5 °C)	Staphylococcus aureus /25g.	Salmonella sp./ Aspergillus en 25g.	Moho /25g.
Muestra 1	Galleta	235	0	0	0	15
Límites máximos normativos			3	10	Aspiración en 25g.	100

MÉTODO DE ENSAYO	Método Estandarizado por Agotamiento en superficie Método Estandarizado de Fermentación de Tubo Múltiple de Coliformes
DOCUMENTO DE LA REFERENCIA	NTS N° 071-MINSA-DIGESA-V-01 NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLOGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO, con RM N°591-2008-MINSA. Grupo VIII. Categoría VIII.1. Productos de Panadería y pastelería con o sin relleno y/o cobertura que no requieren refrigeración, como galletas, y panes enriquecidos o fortificados, tostadas, biscoches, galletón, queques, galletitas, ubicadas, otras.

De acuerdo a los resultados de análisis y en el marco de los documentos de referencia, la muestra **Cumple con los ECA (Estándares de Calidad)**, establecidos por el documento de referencia.

Cusco, 22 de diciembre del 2024.

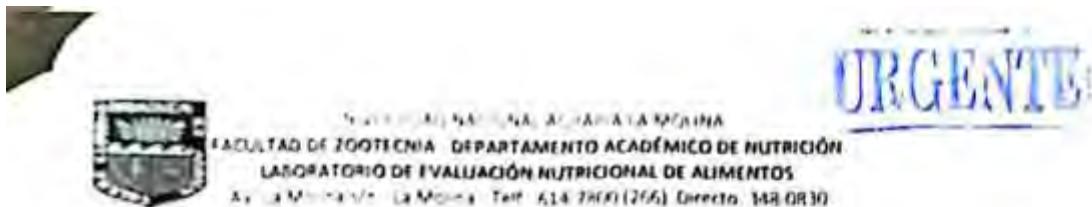
MCYMI

NOTA: Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

Yessica R. Vélez
Bogotá, Colombia
BIOLOGA
C.R.P. #308

APENDICE 9

Informe de Análisis Proximal de la Harina desgrasada de Larva *Hermetia illucens*



A025-0118

RECEIPT NO. 000001

MUESTRA Galleta de jazmín (Hermetia) ~~hermetia~~

CLIENTE: UDS 11

TELE:

www.octopus.ca

CONTINUATION

FECHA DE INGRESO:

150100054405

FECHA PRÓXIMA DE ENTREGA:

18/01/25

ESTRATEGIA

無IPFF

A CUENTA:

SAIBDO

ANÁLISIS GENERAL

Rick 2/10/25
11 360 m
E. 15th

~~-2-1-5~~ 21/01/25
p.LAB 44.500 m


D. A. E. N. A.

15/01/2025 14:05

APENDICE 10

Informe del PER de la galleta elaborada con harina de avena y larva Hermetia illucens



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA-DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

**RESULTADOS FINALES VALOR BIOLÓGICO
INFORME DE ENSAYO N° EB25-0301**

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
MUESTRA: GALLETA DE LARVA (*Hermetia illucens*)

PARAMETRO	DIETA PROBLEMA
Número de animales	10
Peso inicial, (g)	106.03
Peso Final (g)	154.19
Ganancia de peso (g)	48.16
Alimento Consumido (g)	336.07
Materia seca del alimento, (%)	92.80
Nitrógeno en alimento, (%)	1.45
Proteína en el alimento, (%)	9.05
Proteína consumida (g)	30.41
PER	1.58

$$PER = \frac{GP}{PI}$$

GP = Ganancia de peso (g).
PI = Proteína ingerida (g).

Dr. Carlos Vilchez Peralta
Jefe del Laboratorio de Evaluación
Nutricional de Alimentos

1-4 MINRA: 10 de Abril del 2020

APENDICE 11

Informe de NPU de galletas elaboradas con harinas de avena y larva *Hermetia illucens*



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA-DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA
PERUANA"

**RESULTADOS FINALES VALOR BIOLOGICO
INFORME DE ENSAYO N° EB25-0301**

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
MUESTRA: GALLETA DE LARVA (*Hermetia illucens*)

PARÁMETRO	APROTEICA	EXPERIMENTO
Peso inicial, g	85.53	100.41
Peso final, g	68.09	117.83
Granular de peso, g	-17.45	17.42
Consumo del alimento, g	45.31	121.77
Materia Seca del alimento (%)	90.49	92.80
Proteína del Alimento, %	0.40	9.05
Nitrógeno del Alimento (%)	0.06	1.45
Consumo del Nitrógeno, g	0.03	1.76
Peso seco total carcasa, g	25.75	48.75
Proteína de la carcasa, %	52.22	42.46
Nitrógeno en Carcasa, %	8.36	6.79
Materia Seca de carcasa (%)	98.08	97.52
Contenido de Nitrógeno en carcasa, %	2.15	3.31
NPU, %		64.17

$$NPU = \frac{(E - (B_1 + B_2)) \times 100}{I}$$

B₁ = Nitrógeno en la carcasa del grupo que consumió la ración con proteína (g).
 B₂ = Nitrógeno en la carcasa del grupo que consumió la ración a proteína (g).
 I = Nitrógeno consumido por el grupo con proteína (g).
 E = Nitrógeno consumido por el grupo sin proteína (g).

Dr. Carlos Vilchez Perales
Jefe del Laboratorio de Evaluación
Nutricional de Alimentos

La Molina 17-08-Año 2009

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

APENDICE 12

Informe del VB de la galleta elaborada con harinas de avena y larva Hermetia illucens

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

"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA
 PERUANA"

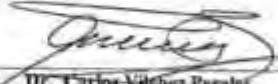
**RESULTADOS FINALES VALOR BIOLOGICO
 INFORME DE ENSAYO N° EB25-0301**

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 MUESTRA: GALLETA DE LARVA (Hermetia illucens)

PARAMETRO	DIETA PROBLEMA
Número de animales	6
Peso Inicial (g)	106.03
Peso Final (g)	117.46
Ganancia de peso (g)	11.43
Alimento Consumido (g)	89.04
Materia seca del alimento, (%)	92.80
Nitrógeno en alimento, (%)	1.45
Nitrógeno consumido (g) - NI	1.16
Promedio de Heces Excretadas, (g)	18.71
Materia seca de heces, (%)	64.86
Nitrógeno en heces, (%)	1.36
Nitrógeno excretado en heces, (g) - NF	0.16
Densidad de la orina	1.01
Promedio de Orina Excretada, (ml)	88.43
Promedio de Orina Excretada, (g)	89.04
Nitrógeno en orina (%)	0.42
Nitrógeno excretado en orina, (g)	0.37
Balance de N (g)	0.63
VALOR BIOLOGICO ap, (%)	62.84

$$VB = \frac{NI(NF-NU) \times 100}{NI-NF}$$

NI = Nitrógeno ingerido por el grupo de animales alimentado con dieta proteica
 NF = Nitrógeno excretado en heces del grupo de animales alimentado con dieta proteica
 NU = Nitrógeno excretado en orina del grupo de animales alimentado con dieta proteica.


 Dr. Carlos Válchez Peralta
 Jefe del Laboratorio de Evaluación
 Nutricional de Alimentos

La Molina, 10 de Abril del 2025

APENDICE 13

Evaluación del PER en ratas alimentadas con la formulación experimental

Parámetro	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	Rata 5	Rata 6	Rata 7	Rata 8	Rata 9	Rata 10	Promed.
Peso inicial (g)	104.75	107.26	110.08	97.91	107.93	108.26	107.63	108.35	101.22	106.88	106.03
Peso Final (g)	153.98	152.73	178.77	139.55	151.11	149.01	155.03	155.25	149.38	157.07	154.19
Ganancia de peso (g)	49.23	45.47	68.69	41.64	43.18	40.75	47.4	46.9	48.16	50.19	48.16
Alimento Consumido (g)	336.24	329.98	397.28	315.62	325.76	311.55	338.56	324.35	337.28	344.06	336.07
Materia seca del alimento %	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8
Nitrógeno en alimento (%)	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Proteína en el alimento (%)	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	9.05
Proteína consumida (g)	30.43	29.86	35.95	28.56	29.48	28.2	30.64	29.35	30.52	31.14	30.41
PER	1.62	1.52	1.91	1.46	1.46	1.45	1.55	1.6	1.58	1.61	1.58

Nota: (ver apéndice 10)

PER: Relación de Eficiencia Proteica

$$PER = \frac{Pg (g)}{Pi (g)}$$

Pg: Ganancia de peso vivo (g)

Pi: Proteína ingerida

Parámetros que se midieron en el laboratorio de la dieta experimental

- Peso inicial (promedio) = 106.03 g
- Peso final (promedio) = 154.19 g
- Alimento consumido (promedio) = 336.07 g
- Materia cerca del alimento (promedio) = 92.8 %
- % proteína en el alimento (promedio) = 9.05 %
- % Nitrógeno en el alimento (promedio) = 9.05/6.25 = 1.45 %

Cálculos:

1. **Ganancia de peso vivo (g) - Pg:** Peso final – Peso inicial

$$Pg = 154.19 \text{ g} - 106.03 \text{ g} = 48.16 \text{ g}$$

2. **Proteína ingerida (g) - Pi:** (% proteína del alimento x Alimento consumido) /100

$$Pi = 336.07 \times \frac{9.05}{100} = 336.07 \times 0.0905 = 30.41 \text{ g}$$

3. **PER:** $\frac{Pg}{Pi} = \frac{48.16 \text{ g}}{30.41 \text{ g}} = 1.58$

RATA 1				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	104.75	10	3.68	6.32
29/01/2025	106.508214	10	2.57	7.43
30/01/2025	108.266429	15	7.32	7.68
31/01/2025	110.024643	15	6.88	8.12
1/02/2025	111.782857	30	11.5	18.5
2/02/2025	113.541071	-		
3/02/2025	115.299286	15	6.82	8.18
4/02/2025	117.0575	15	5.98	9.02
5/02/2025	118.815714	15	5.09	9.91
6/02/2025	120.573929	15	4.97	10.03
7/02/2025	122.332143	15	4.37	10.63
8/02/2025	124.090357	30	7.97	22.03
9/02/2025	125.848571			0
10/02/2025	127.606786	18	6.98	11.02
11/02/2025	129.365	18	6.35	11.65
12/02/2025	131.123214	18	6.09	11.91
13/02/2025	132.881429	18	5.97	12.03
14/02/2025	134.639643	18	5.26	12.74
15/02/2025	136.397857	36	9.65	26.35
16/02/2025	138.156071			0
17/02/2025	139.914286	20	6.85	13.15
18/02/2025	141.6725	20	6.45	13.55
19/02/2025	143.430714	20	6.21	13.79
20/02/2025	145.188929	20	5.99	14.01
21/02/2025	146.947143	20	5.27	14.73
22/02/2025	148.705357	40	7.22	32.78
23/02/2025	150.463571			0
24/02/2025	152.221786	20	4.98	15.02
25/02/2025	153.98	20	4.34	15.66
TOTAL		491	154.76	336.24

RATA 2				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	107.26	10	3.71	6.29
29/01/2025	108.883929	10	1.87	8.13
30/01/2025	110.507857	15	7.32	7.68
31/01/2025	112.131786	15	6.88	8.12
1/02/2025	113.755714	30	11.5	18.5
2/02/2025	115.379643	-		
3/02/2025	117.003571	15	6.82	8.18
4/02/2025	118.6275	15	5.98	9.02
5/02/2025	120.251429	15	5.09	9.91
6/02/2025	121.875357	15	4.97	10.03
7/02/2025	123.499286	15	4.37	10.63
8/02/2025	125.123214	30	7.97	22.03
9/02/2025	126.747143			0
10/02/2025	128.371071	18	6.98	11.02
11/02/2025	129.995	18	6.35	11.65
12/02/2025	131.618929	18	6.09	11.91
13/02/2025	133.242857	18	5.97	12.03
14/02/2025	134.866786	18	5.26	12.74
15/02/2025	136.490714	36	9.65	26.35
16/02/2025	138.114643			0
17/02/2025	139.738571	20	7.3	12.7
18/02/2025	141.3625	20	7.01	12.99
19/02/2025	142.986429	20	6.82	13.18
20/02/2025	144.610357	20	6.49	13.51
21/02/2025	146.234286	20	5.96	14.04
22/02/2025	147.858214	40	10.56	29.44
23/02/2025	149.482143			0
24/02/2025	151.106071	20	5.76	14.24
25/02/2025	152.73	20	4.34	15.66
TOTAL		491	161.02	329.98

RATA 3				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	110.08	10	1.65	8.35
29/01/2025	112.533214	10	0.71	9.29
30/01/2025	114.986429	15	5.13	9.87
31/01/2025	117.439643	15	4.98	10.02
1/02/2025	119.892857	30	8.67	21.33
2/02/2025	122.346071	-		
3/02/2025	124.799286	15	4.57	10.43
4/02/2025	127.2525	15	4.19	10.81
5/02/2025	129.705714	15	3.96	11.04
6/02/2025	132.158929	15	3.06	11.94
7/02/2025	134.612143	15	2.54	12.46
8/02/2025	137.065357	30	5.82	24.18
9/02/2025	139.518571			0
10/02/2025	141.971786	18	4.85	13.15
11/02/2025	144.425	18	4.36	13.64
12/02/2025	146.878214	18	3.91	14.09
13/02/2025	149.331429	18	3.11	14.89
14/02/2025	151.784643	18	2.38	15.62
15/02/2025	154.237857	36	4.25	31.75
16/02/2025	156.691071			0
17/02/2025	159.144286	20	4.06	15.94
18/02/2025	161.5975	20	3.98	16.02
19/02/2025	164.050714	20	3.52	16.48
20/02/2025	166.503929	20	2.97	17.03
21/02/2025	168.957143	20	2.76	17.24
22/02/2025	171.410357	40	5.69	34.31
23/02/2025	173.863571			0
24/02/2025	176.316786	20	2.08	17.92
25/02/2025	178.77	20	0.52	19.48
TOTAL		491	93.72	397.28

RATA 4				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	97.91	10	4.08	5.92
29/01/2025	99.3971429	10	3.91	6.09
30/01/2025	100.884286	15	7.32	7.68
31/01/2025	102.371429	15	6.88	8.12
1/02/2025	103.858571	30	13.77	16.23
2/02/2025	105.345714	-		
3/02/2025	106.832857	15	6.53	8.47
4/02/2025	108.32	15	6.01	8.99
5/02/2025	109.807143	15	5.75	9.25
6/02/2025	111.294286	15	5.06	9.94
7/02/2025	112.781429	15	4.98	10.02
8/02/2025	114.268571	30	10.17	19.83
9/02/2025	115.755714			0
10/02/2025	117.242857	18	7.22	10.78
11/02/2025	118.73	18	6.88	11.12
12/02/2025	120.217143	18	6.58	11.42
13/02/2025	121.704286	18	6.04	11.96
14/02/2025	123.191429	18	5.69	12.31
15/02/2025	124.678571	36	11.47	24.53
16/02/2025	126.165714			0
17/02/2025	127.652857	20	7.98	12.02
18/02/2025	129.14	20	7.52	12.48
19/02/2025	130.627143	20	7.15	12.85
20/02/2025	132.114286	20	6.82	13.18
21/02/2025	133.601429	20	5.96	14.04
22/02/2025	135.088571	40	11.91	28.09
23/02/2025	136.575714			0
24/02/2025	138.062857	20	5.84	14.16
25/02/2025	139.55	20	3.86	16.14
TOTAL		491	175.38	315.62

RATA 5				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	107.93	10	3.78	6.22
29/01/2025	109.472143	10	2.69	7.31
30/01/2025	111.014286	15	7.05	7.95
31/01/2025	112.556429	15	5.79	9.21
1/02/2025	114.098571	30	10.87	19.13
2/02/2025	115.640714	-		
3/02/2025	117.182857	15	6.81	8.19
4/02/2025	118.725	15	5.76	9.24
5/02/2025	120.267143	15	5.12	9.88
6/02/2025	121.809286	15	4.89	10.11
7/02/2025	123.351429	15	4.35	10.65
8/02/2025	124.893571	30	8.65	21.35
9/02/2025	126.435714			0
10/02/2025	127.977857	18	6.82	11.18
11/02/2025	129.52	18	6.35	11.65
12/02/2025	131.062143	18	6.09	11.91
13/02/2025	132.604286	18	5.97	12.03
14/02/2025	134.146429	18	5.91	12.09
15/02/2025	135.688571	36	12.65	23.35
16/02/2025	137.230714			0
17/02/2025	138.772857	20	7.42	12.58
18/02/2025	140.315	20	7.11	12.89
19/02/2025	141.857143	20	6.81	13.19
20/02/2025	143.399286	20	6.67	13.33
21/02/2025	144.941429	20	6.08	13.92
22/02/2025	146.483571	40	11.83	28.17
23/02/2025	148.025714			0
24/02/2025	149.567857	20	4.99	15.01
25/02/2025	151.11	20	4.78	15.22
TOTAL		491	165.24	325.76

RATA 6				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	108.26	10	4.12	5.88
29/01/2025	109.715357	10	3.98	6.02
30/01/2025	111.170714	15	7.56	7.44
31/01/2025	112.626071	15	6.75	8.25
1/02/2025	114.081429	30	13.26	16.74
2/02/2025	115.536786	-		
3/02/2025	116.992143	15	6.53	8.47
4/02/2025	118.4475	15	6.01	8.99
5/02/2025	119.902857	15	5.75	9.25
6/02/2025	121.358214	15	5.65	9.35
7/02/2025	122.813571	15	5.13	9.87
8/02/2025	124.268929	30	10.17	19.83
9/02/2025	125.724286			0
10/02/2025	127.179643	18	7.11	10.89
11/02/2025	128.635	18	6.75	11.25
12/02/2025	130.090357	18	6.71	11.29
13/02/2025	131.545714	18	6.1	11.9
14/02/2025	133.001071	18	5.69	12.31
15/02/2025	134.456429	36	11.58	24.42
16/02/2025	135.911786			0
17/02/2025	137.367143	20	7.98	12.02
18/02/2025	138.8225	20	7.62	12.38
19/02/2025	140.277857	20	7.15	12.85
20/02/2025	141.733214	20	6.99	13.01
21/02/2025	143.188571	20	6.26	13.74
22/02/2025	144.643929	40	13.25	26.75
23/02/2025	146.099286			0
24/02/2025	147.554643	20	5.97	14.03
25/02/2025	149.01	20	5.38	14.62
TOTAL		491	179.45	311.55

RATA 7				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	107.63	10	3.52	6.48
29/01/2025	109.322857	10	2.49	7.51
30/01/2025	111.015714	15	7.34	7.66
31/01/2025	112.708571	15	6.85	8.15
1/02/2025	114.401429	30	11.06	18.94
2/02/2025	116.094286	-		
3/02/2025	117.787143	15	6.75	8.25
4/02/2025	119.48	15	6.12	8.88
5/02/2025	121.172857	15	5.03	9.97
6/02/2025	122.865714	15	4.65	10.35
7/02/2025	124.558571	15	4.28	10.72
8/02/2025	126.251429	30	7.65	22.35
9/02/2025	127.944286			0
10/02/2025	129.637143	18	6.95	11.05
11/02/2025	131.33	18	6.15	11.85
12/02/2025	133.022857	18	6.03	11.97
13/02/2025	134.715714	18	5.78	12.22
14/02/2025	136.408571	18	5.36	12.64
15/02/2025	138.101429	36	9.53	26.47
16/02/2025	139.794286			0
17/02/2025	141.487143	20	6.83	13.17
18/02/2025	143.18	20	6.53	13.47
19/02/2025	144.872857	20	6.25	13.75
20/02/2025	146.565714	20	5.86	14.14
21/02/2025	148.258571	20	5.18	14.82
22/02/2025	149.951429	40	6.99	33.01
23/02/2025	151.644286			0
24/02/2025	153.337143	20	4.86	15.14
25/02/2025	155.03	20	4.4	15.6
TOTAL		491	152.44	338.56

RATA 8				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	108.35	10	3.68	6.32
29/01/2025	110.025	10	2.85	7.15
30/01/2025	111.7	15	6.77	8.23
31/01/2025	113.375	15	6.05	8.95
1/02/2025	115.05	30	11.36	18.64
2/02/2025	116.725	-		
3/02/2025	118.4	15	6.81	8.19
4/02/2025	120.075	15	5.76	9.24
5/02/2025	121.75	15	5.12	9.88
6/02/2025	123.425	15	4.89	10.11
7/02/2025	125.1	15	4.35	10.65
8/02/2025	126.775	30	8.65	21.35
9/02/2025	128.45			0
10/02/2025	130.125	18	7.03	10.97
11/02/2025	131.8	18	6.63	11.37
12/02/2025	133.475	18	6.07	11.93
13/02/2025	135.15	18	5.94	12.06
14/02/2025	136.825	18	5.86	12.14
15/02/2025	138.5	36	12.65	23.35
16/02/2025	140.175			0
17/02/2025	141.85	20	7.45	12.55
18/02/2025	143.525	20	7.11	12.89
19/02/2025	145.2	20	6.94	13.06
20/02/2025	146.875	20	6.75	13.25
21/02/2025	148.55	20	6.28	13.72
22/02/2025	150.225	40	12.06	27.94
23/02/2025	151.9			0
24/02/2025	153.575	20	5.06	14.94
25/02/2025	155.25	20	4.53	15.47
TOTAL		491	166.65	324.35

RATA 9				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	110.08	10	2.97	7.03
29/01/2025	112.533214	10	2.45	7.55
30/01/2025	114.986429	15	6.78	8.22
31/01/2025	117.439643	15	6.05	8.95
1/02/2025	119.892857	30	11.86	18.14
2/02/2025	122.346071	-		
3/02/2025	124.799286	15	5.87	9.13
4/02/2025	127.2525	15	5.76	9.24
5/02/2025	129.705714	15	5.54	9.46
6/02/2025	132.158929	15	5.09	9.91
7/02/2025	134.612143	15	4.97	10.03
8/02/2025	137.065357	30	9.75	20.25
9/02/2025	139.518571			
10/02/2025	141.971786	18	6.73	11.27
11/02/2025	144.425	18	6.57	11.43
12/02/2025	146.878214	18	5.81	12.19
13/02/2025	149.331429	18	5.44	12.56
14/02/2025	151.784643	18	4.99	13.01
15/02/2025	154.237857	36	9.06	26.94
16/02/2025	156.691071		0	
17/02/2025	159.144286	20	6.05	13.95
18/02/2025	161.5975	20	6	14
19/02/2025	164.050714	20	5.87	14.13
20/02/2025	166.503929	20	5.65	14.35
21/02/2025	168.957143	20	5.23	14.77
22/02/2025	171.410357	40	10.25	29.75
23/02/2025	173.863571		0	
24/02/2025	176.316786	20	4.89	15.11
25/02/2025	178.77	20	4.09	15.91
TOTAL		491	153.72	337.28

RATA 10				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	106.88	10	2.65	7.35
29/01/2025	108.6725	10	1.98	8.02
30/01/2025	110.465	15	6.53	8.47
31/01/2025	112.2575	15	5.77	9.23
1/02/2025	114.05	30	11.2	18.8
2/02/2025	115.8425	-		
3/02/2025	117.635	15	5.52	9.48
4/02/2025	119.4275	15	5.36	9.64
5/02/2025	121.22	15	4.78	10.22
6/02/2025	123.0125	15	4.51	10.49
7/02/2025	124.805	15	4.22	10.78
8/02/2025	126.5975	30	8.06	21.94
9/02/2025	128.39			
10/02/2025	130.1825	18	6.54	11.46
11/02/2025	131.975	18	6.31	11.69
12/02/2025	133.7675	18	5.88	12.12
13/02/2025	135.56	18	5.65	12.35
14/02/2025	137.3525	18	5.33	12.67
15/02/2025	139.145	36	10.02	25.98
16/02/2025	140.9375			
17/02/2025	142.73	20	7.05	12.95
18/02/2025	144.5225	20	6.08	13.92
19/02/2025	146.315	20	5.98	14.02
20/02/2025	148.1075	20	5.25	14.75
21/02/2025	149.9	20	4.84	15.16
22/02/2025	151.6925	40	9.13	30.87
23/02/2025	153.485		0	
24/02/2025	155.2775	20	4.25	15.75
25/02/2025	157.07	20	4.05	15.95
TOTAL		491	146.94	344.06

APENDICE 14

Evaluación del PER en ratas alimentadas con la dieta control (caseína)*

Parámetro	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	Rata 5	Rata 6	Rata 7	Rata 8	Rata 9	Rata 10	Prom.
Peso inicial (g)	102.10	103.81	104.85	108.09	105.80	110.60	105.54	106.85	107.57	108.79	106.40
Peso Final (g)	198.50	199.11	198.06	196.44	198.62	204.36	199.80	198.36	202.13	199.68	199.51
Ganancia de peso (g)	96.40	95.30	93.21	88.35	92.82	93.76	94.26	91.51	94.56	90.89	93.11
Alimento Consumido (g)	272.00	284.70	284.89	273.22	283.70	280.44	279.99	281.65	284.64	274.80	280.00
Materia seca del alimento (%)	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
Nitrógeno en alimento (%)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Proteína en el alimento (%)	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75	13.75
Proteína consumida (g)	37.40	39.15	39.17	37.57	39.01	38.56	38.50	38.73	39.14	37.79	38.50
PER	2.58	2.43	2.38	2.35	2.38	2.43	2.45	2.36	2.42	2.41	2.42

APENDICE 15

Evaluación del NPU en ratas del sexo macho alimentadas con la formulación experimental

Parámetro	R1		R2		R3		R4	
	MA	MP	MA	MP	MA	MP	MA	MP
Peso inicial (g)	91.2	105.1	90.3	106	89.9	106.3	91.55	105.28
Peso final (g)	72.8	123.1	71.3	124	71.6	123.8	72.45	123.1
Ganancia de peso (g)	-18.4	18	-19	18	-18.3	17.5	-19.1	17.8
Consumo del alimento (g)	48.7	119.5	48.2	120.2	48.6	119.6	48.2	120.3
Materia seca del alimento (%)	90.49	92.8	90.49	92.8	90.49	92.8	90.49	92.8
Proteína del alimento (%)	0.4	9.05	0.4	9.05	0.4	9.05	0.4	9.05
Nitrógeno del alimento (%)	0.06	1.45	0.06	1.45	0.06	1.45	0.06	1.45
Consumo de Nitrógeno (g)	0.03	1.72	0.029	1.75	0.031	1.74	0.03	1.75
Peso seco total carcasa (g)	26.4	50.1	26.6	50.8	26.3	50.2	26.7	50.9
Proteína de la carcasa (%)	52.6	42.1	52.3	42.4	52.5	42.3	52.45	42.15
Nitrógeno en carcasa (%)	8.4	6.74	8.35	6.78	8.37	6.75	8.44	6.77
Materia seca de carcasa (%)	98.08	97.52	98.08	97.52	98.08	97.52	98.08	97.52
Contenido de N en carcasa (g)	2.22	3.38	2.22	3.44	2.20	3.39	2.25	3.45
NPU%		65.65		68.24		66.45		66.43

Nota: (ver apendice 11).

R1: Rata 1, Rata 2, Rata 3 y Rata 4

MA: Machos alimentados con dieta aprotéica.

MP: Machos alimentados con dieta proteica.

Evaluación del NPU en ratas del sexo hembra alimentadas con la formulación experimental

Parámetro	R1		R2		R3		R4	
	HA	HP	HA	HP	HA	HP	HA	HP
Peso inicial (g)	80.10	95.00	80.70	95.40	79.80	94.90	80.70	95.30
Peso final (g)	63.90	112.00	64.50	112.50	63.80	111.90	64.35	112.20
Ganancia de peso (g)	-16.20	17.00	-16.20	17.10	-16.00	17.00	-16.35	16.90
Consumo del alimento (g)	42.00	123.20	42.40	124.00	42.10	123.90	42.20	123.40
Materia seca del alimento (%)	90.49	92.80	90.49	92.80	90.49	92.80	90.49	92.80
Proteína del alimento (%)	0.40	9.05	0.40	9.05	0.40	9.05	0.40	9.05
Nitrógeno del alimento (%)	0.06	1.45	0.06	1.45	0.06	1.45	0.06	1.45
Consumo de Nitrógeno (g)	0.03	1.78	0.03	1.80	0.03	1.79	0.03	1.79
Peso seco total carcasa (g)	24.90	46.70	25.10	47.30	24.80	47.00	25.20	47.00
Proteína de la carcasa (%)	51.90	42.60	52.00	42.70	51.80	42.50	52.18	42.90
Nitrógeno en carcasa (%)	8.30	6.82	8.35	6.84	8.25	6.80	8.38	6.85
Materia seca de carcasa (%)	98.08	97.52	98.08	97.52	98.08	97.52	98.08	97.52
Contenido de N en carcasa (g)	2.07	3.18	2.10	3.24	2.05	3.20	2.11	3.22
NPU%		61.14		61.58		62.63		60.21

Nota: (ver apendice 11)

R1: Rata 1, Rata 2, Rata 3 y Rata 4

HA: Hembras alimentados con dieta aprotéica.

HP: Hembras alimentados con dieta proteica.

NPU: Utilización de Proteína Neta

$$NPU = \frac{[NP - (NA + Nia)] \times 100}{Ni}$$

NP: Nitrógeno en la carcasa del grupo que consumió la ración con proteína en estudio(g).

NA: Nitrógeno en la carcasa del grupo que consumió la ración sin proteína (g)

Ni: Nitrógeno ingerido por el grupo con proteína (g).

Nia: Nitrógeno ingerido por el grupo sin proteína (g).

Parámetros que se midieron en el laboratorio de la dieta experimental

- Consumo del alimento (g) = 121.76 g
- % proteína del alimento = 9.05 %
- Nitrógeno del alimento (%) = 9.05/6.25 = 1.45
- Materia seca del alimento (%) = 90.49 %
- Peso seco total de la carcasa (g) = 48.75 g
- Proteína de la carcasa (%) = 42.46 %
- Contenido de N en carcasa (g) = 3.31 g

1. Calculando Ni (nitrógeno consumido)

$$Ni = \text{Consumo alimento (g)} \times \frac{\%N}{100} = 121.77 \times 0.0145 = 1.76$$

2. Calculando NP (Contenido de N en carcasa)

$$NP = \text{Peso seco carcasa} \times \left(\%N - \frac{\%N \text{ en carcasa}}{100} \right) = 48.75 \times 0.0679 = 3.31$$

3. Calculando Nia (Nitrógeno consumido a proteico)

$$Nia = \text{Consumo alimento (g) a proteico} \times \frac{\%N \text{ a proteico}}{100} = 45.31 \times 0.06 = 0.03$$

4. Calculando Npa (contenido de N en carcasa a proteico)

$$NA = \text{Peso seco carcasa (g) a proteico} \times \left(\%N - \frac{\%N \text{ en carcasa aprot.}}{100} \right) = 25.75 \times 8.36 = 2.15$$

$$NPU = \frac{[NP - (NA + Nia)] \times 100}{Ni} = \frac{[3.31 - (2.15 + 0.03)] \times 100}{1.76} = 64.20\%$$

Resultados de la dieta experimental con ratas del sexo Macho

RATA 3				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	106.3	10	3.05	6.95
29/01/2025	107.2	10	2.73	7.27
30/01/2025	108.3	15	4.42	10.58
31/01/2025	109.4	15	4.36	10.64
1/02/2025	110.5	30	7.69	22.31
2/02/2025	111.6			0
3/02/2025	112.7	15	3.76	11.24
4/02/2025	113.8	15	3.72	11.28
5/02/2025	114.9	15	2.64	12.36
6/02/2025	116.5	15	2.08	12.92
7/02/2025	123.8	15	0.95	14.05
TOTAL		155	35.4	119.6

RATA 2				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	106	10	2.83	7.17
29/01/2025	107.3	10	1.94	8.06
30/01/2025	108.4	15	4.96	10.04
31/01/2025	109.5	15	4.24	10.76
1/02/2025	110.7	30	7.83	22.17
2/02/2025	111.9			0
3/02/2025	113.1	15	3.83	11.17
4/02/2025	114.3	15	3.61	11.39
5/02/2025	115.5	15	2.54	12.46
6/02/2025	117.5	15	1.92	13.08
7/02/2025	124	15	1.1	13.9
TOTAL		155	34.8	120.2

RATA 1				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	105.1	10	2.96	7.04
29/01/2025	106.4	10	1.87	8.13
30/01/2025	107.7	15	4.68	10.32
31/01/2025	109	15	4.76	10.24
1/02/2025	110.3	30	8.17	21.83
2/02/2025	111.6			0
3/02/2025	112.9	15	4.67	10.33
4/02/2025	114.2	15	3.88	11.12
5/02/2025	115.5	15	2.83	12.17
6/02/2025	117	15	1.54	13.46
7/02/2025	123.1	15	0.14	14.86
TOTAL		155	35.5	119.5

RATA 4				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	105.28	10	3.85	6.15
29/01/2025	106.4	10	2.74	7.26
30/01/2025	107.6	15	5.47	9.53
31/01/2025	108.8	15	4.79	10.21
1/02/2025	110	30	7.6	22.4
2/02/2025	111.2			0
3/02/2025	112.4	15	3.7	11.3
4/02/2025	113.6	15	3.21	11.79
5/02/2025	114.8	15	1.54	13.46
6/02/2025	116.3	15	0.6	14.4
7/02/2025	123.1	15	1.2	13.8
TOTAL		155	34.7	120.3

Resultados de la dieta experimental con ratas de sexo Hembra.

RATA 1				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	95	10	2.21	7.79
29/01/2025	96.5	10	1.7	8.3
30/01/2025	97.9	15	5.03	9.97
31/01/2025	99.3	15	4.45	10.55
1/02/2025	100.7	30	7.54	22.46
2/02/2025	102.1			0
3/02/2025	103.4	15	3.89	11.11
4/02/2025	104.8	15	3.21	11.79
5/02/2025	106.1	15	2.54	12.46
6/02/2025	108.2	15	0.97	14.03
7/02/2025	112	15	0.26	14.74
TOTAL		155	31.8	123.2

RATA 4				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	95	10	2.74	7.26
29/01/2025	96.5	10	1.24	8.76
30/01/2025	97.9	15	4.77	10.23
31/01/2025	99.3	15	4.34	10.66
1/02/2025	100.7	30	6.88	23.12
2/02/2025	102.1			0
3/02/2025	103.4	15	4.1	10.9
4/02/2025	104.8	15	3.74	11.26
5/02/2025	106.1	15	2.61	12.39
6/02/2025	108.2	15	1.09	13.91
7/02/2025	112	15	0.09	14.91
TOTAL		155	31.6	123.4

RATA 3				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	94.9	10	3.1	6.9
29/01/2025	96.3	10	1.87	8.13
30/01/2025	97.7	15	5.04	9.96
31/01/2025	99.1	15	4.36	10.64
1/02/2025	100.5	30	5.91	24.09
2/02/2025	101.9			0
3/02/2025	103.2	15	4.06	10.94
4/02/2025	104.5	15	3.87	11.13
5/02/2025	105.8	15	1.87	13.13
6/02/2025	107.9	15	0.75	14.25
7/02/2025	111.9	15	0.27	14.73
TOTAL		155	31.1	123.9

RATA 2				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	95.4	10	2.15	7.85
29/01/2025	96.9	10	1.11	8.89
30/01/2025	98.2	15	5.5	9.5
31/01/2025	99.5	15	4.77	10.23
1/02/2025	100.8	30	6.78	23.22
2/02/2025	102.1			0
3/02/2025	103.5	15	3.84	11.16
4/02/2025	104.9	15	3.16	11.84
5/02/2025	106.3	15	2.04	12.96
6/02/2025	108.5	15	1.55	13.45
7/02/2025	112.5	15	0.1	14.9
TOTAL		155	31	124

Evaluación del NPU en ratas machos y hembras alimentadas con dieta a proteica

Parámetro	Macho aprobeico				Hembra aprobeico				Promedio
	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	Rata 1	Rata 2	Rata 3	Rata 4	
Peso inicial (g)	91.2	90.3	89.9	91.55	80.1	80.7	79.8	80.7	85.53
Peso final (g)	72.8	71.3	71.6	72.45	63.9	64.5	63.8	64.35	68.09
Ganancia de peso (g)	-18.4	-19	-18.3	-19.1	-16.2	-16.2	-16	-16.35	-17.44
Consumo del alimento (g)	48.7	48.2	48.6	48.2	42	42.4	42.1	42.2	45.30
Materia seca del alimento (%)	90.49	90.49	90.49	90.49	90.49	90.49	90.49	90.49	90.49
Proteína del alimento (%)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.40
Nitrógeno del alimento (%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Consumo de Nitrógeno (g)	0.03	0.029	0.031	0.03	0.03	0.031	0.029	0.03	0.03
Ganancia de peso (g)	26.4	26.6	26.3	26.7	24.9	25.1	24.8	25.2	25.75
Proteína de la carcasa (%)	52.6	52.3	52.5	52.45	51.9	52	51.8	52.18	52.22
Nitrógeno en carcasa (%)	8.4	8.35	8.37	8.44	8.3	8.35	8.25	8.38	8.36
Materia seca de carcasa (%)	98.08	98.08	98.08	98.08	98.08	98.08	98.08	98.08	98.08
Contenido de N en carcasa (g)	2.18	2.24	2.2	2.24	2.1	2.08	2.06	2.09	2.15

Resultados de la dieta a proteico con ratas de sexo Macho.

RATA 1				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	91.20	10	5.98	4.02
29/01/2025	90.50	10	5.04	4.96
30/01/2025	89.70	15	10.68	4.32
31/01/2025	88.80	15	9.63	5.37
1/02/2025	87.60	30	20.48	9.52
2/02/2025	85.90		0	
3/02/2025	83.60	15	11.58	3.42
4/02/2025	80.90	15	10.16	4.84
5/02/2025	78.2	15	11.98	3.02
6/02/2025	75.2	15	10.99	4.01
7/02/2025	72.8	15	9.78	5.22
TOTAL		155	106.3	48.7

RATA 2				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	90.30	10	5.78	4.22
29/01/2025	89.60	10	4.76	5.24
30/01/2025	88.70	15	10.79	4.21
31/01/2025	87.90	15	10.04	4.96
1/02/2025	86.80	30	21.73	8.27
2/02/2025	85.30		0	
3/02/2025	83.10	15	11.26	3.74
4/02/2025	80.20	15	9.87	5.13
5/02/2025	77.5	15	11.75	3.25
6/02/2025	74.3	15	10.85	4.15
7/02/2025	71.3	15	9.97	5.03
TOTAL		155	106.8	48.2

RATA 3				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	89.90	10	5.46	4.54
29/01/2025	89.10	10	4.89	5.11
30/01/2025	88.20	15	11.8	3.2
31/01/2025	87.40	15	10.5	4.5
1/02/2025	86.50	30	21.6	8.4
2/02/2025	85.20		0	
3/02/2025	83.20	15	10.58	4.42
4/02/2025	80.30	15	10.23	4.77
5/02/2025	77.9	15	11.86	3.14
6/02/2025	74.7	15	9.9	5.1
7/02/2025	71.6	15	9.58	5.42
TOTAL		155	106.4	48.6

RATA 4				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	91.55	10	6.01	3.99
29/01/2025	90.70	10	4.99	5.01
30/01/2025	89.90	15	10.45	4.55
31/01/2025	89.00	15	9.88	5.12
1/02/2025	87.70	30	20.8	9.2
2/02/2025	86.20		0	
3/02/2025	84.10	15	11.53	3.47
4/02/2025	81.20	15	10.52	4.48
5/02/2025	78.3	15	11.73	3.27
6/02/2025	75.3	15	10.99	4.01
7/02/2025	72.45	15	9.9	5.1
TOTAL		155	106.8	48.2

Resultados de la dieta a proteico con ratas de sexo Hembra.

RATA 1				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	80.1	10	4.78	5.22
29/01/2025	79.4	10	4.72	5.28
30/01/2025	78.7	15	11.56	3.44
31/01/2025	77.9	15	10.93	4.07
1/02/2025	77.0	30	23.5	6.5
2/02/2025	75.8			0
3/02/2025	74.3	15	11.45	3.55
4/02/2025	72.5	15	11.06	3.94
5/02/2025	70.9	15	10.99	4.01
6/02/2025	68.4	15	12.15	2.85
7/02/2025	63.9	15	11.86	3.14
TOTAL		155	113	42

RATA 2				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	80.7	10	3.83	6.17
29/01/2025	80	10	4.72	5.28
30/01/2025	79.2	15	11.4	3.6
31/01/2025	78.4	15	11.06	3.94
1/02/2025	77.5	30	22.8	7.2
2/02/2025	76.3			0
3/02/2025	74.8	15	11.45	3.55
4/02/2025	73.1	15	11.19	3.81
5/02/2025	71.4	15	11.76	3.24
6/02/2025	68.9	15	12.69	2.31
7/02/2025	64.5	15	11.7	3.3
TOTAL		155	112.6	42.4

RATA 3				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	79.8	10	5.01	4.99
29/01/2025	79.1	10	4.87	5.13
30/01/2025	78.3	15	11.26	3.74
31/01/2025	77.6	15	10.99	4.01
1/02/2025	76.7	30	20.98	9.02
2/02/2025	75.6			0
3/02/2025	74.2	15	12.53	2.47
4/02/2025	72.5	15	11.56	3.44
5/02/2025	70.9	15	11.73	3.27
6/02/2025	68.2	15	12.02	2.98
7/02/2025	63.8	15	11.95	3.05
TOTAL		155	112.9	42.1

RATA 4				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	80.7	10	5.95	4.05
29/01/2025	79.9	10	4.68	5.32
30/01/2025	79.1	15	10.99	4.01
31/01/2025	78.3	15	11.16	3.84
1/02/2025	77.4	30	19.54	10.46
2/02/2025	76.1			0
3/02/2025	74.6	15	13.02	1.98
4/02/2025	72.9	15	11.85	3.15
5/02/2025	71.1	15	11.68	3.32
6/02/2025	68.6	15	12.5	2.5
7/02/2025	64.35	15	11.43	3.57
TOTAL		155	112.8	42.2

APENDICE 16

Evaluación del NPU en ratas del sexo macho alimentadas con dieta control (caseína)*

Parámetro	R1		R2		R3		R4	
	MA	MP	MA	MP	MA	MP	MA	MP
Peso inicial (g)	91.20	94.52	90.30	92.15	89.90	90.54	91.55	95.26
Peso final (g)	72.80	116.55	71.30	114.10	71.60	113.80	72.45	115.90
Ganancia de peso (g)	-18.40	22.03	-19.00	21.95	-18.30	23.26	-19.10	20.64
Consumo del alimento (g)	48.70	94.97	48.20	93.74	48.60	94.21	48.20	92.86
Materia seca del alimento (%)	90.49	90.00	90.49	90.00	90.49	90.00	90.49	90.00
Proteína del alimento (%)	0.40	13.75	0.40	13.75	0.40	13.75	0.40	13.75
Nitrógeno del alimento (%)	0.06	2.20	0.06	2.20	0.06	2.20	0.06	2.20
Consumo de Nitrógeno (g)	0.03	2.09	0.03	2.06	0.03	2.07	0.03	2.04
Peso seco total carcasa (g)	26.40	50.00	26.60	50.80	26.30	49.26	26.70	50.90
Proteína de la carcasa (%)	52.60	47.57	52.30	47.90	52.50	46.87	52.45	47.22
Nitrógeno en carcasa (%)	8.40	7.61	8.35	7.66	8.37	7.50	8.44	7.56
Materia seca de carcasa (%)	98.08	98.00	98.08	98.00	98.08	98.00	98.08	98.00
Contenido de N en carcasa (g)	2.22	3.81	2.22	3.89	2.20	3.69	2.25	3.85
NPU%		74.57		79.68		70.53		76.46

R1: Rata 1, Rata 2, Rata 3, Rata 4

MA: Machos alimentados con dieta aproteica.

MP: Machos alimentados con dieta proteica.

Evaluación del NPU en ratas del sexo hembra alimentadas con la dieta control (caseína*)

Parámetro	R1		R2		R3		R4	
	HA	HP	HA	HP	HA	HP	HA	HP
Peso inicial (g)	80.10	90.40	80.70	89.78	79.80	91.64	80.70	89.56
Peso final (g)	63.90	109.50	64.50	108.10	63.80	108.30	64.35	107.60
Ganancia de peso (g)	-16.20	19.10	-16.20	18.32	-16.00	16.66	-16.35	18.04
Consumo del alimento (g)	42.00	96.87	42.40	94.80	42.10	95.20	42.20	97.35
Materia seca del alimento (%)	90.49	90.00	90.49	90.00	90.49	90.00	90.49	90.00
Proteína del alimento (%)	0.40	13.75	0.40	13.75	0.40	13.75	0.40	13.75
Nitrógeno del alimento (%)	0.06	2.20	0.06	2.20	0.06	2.20	0.06	2.20
Consumo de Nitrógeno (g)	0.03	2.13	0.03	2.09	0.03	2.09	0.03	2.14
Peso seco total carcasa (g)	24.90	48.70	25.10	49.70	24.80	49.03	25.20	48.80
Proteína de la carcasa (%)	51.90	46.67	52.00	46.56	51.80	46.92	52.18	46.35
Nitrógeno en carcasa (%)	8.30	7.47	8.35	7.45	8.25	7.51	8.38	7.42
Materia seca de carcasa (%)	98.08	98.00	98.08	98.00	98.08	98.00	98.08	98.00
Contenido de N en carcasa (g)	2.07	3.64	2.10	3.70	2.05	3.68	2.11	3.62
NPU%		72.25		75.55		76.67		69.19

R1: Rata 1, Rata 2, Rata 3 y Rata 4

HA: Hembras alimentados con dieta aproteica.

HP: Hembras alimentados con dieta proteica.

APENDICE 17

Evaluación del VB en ratas alimentadas con la formulación experimental

Parámetro	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 4	RATA 5	RATA 6	Promedio
Peso inicial (g)	104.75	107.26	110.08	97.91	107.93	108.26	106.03
Peso Final (g)	114.52	119	125.14	108.03	118.85	119.24	117.46
Ganancia de peso (g)	9.77	11.74	15.06	10.12	10.92	10.98	11.43
Alimento Consumido (g)	76.49	76.47	90.36	75.45	77.29	84.16	80.04
Materia seca del alimento (%)	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8
Nitrógeno en alimento (%)	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Nitrógeno consumido (g) – NI	1.11	1.11	1.31	1.09	1.12	1.22	1.16
Heces Excretadas (g)	18.49	16.15	21.54	15.73	16.39	23.95	18.71
Materia seca de heces (%)	63.16	64.71	63.64	68.75	70.59	58.33	64.86
Nitrógeno en heces (%)	1.33	1.38	1.3	1.47	1.47	1.2	1.36
Nitrógeno en heces (g) – NF	0.16	0.14	0.18	0.16	0.17	0.17	0.16
Densidad de la orina	1.0112	1.0029	1.0084	1.0113	1.0022	1.0048	1.01
Orina Excretada (ml)	83	65.2	82.5	103.2	106.7	90	88.43
Orina Excretada (g)	83.93	65.39	83.19	104.37	106.93	90.43	89.04
Nitrógeno en orina (%)	0.46	0.47	0.5	0.34	0.37	0.4	0.42
Nitrógeno en orina (g)	0.39	0.31	0.42	0.35	0.4	0.36	0.37
Balance de N (g)	0.57	0.66	0.71	0.58	0.55	0.69	0.63
VALOR BIOLÓGICO (%)	59.46	68.09	63.2	61.99	58.31	65.58	62.84

Nota: (ver apéndice 12)

VB: Valor Biológico

Balance de nitrogeno = $Ni - (Nh + Nu)$

$$\% \text{valor biológico aparente (VBA)} = \frac{[Ni - (Nh + Nu)] \times 100}{Ni - Nh}$$

Ni: Nitrógeno ingerido

Nh: Nitrógeno fecal del grupo alimentario con dieta proteica

Nu: Nitrógeno Urinario del grupo alimentado con dieta proteica

- Alimento consumido = 80.04
- % proteína del alimento = 9.05 %
- Nitrógeno del alimento (%) = $9.05/6.25 = 1.45$
- Materia seca del alimento % = 92.8
- Heces excretadas (g) = 18.71 g
- % Materia seca de heces = 64.86 %
- % Nitrógeno en heces = 1.36 %
- Densidad de la orina = 1.01 g/ml
- Orina excretada (ml) = 89.04 g
- % Nitrógeno en orina = 0.42 %

1) Calculando Ni (Nitrógeno consumido (g))

$$Ni = (\text{Alimento consumido (g)} \times \%N) / 100$$

$$Ni = (80.04 \times 1.45) / 100 = 1.16 \text{ g}$$

2) Calculando Nh (Nitrógeno en heces (g))

$$Nf = (\text{Heces excretadas g} \times \%MS \text{ en heces} \times \%N \text{ en heces}) / 100$$

$$Nf = 18.71 \times 64.86 \times 1.36 = 0.165 \text{ g}$$

3) Calculando Nu (Nitrógeno en orina (g))

$$Nu = (\text{Orina excretada ml} \times \text{Densidad de la orina g/ml} \times \%N \text{ en orina}) / 100$$

$$Nu = (88.43 \times 0.0101 \times 0.0042) / 100 = 0.375 \text{ g}$$

4) Balance de Nitrógeno (g)

$$\text{Balance de nitrógeno} = [Ni - (Nh + Nu)] = [1.16 - (0.165 + 0.375)] = 0.63 \text{ g}$$

5) Calculando el Valor Biológico %

$$(VB) = \frac{[Ni - (Nh + Nu)] \times 100}{Ni - Nh} = \frac{0.537}{1.16 - 0.165} \times 100 = 63 \%$$

RATA 1				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	104.75	10	3.09	6.91
29/01/2025	106.15	10	1.53	8.47
30/01/2025	107.54	15	5.48	9.52
31/01/2025	108.94	15	4.98	10.02
1/02/2025	110.33	30	9.06	20.94
2/02/2025	111.73			
3/02/2025	113.12	15	4.39	10.61
4/02/2025	114.52	15	4.98	10.02
TOTAL		110	33.51	76.49

RATA 2				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	107.26	10	3.1	6.9
29/01/2025	108.94	10	1.7	8.3
30/01/2025	110.61	15	5.85	9.15
31/01/2025	112.29	15	4.5	10.5
1/02/2025	113.97	30	9.2	20.8
2/02/2025	115.65		-	
3/02/2025	117.32	15	4.55	10.45
4/02/2025	119.00	15	4.63	10.37
TOTAL		110	33.53	76.47

RATA 3				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	110.08	10	1.8	8.2
29/01/2025	112.23	10	0.96	9.04
30/01/2025	114.38	15	3.58	11.42
31/01/2025	116.53	15	2.9	12.1
1/02/2025	118.69	30	7.56	22.44
2/02/2025	120.84			
3/02/2025	122.99	15	1.76	13.24
4/02/2025	125.14	15	1.08	13.92
TOTAL		110	19.64	90.36

RATA 4				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	97.91	10	2.98	7.02
29/01/2025	99.36	10	1.86	8.14
30/01/2025	100.80	15	5.56	9.44
31/01/2025	102.25	15	5.22	9.78
1/02/2025	103.69	30	9.84	20.16
2/02/2025	105.14		-	
3/02/2025	106.58	15	4.83	10.17
4/02/2025	108.03	15	4.26	10.74
TOTAL		110	34.55	75.45

RATA 5				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	107.93	10	2.75	7.25
29/01/2025	109.49	10	1.77	8.23
30/01/2025	111.05	15	5.45	9.55
31/01/2025	112.61	15	4.31	10.69
1/02/2025	114.17	30	9.85	20.15
2/02/2025	115.73			
3/02/2025	117.29	15	3.9	11.1
4/02/2025	118.85	15	4.68	10.32
TOTAL		110	32.71	77.29

RATA 6				
FECHA	PESO	ALIMENTO	RESIDUO	CONSUMO
28/01/2025	108.26	10	2.78	7.22
29/01/2025	109.83	10	1.65	8.35
30/01/2025	111.40	15	4.8	10.2
31/01/2025	112.97	15	3.15	11.85
1/02/2025	114.53	30	9.2	20.8
2/02/2025	116.10			
3/02/2025	117.67	15	1.75	13.25
4/02/2025	119.24	15	2.51	12.49
TOTAL		110	25.84	84.16

APENDICE 18

*Evaluación del VB en ratas alimentadas con la dieta de caseína**

Parámetro	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 4	RATA 5	RATA 6	Promedio
Peso inicial (g)	100.25	104.78	109.58	107.6	102.3	105.25	104.96
Peso Final (g)	119.95	122.36	123.77	122.65	120.9	122.1	121.96
Ganancia de peso (g)	19.7	17.58	14.19	15.05	18.6	16.85	17.00
Alimento Consumido (g)	78.5	79.1	80.74	81.6	82.3	78	80.04
Materia seca del alimento (%)	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.80
Nitrógeno en alimento (%)	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.20
Nitrógeno consumido (g) – NI	1.727	1.7402	1.77628	1.7952	1.8106	1.716	1.76
Heces Excretadas (g)	16.7	16.2	16.51	17.3	16.12	16.18	16.50
Materia seca de heces (%)	63.85	64.58	65.77	64.33	64.9	65.7	64.86
Nitrógeno en heces (%)	1.56	1.57	1.52	1.54	1.49	1.56	1.54
Nitrógeno en heces (g) – NF	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17	0.16
Densidad de la orina	1.018	1.012	1.017	1.01	1.001	1.004	1.01
Orina Excretada (ml)	92.04	90.5	94.65	92.36	91.57	93.75	92.48
Orina Excretada (g)	93.7	93.9	93.2	95.13	92.41	92.08	93.40
Nitrógeno en orina (%)	0.43	0.43	0.4	0.41	0.42	0.43	0.42
Nitrógeno en orina (g)	0.40	0.39	0.39	0.38	0.38	0.40	0.39
Balance de N (g)	1.16	1.18	1.23	1.24	1.27	1.15	1.20
VALOR BIOLÓGICO (%)	74.18	75.01	76.10	76.45	76.73	73.89	75.39

APENDICE 19

Evaluación de la digestibilidad en ratas alimentadas con la formulación experimental

Parámetro	RATA 1	RATA 2	RATA 3	RATA 4	RATA 5	RATA 6	Promedio
Peso inicial (g)	104.75	107.26	110.08	97.91	107.93	108.26	106.03
Peso Final (g)	114.52	119	125.14	108.03	118.85	119.24	117.46
Ganancia de peso (g)	9.77	11.74	15.06	10.12	10.92	10.98	11.43
Alimento Consumido (g)	76.49	76.47	90.36	75.45	77.29	84.16	80.04
Materia seca del alimento (%)	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8	92.8
Nitrógeno en alimento (%)	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Nitrógeno consumido (g) – NI	1.11	1.11	1.31	1.09	1.12	1.22	1.16
Heces Excretadas (g)	18.49	16.15	21.54	15.73	16.39	23.95	18.71
Materia seca de heces (%)	63.16	64.71	63.64	68.75	70.59	58.33	64.86
Nitrógeno en heces (%)	1.33	1.38	1.3	1.47	1.47	1.2	1.36
Nitrógeno en heces (g) – NF	0.16	0.14	0.18	0.16	0.17	0.17	0.16
Densidad de la orina	1.0112	1.0029	1.0084	1.0113	1.0022	1.0048	1.01
Orina Excretada (ml)	83	65.2	82.5	103.2	106.7	90	88.43
Orina Excretada (g)	83.93	65.39	83.19	104.37	106.93	90.43	89.04
Nitrógeno en orina (%)	0.46	0.47	0.5	0.34	0.37	0.4	0.42
Nitrógeno en orina (g)	0.39	0.31	0.42	0.35	0.4	0.36	0.37
Balance de N (g)	0.57	0.66	0.71	0.58	0.55	0.69	0.63
Digestibilidad (%)	85.59	87.39	86.26	85.32	84.82	86.07	86.21

APENDICE 20

*Evaluación de la digestibilidad en ratas alimentadas con la dieta de caseína**

Parámetro	R1	R2	R3	R4	R5	R6	Promedio
Peso inicial (g)	100.25	104.78	109.58	107.60	102.30	105.25	104.96
Peso Final (g)	119.95	122.36	123.77	122.65	120.90	122.10	121.96
Ganancia de peso (g)	19.70	17.58	14.19	15.05	18.60	16.85	17.00
Alimento Consumido (g)	78.50	79.10	80.74	81.60	82.30	78.00	80.04
Materia seca del alimento (%)	92.80	92.80	92.80	92.80	92.80	92.80	92.80
Nitrógeno en alimento (%)	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Nitrógeno consumido (g) – NI	1.73	1.74	1.78	1.80	1.81	1.72	1.76
Heces Excretadas (g)	16.70	16.20	16.51	17.30	16.12	16.18	16.50
Materia seca de heces (%)	63.85	64.58	65.77	64.33	64.90	65.70	64.86
Nitrógeno en heces (%)	1.56	1.57	1.52	1.54	1.49	1.56	1.54
Nitrógeno en heces (g) – NF	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17	0.16
Densidad de la orina	1.02	1.01	1.02	1.01	1.00	1.00	1.01
Orina Excretada (ml)	92.04	90.50	94.65	92.36	91.57	93.75	92.48
Orina Excretada (g)	93.70	93.90	93.20	95.13	92.41	92.08	93.40
Nitrógeno en orina (%)	0.43	0.43	0.40	0.41	0.42	0.43	0.42
Nitrógeno en orina (g)	0.40	0.39	0.39	0.38	0.38	0.40	0.39
Balance de N (g)	1.16	1.18	1.23	1.24	1.27	1.15	1.20
Digestibilidad	90.37	90.56	90.71	90.45	91.39	90.34	90.64

APENDICE 21

Producción de harina de larva Hermetia illucens

FOTOGRAFIA N° 01



Recepción de la larva deshidratada

FOTOGRAFIA N° 02

Pesado de la larva *Hermetia illucens*

FOTOGRAFIA N° 03

Selección de la larva de *Hermetia illucens*

FOTOGRAFIA N° 04



Molienda de la larva

FOTOGRAFIA N° 05



Harina integral de larva

FOTOGRAFIA N° 06



Precalentado para disolver la grasa.

FOTOGRAFIA N° 07

Prensado de la harina de larva *Hermetia illucens*

FOTOGRAFIA N° 08

Desmolde y desintegración de la harina larva *Hermetia illucens*

FOTOGRAFIA N° 08

Secado de la harina de larva
Hermetia illucens

FOTOGRAFIA N° 09

Pesado de la harina

FOTOGRAFIA N° 10

Pulverizado de la harina
de larva *Hermetia*
illucens

FOTOGRAFIA N° 11

Tamizado de la harina de
larva *Hermetia illucens*

FOTOGRAFIA N° 12

Muestras en diferente número
de malla de tamiz

FOTOGRAFIA N° 13

Harina de larva *Hermetia*
illucens

APENDICE 22

Elaboración de galletas

FOTOGRAFIA N° 14



Recepción de la Harina de larva *Hermetia illucens*

FOTOGRAFIA N° 15



Operación: Pesado de la harina de larva

FOTOGRAFIA N° 16



Operación: Pesado de harina trigo

FOTOGRAFIA N° 17



Operación: pesado de la harina de avena.

FOTOGRAFIA N° 18



Operación: pesado del azúcar

FOTOGRAFIA N° 19



Operación: pesado del bicarbonato de amonio.

FOTOGRAFIA N° 19



Operación: pesado del bicarbonato de sodio

FOTOGRAFIA N° 20



Operación: pesado de la margarina

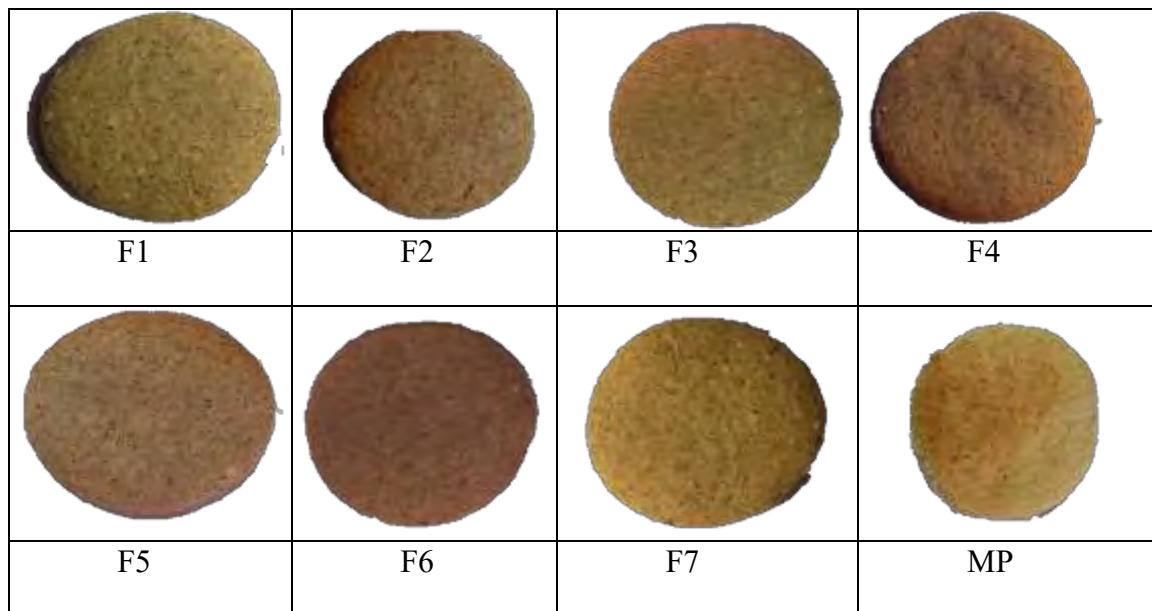
FOTOGRAFIA N° 21



Operación: pesado de la glucosa

FOTOGRAFIA N° 22**Operación:** mezclado**FOTOGRAFIA N° 23****Operación:** amasado**FOTOGRAFIA N° 24****Operación:** Lamiendo**FOTOGRAFIA N° 22****Operación:** moldeado**FOTOGRAFIA N° 23 FOTOGRAFIA N° 24****Operación:** Desmoldeado**Operación:** Horneado**FOTOGRAFIA N° 25****Operación:** galleta

FOTOGRAFIA N° 26

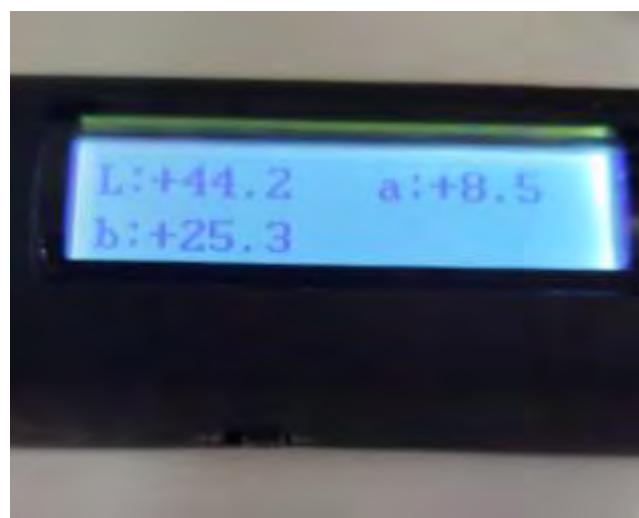


FOTOGRAFIA N° 27



Operación: Texturometro

FOTOGRAFIA N° 28



Operación: Colorimetro

Humedad y cenizas

FOTOGRAFIA N° 29



Operación: Recepción de la muestra de harina de larva

FOTOGRAFIA N° 30



Operación: Pesado de la muestra de harina de larva

FOTOGRAFIA N° 31



Operación: Pesado de la muestra de harina de larva

FOTOGRAFIA N° 32



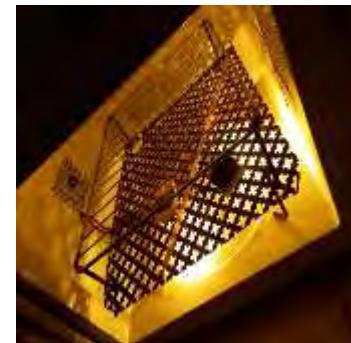
Operación: peso de la harina (3 gr)

FOTOGRAFIA N° 33



Operación: sometido a la estufa

FOTOGRAFIA N° 34



Operación: sometido a la estufa

Fibra y grasa

FOTOGRAFIA N° 35



Operación: peso de la harina (0.05 gr)

FOTOGRAFIA N° 35



Operación: peso del hidróxido de sodio

FOTOGRAFIA N° 35



Operación: peso del hidróxido de sodio

FOTOGRAFIA N° 35



Operación: Rotulado de fibra de harina de larva y galleta enriquecida.

FOTOGRAFIA N° 35



Operación: Mezcla de hidróxido de sodio con la muestra

FOTOGRAFIA N° 35



Operación: Mezcla de hexano con la muestra de harina y galleta

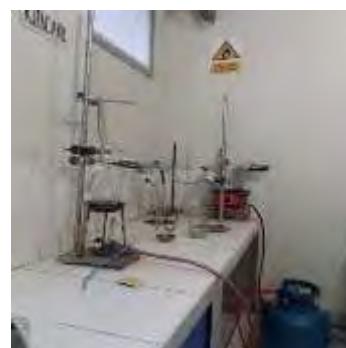
Proteínas

FOTOGRAFIA N° 36



Operación: Digestor de la muestra

FOTOGRAFIA N° 37



Operación: Titulación de la muestra

FOTOGRAFIA N° 38



Operación: Método kjekdal de la muestra

Fotografías del análisis microbiológico

FOTOGRAFIA N° 39



	
Medios de cultivo en análisis	Medios de cultivo para Coliformes
	
Cultivo negativo para Coliformes	Cultivo negativo para Coliformes
	
Cultivo de Microorganismos Heterótrofos, 15 colonias	Cultivo negativo para Salmonella

	
Cultivo para Staphylococcus aureus, 4 colonias	Cultivo para Hongos y Levaduras, 43 colonias de levaduras

FOTOGRAFÍAS DE LA EVALUACIÓN BIOLÓGICA

FOTOGRAFIA N° 40



Operación: Ratas preñadas

FOTOGRAFIA N° 41



Operación: Ratas nacidas

FOTOGRAFIA N° 42



Operación: Separación de macho y hembras

FOTOGRAFIA N° 43



Operación: Ratas destetadas

FOTOGRAFIA N° 44



Operación: Lavado y desinfección de las jaulas

FOTOGRAFIA N° 45



Operación: Lavado y desinfección de los bebederos

FOTOGRAFIA N° 46



FOTOGRAFIA N° 47

Operación: Control de peso

FOTOGRAFIA N° 48

Operación: enjaulado

FOTOGRAFIA N° 49

Operación: control de las ratitas

FOTOGRAFIA N° 50

Operación: galleta molida

FOTOGRAFIA N° 51

Operación: orina de las ratas

FOTOGRAFIA N° 52

Operación: conservación de la orina de las ratas

FOTOGRAFIA N° 53

Operación: conservación de heces de las ratas

FOTOGRAFIA N° 54

Operación: conservación de orina de las ratas

FOTOGRAFIA N° 55

Operación: sacrificio de ratas

ANEXOS

ANEXO 0 1

Reglamento Europeo de insectos aceptados para consumo humano.

Extracto del Reglamento (UE) 2015/2283

Extracto del Reglamento (UE) 2015/2283 sobre nuevos alimentos

Fuente: EUR-Lex

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32015R2283>

Artículo 3 - Definiciones: Se entenderá por "nuevo alimento" cualquier alimento que no haya sido consumido de forma significativa en la Unión antes del 15 de mayo de 1997.

Se consideran "nuevos alimentos" aquellos pertenecientes a las siguientes categorías: (v) Alimentos derivados de animales, incluidos insectos, sus partes o productos derivados como harinas, proteínas, aceites, etc.

Artículo 10 - Procedimiento de autorización: Todo nuevo alimento debe ser evaluado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y autorizado por la Comisión Europea antes de su comercialización. Especies de insectos autorizadas para consumo humano hasta la fecha:

- *Tenebrio molitor* (gusano de la harina)
- *Acheta domesticus* (grillo doméstico)
- *Locusta migratoria* (langosta migratoria)

Nota: La harina de *Hermetia illucens* (mosca soldado negra) está actualmente autorizada solo para consumo en alimentación animal, no humana.

ANEXO 0 2

Norma técnica tailandesa TAS 8202-2017: Buenas prácticas en la producción de grillos para consumo humano

Extracto del estándar tailandés TAS 8202-2017

Buenas Prácticas Agrícolas para la cría de grillos comestibles

Fuente: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS), Ministry of Agriculture and Cooperatives, Tailandia.

Capítulo 1 – Objetivo

Garantizar la producción de grillos (*Acheta domesticus*) destinados al consumo humano mediante prácticas agrícolas seguras, higiénicas y trazables que protejan la salud del consumidor.

Capítulo 2 – Ubicación y diseño de la granja

- **Ubicación:** debe estar lejos de focos de contaminación química, biológica o física.
- **Accesos:** caminos limpios y transitables para facilitar control y transporte.
- **Estructura:** materiales resistentes, lavables y fáciles de desinfectar; control de temperatura (28 – 35 °C), humedad (60 – 85 %) y ventilación.
- **Distribución interna:** separación entre áreas de cría, alimentación, cosecha, almacenamiento y manejo de residuos.
- **Drenaje y saneamiento:** evitar agua estancada y proliferación de plagas.
- **Control externo:** uso de mallas, trampas y limpieza perimetral continua.

Capítulo 3 – Requisitos de producción

- **Alimentación:** insumos inocuos y trazables, libres de contaminantes.
- **Agua:** debe cumplir criterios de potabilidad del Ministerio de Salud de Tailandia.
- **Higiene:** limpieza frecuente de bandejas y utensilios; desecho controlado de residuos.
- **Manejo sanitario:** zonas limpias separadas de las sucias; monitoreo de mortalidad.
- **Capacitación:** trabajadores entrenados en higiene, control de plagas y manipulación.

Capítulo 4 – Cosecha y manejo

Recolección en condiciones higiénicas usando equipos desinfectados.

Sacrificio mediante congelación rápida u otros métodos aprobados.

Prevención de contaminación cruzada durante el procesamiento.

Capítulo 5 – Registros y trazabilidad

Cada lote debe incluir información de origen, alimento, fecha de cosecha y destino final. Los registros deben conservarse para auditorías de certificación GAP del ACFS.

Nota:

El estándar **TAS 8202-2017** es la **primera norma oficial en Asia** dedicada a insectos comestibles y aplica únicamente a la especie *Acheta domesticus* (grillo doméstico).

ANEXO 0 3

Límites fisicoquímicos de la galleta

6.1.2. Criterios físico químicos

PRODUCTO	PARÁMETRO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
Pan de molde (blanco, integral y sus productos tostados)	Humedad	40% - Pan de molde 6% - Pan tostado
	Acidez (expresada en ácido sulfúrico)	0.5% (Base seca)
	Cenizas	4.0% (Base seca)
Pan común o de labranza (francés, baguette, y similares)	Humedad	23% (mín.) – 35% (máx.)
	Acidez (expresada en ácido sulfúrico)	No más del 0.25% calculada sobre la base de 30% de agua
Galletas	Humedad	12%
	Cenizas totales	3%
	Índice de peróxido	5 mg/kg
	Acidez (expresada en ácido láctico)	0.10%
Bizcochos y similares con y sin relleno (panetón, chancay, panes de dulce, pan de pasas, pan de camote, pan de papa, tortas, tartas, pasteles y otros similares)	Humedad	40%
	Acidez (expresada en ácido láctico)	0.70%
	Cenizas	3%
Obleas	Humedad	4% (Obleas)
		5% (Obleas rellenas)
	Acidez (exp. en ácido oleico)	9% (Obleas tipo barquillo) 0.20%
	Índice de peróxido	5 mg/kg

Fuente: (NORMA DE PANADERIAS, MINSA .pdf, s. f.)

ANEXO 0 4*Especificaciones técnicas de alimentos del programa nacional de alimentación escolar QALI WARMA.*

	PERÚ	Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social	Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social	Programa Nacional de Alimentación Escolar QALI WARMA
Versión N° 05		GALLETAS	Resolución Ejecutiva N° D0000 - 2024-MIDIS/PNAEQW -DE	CÓDIGO PDP-GL-2024 Pág. 1 de 4

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1.1 Denominación técnica	Galletas.
1.2 Tipo de alimentos	No Perecible
1.3 Grupo de alimentos	Producción de panadería ¹
1.4 Descripción general	<p>Es el producto elaborado a partir de harina de trigo fortificada con o sin adición de otras harinas, con o sin otros cereales, con o sin granos andinos, con o sin leguminosas, con o sin tubérculos, con o sin semillas (ajonjoli y/o chía y/o anís y/o línaza y/o castaña), grasas y/o aceites comestibles, azúcar, sal, agua, con o sin fortificación y otros ingredientes permitidos, debidamente autorizados de cuya mezcla luego del proceso de homeado, se obtiene un producto de consistencia suave y crocante.</p> <p>No se permite el uso de saborizantes.</p> <p>Ver las denominaciones individuales en el anexo.</p>

2. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS**2.1 Características Organolépticas**

Característica	Especificación	Referencia
Color	De acuerdo a la naturaleza del producto, según su composición. Libre de puntos quemados	Requisito del PNAEQW
Olor	Exento de olores extraños ajenos a la naturaleza del producto	
Sabor	De acuerdo a la naturaleza del producto, exento de sabores rancios	
Textura	Suave y crocante	
Aspecto	Las galletas deben estar integras, exentas de insectos vivos o muertos en cualquiera de sus estadios fisiológicos u otras materias extrañas	
Forma	Redonda, cuadrada, rectangular, palitos o crisímos, rosquitas, no se aceptan tipo municiones	

2.2 Características Físico Químicas

Características	Especificación	Referencia
Humedad (%)	Máximo 12	Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pasteles, aprobada por Resolución Ministerial N°1020-2010/MINSA y su modificatoria aprobada por Resolución Ministerial N°225-2016/MINSA
Proteína (%)	Mínimo 8,5	Requisito del PNAEQW
Azúcar Total (g/100g)	Según normatividad vigente	Ley N° 30021 "Ley de promoción de la alimentación saludable para niños, niñas y adolescentes y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N°017-2017-SA
Grasas Saturadas (g/100g)	Según normatividad vigente	