

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**USO DE LA HARINA DE TENEBRIO (*Tenebrio molitor* L.) PARA LA ELABORACIÓN
DE BARRAS PROTEICAS LIBRES DE GLUTEN**

POR:

ROSA MARÍA VELÁSQUEZ CHEVEZ

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

Mayo, 2025

**USO DE LA HARINA DE TENEBRIO (*Tenebrio molitor* L.) PARA LA ELABORACIÓN
DE BARRAS PROTEICAS LIBRES DE GLUTEN**

POR:

ROSA MARÍA VELÁSQUEZ CHEVEZ

ROY DONALD MENJIVAR BARAHONA Ph.D.

Asesor principal

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA REALIZACION DE TRABAJO PROFESIONAL
SUPERVISADO**

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis está dedicado especialmente a Dios, por ser la luz que guía cada uno de mis pasos, por darme la fortaleza en los momentos difíciles y por bendecirme con la oportunidad de culminar esta etapa tan importante en carrera universitaria

A mi madre Rosa Enedida Chevez Castro por formarme y apoyarme en todas mis decisiones y ponerme en el buen camino, a mis abuelos que en paz descansen Francisca Castro Castillo y Manuel de Jesús Chevez Palacios quienes siempre tuvieron la certeza de lo largo que llegaría, cuyo legado vive en cada logro que alcanzo.

Y a mi prima Lic. Belkis Noemí Chevez Sánchez, ser mi primer impulso fundamental de este camino de mi vida universitaria, por ser mi apoyo sincero

A mis hermanos, Nelsy, Nelson Rita y Manuel por ser compañeros de vida, por su cariño, y por motivarme a ser mejor cada día.

A todos ustedes, con amor y gratitud, les dedico esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Hoy, al finalizar esta etapa tan importante de mi vida, siento la necesidad de expresar, mi más grande gratitud hacia quienes han sido parte esencial de este viaje.

A Dios, en primer lugar, por haberme dado la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar este proyecto. Su guía ha sido esencial en cada paso de este camino académico.

A mi madre, Rosa Chévez, mi guía y fortaleza, su amor incondicional, su lucha silenciosa y su fe inquebrantable han sido la base sobre la que he construido mis sueños. Gracias por enseñarme con el ejemplo, por tus sacrificios y por creer siempre en mí. A mis padrinos, Salustio Suazo y Juana Suazo, y a mi tía Rita Chévez, gracias por su apoyo constante, su palabra oportuna, a mis hermanos, compañeros de vida, que con mucho esfuerzo me han apoyado en cada paso. Ustedes han sido mi refugio y mi motivación. Los amo con todo mi corazón.

A mis asesores y mentores: Dr. Roy Donald Menjívar, M.Sc. Edwar Rivera, Dr. Jhuniórc Marcía y Alberth. Gracias por su orientación paciente y su entrega durante este proceso. Más allá del conocimiento me transmitieron valores compromiso, integridad, su influencia marcó mi camino, y les estaré eternamente agradecida.

A mis colegas y amigos, con quienes compartí desvelos, risas, frustraciones y logros: Jazmín Mejía, Allen Vásquez, Erlin Granados, Andrea Rivera, Milgian Ochoa, Ing. Laura Denisse, Ing. Leyla Santos, M.Sc. Loren Macías, M.Sc. Alba Julia Muñoz y Dra. Nellys Herrera. Gracias por dejar una huella en mi historia. Esta tesis no solo es un documento académico: es la suma de todos los momentos vividos, de todas las manos tendidas, de todo el amor recibido.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos específicos	2
III. REVISIÓN LITERARIA	3
3.1. Seguridad Alimentaria en Tiempos de Cambio Climático	3
3.2. Necesidades nutricionales de niños en etapa escolar	4
3.3. Entomofagia.....	6
3.4. Impacto de los insectos como fuente de alimento sostenible	7
3.5. Cría de insecto para consumo humano.....	8
3.5.1. Producción de la entomofagia	8
3.5.2. Aporte nutricional	8
3.6.1 Alergenos en los insectos	10
3.6.2. Peligros microbiológicos.....	11
3.6.3. Regulaciones Alimentarias para el consumo de insectos.....	12
3.7. Biología y ciclo de vida <i>Tenebrio molitor</i> Linnaeus	13
3.7.2. Descripción morfológica.	14
3.7.3. Hábitos Alimenticios.....	16
3.7.4 Valor nutricional <i>T. molitor</i>	17
3.7.5. Vinculo del Gluten con el <i>T. molitor</i>	18
3.7.6. Sostenibilidad ambiental.....	19
3.8. Barra Proteica	19

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1. Lugar de la investigación.....	24
4.2. Materiales y equipo.....	25
4.3. Metodología	27
4.3.1. Fase I: Crianza y reproducción de <i>Tenebrio molitor</i>	27
4.3.2. Fase II: Desarrollo de las formulaciones.....	31
4.3.3. Fase III: Análisis fisicoquímicos de las formulaciones.....	37
4.3.4 Fase IV Análisis sensorial.....	37
V. RESULTADOS.....	40
Calidad microbiana de la harina de <i>T. molitor</i>.....	40
Formulación con mayor aceptabilidad.	42
Análisis sensoriales.....	43
Aceptabilidad General de las barras proteicas	47
Análisis físico- químicos de barra proteica.....	48
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	53
VIII. BIBLIOGRAFÍA	54
IX. ANEXOS.....	62

Velásquez Chevez, Rosa María (2025): Uso de la harina de tenebrio (*Tenebrio molitor L*) para la elaboración de barras proteicas libres de gluten. Trabajo profesional supervisado de tesis de grado ingeniería en tecnología alimentaria, Facultad De Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras.

RESUMEN

El aumento exponencial de la población mundial ha incrementado la demanda de proteínas de calidad. En este contexto, la entomofagia juega un papel importante en la dieta humana, al ofrecer perfiles nutricionales superiores a las fuentes animales convencionales. Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar barras proteicas libres de gluten con harina de *Tenebrio molitor* como fuente principal proteína, evaluando su inocuidad mediante ensayos microbiológicos, optimizando formulaciones con pruebas sensoriales y analizando propiedades físico-químicas (pH, °Brix, humedad). Las larvas de *T. molitor* fueron sometidas a un proceso de ayuno, escaldado, deshidratación y molienda para obtener la harina. Se evaluó microbiológicamente para *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*, sin detectarse contaminación. Se diseñaron cuatro formulaciones (689: limón, 247: chocolate, 130: piña coco, 315: banano), todas con un 10% de harina de *T. molitor*, porcentaje asociado al contenido proteico y requerimientos diarios en menores de edad. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado con análisis de varianza y prueba Tukey ($\alpha = 0.05$) En la evaluación sensorial, realizada con 100 jueces no entrenados mediante una escala hedónica de nueve puntos, la aceptación para los atributos; la muestra 247 obtuvo los mejores puntajes en color (84.33%) y aroma (83.11%), mientras que la 315 destacó en sabor (84.56%) y textura (78.78%). La muestra 315 obtuvo la mejor aceptación general (rango de 72) y con mayor intención de compra (64). Las barras proteicas con harina de *T. molitor* no generaron efectos negativos en sus propiedades sensoriales y representan una alternativa viable para personas que no consumen gluten.

Palabras Claves: Entomofagia, proteína alternativa; crecimiento larval, calidad microbiana

I. INTRODUCCIÓN

A medida que la población mundial sigue creciendo, junto con las crecientes preocupaciones sobre la contaminación ambiental (Khayrova, et al, 2024). y la inseguridad alimentaria ha llevado a la búsqueda de alternativas sostenibles en la producción de alimentos, la inseguridad alimentaria es un desafío mundial que ha ido en aumento a lo largo de los años, habiendo adquirido particular importancia debido a una serie de eventos, como, por ejemplo, la variabilidad climática, los fenómenos meteorológicos extremos, las recesiones económicas, la inasequibilidad de las dietas saludables y la persistente desigualdad social, todos estos hechos sitúan al mundo en un entorno que sigue generando inseguridad alimentaria y malnutrición (FAO, 2024).

Frente a estos desafíos, la entomofagia ha emergido como una solución innovadora esta se define como la utilización de los insectos como fuente alimenticia para humanos y desde el 2012 con la publicación de la FAO “Edible insects, futuro prospects for food end feed security” ha ocasionado que el mundo entero mire hacia la clase inesta como una alternativa viable para abordar tanto la inseguridad alimentaria como el cambio climático, atrayendo la atención hacia su potencial en la alimentación humana y animal. dar respuesta al tema de seguridad alimentaria y cambio climático (FAO 2021, 2013).

Dentro de esta clase de insectos, el *Tenebrio molitor* conocido como gusano de la harina o gusano amarillo de la harina (Zafeiriadis, *et al.*, 2024), es un insecto fácil de criar y cuyo mantenimiento no es complicado, además, dicha larva se puede caracterizar por altos contenidos de proteínas totales, aminoácidos esenciales, minerales, grasas totales y cenizas superando por encima del 100% a las fuentes proteicas tradicionales de consumo como ser las carnes tradicionales, es decir, pollo, cerdo, res, pescado y huevos, lo que lo hace ideal para ser transformado en harina (FAO 2022). Sin embargo, la harina del *T. molitor* es considerablemente más que una fuente de proteínas puras y de alta calidad. Dicha sustancia tiene múltiples oportunidades de uso que lo hacen particularmente adecuada para la producción de alimentos como una barra proteica sin gluten. (Siemianowska *et al.*, 2013)

Desde una perspectiva ambiental, la producción de barras proteicas a base de harina de insectos no solo contribuye a mejorar la nutrición, sino que también promueve la sostenibilidad, a medida que la población mundial crece (ONU 2023). Desarrollo moderno deteriora el medio ambiente, se vuelve fundamental buscar fuentes de alimentos que requieran menos energía y espacio, y que generen menos residuos y emisiones de gases de efecto invernadero, la cría de insectos, como el *T. molitor*, presenta una opción más eficiente y menos contaminante en comparación con la ganadería tradicional (Zafeiriadis, *et al.*, 2024). Según (Siemianowska, *et al.*, 2013), los insectos generan menos desechos, ocupan menos espacio y ofrecen una alternativa prometedora en la producción de alimentos sostenibles.

Por lo anterior, este estudio tiene como novedad científica en explorar la viabilidad de la harina de tenebrio como ingrediente para la elaboración de barras proteicas libres de gluten. Además, tiene por objetivo el desarrollo barras proteicas libre de gluten utilizando harina de *T. molitor* como fuente principal de proteína y alternativa de seguridad alimentaria y nutricional, a través de la entomofagia.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar barras proteicas libre de gluten utilizando harina de *Tenebrio molitor* como fuente principal de proteína y alternativa de seguridad alimentaria y nutricional, a través de la entomofagia.

2.2. Objetivos específicos

Evaluar la inocuidad de la harina de tenebrio mediante ensayos microbiológicos.

Optimizar las formulaciones de una barra proteica elaborada a partir de harina de tenebrio a través de pruebas sensoriales en consumidores.

Evaluar las características, físico-químicas de las formulaciones, a partir de análisis instrumental a escala de laboratorio.

III. REVISIÓN LITERARIA

3.1. Seguridad Alimentaria en Tiempos de Cambio Climático

La inseguridad alimentaria es un problema mundial que ha atraído cada vez más la atención pública debido al cambio climático y al crecimiento demográfico, se estima que la población mundial alcanzará los 9,700 millones de personas para 2050 y que la demanda de alimentos aumentará un 70 %, (ONU, 2023).Según el (Grupo Banco Mundial 2022).

El calentamiento global influye en los patrones meteorológicos, provocando olas de calor, lluvias intensas y sequías en 2021, el aumento de los precios de los productos básicos alimentarios fue uno de los factores principales que llevó a aproximadamente 30 millones de personas más de los países de ingreso bajo a padecer inseguridad alimentaria. (Grupo Banco Mundial 2022). La composición nutricional de los insectos, combinada con un uso más eficiente de los recursos naturales y una menor huella ambiental, contribuye al ODS 2 (hambre cero), el ODS 3 (salud y bienestar) y el ODS 12 (consumo y producción responsables) (FAO 2021)

Según FAO (2022) en la producción ganadera en Estados Unidos una vaca requiere 10 kg de alimento por kilo de peso, es decir, una res que pesa 400 kg requiere 4.000 kg de alimento. El cerdo y las aves requieren 5 kg y 2,5 kg por cada kilo de peso, respectivamente. Como lo señala la Programa Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). Lo mismo ocurre con los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, óxido nitroso, metano y ozono.

En total, una vaca produce 2,850 gramos de gases de efecto invernadero por kilo de peso, el estiércol del ganado y sus liberaciones gastroentéricas, representan el 32 % de las emisiones de metano, un elemento responsable del 30 % del calentamiento global, se debe considerar una producción alternativa de alimentos que no requiera un gran aporte de energía ni genere grandes cantidades de productos de desecho y gases de efecto invernadero, lo cual es típico de la producción animal como la cría de cerdos, ganado o aves (Siemianowska et al. 2013).

3.2. Necesidades nutricionales de niños en etapa escolar

La infancia es la primera etapa del desarrollo físico, psíquico y social de la persona. El fenómeno más importante que determina el crecimiento y desarrollo de las niñas y niños es la alimentación, sobre todo. las necesidades de los diferentes nutrientes van variando dependiendo del ritmo de crecimiento individual, del grado de maduración de cada organismo, de la actividad física, del sexo y también de la capacidad para utilizar los nutrientes que de los alimentos consumidos durante la infancia. (Serafin 2012).

Por eso, la alimentación y nutrición adecuada durante la etapa escolar permitirá a la niña y al niño crecer con salud, así como la educación alimentario nutricional debe ser uno de los principales objetivos para familias y docentes, porque la malnutrición, tanto por déficit desnutrición o por exceso sobrepeso y obesidad puede ser una serie de consecuencias indeseadas a corto y largo plazo (Serafin 2012).

En Honduras se estima un 19 % de los niños menores de cinco años padece de retardo en el crecimiento o desnutrición crónica (baja estatura para su edad) y cuatro por ciento de las niñas y niños se encuentra con retardo en el crecimiento severo (desnutrición crónica severa). La prevalencia de bajo peso es siete por ciento. Entre las niñas y niños menores de cinco años, dos

por ciento tienen emaciación (desnutrición aguda) y, por otro lado, la prevalencia de sobrepeso y obesidad en el mismo grupo de menores de cinco años es de cinco por ciento (ENDESA 2021).

La prevalencia total de anemia a nivel nacional por deficiencia de hierro, en niñas y niños de 6 a 59 meses de edad es de 36 por ciento, según el tipo de anemia por nivel de hemoglobina encontrado; 24 por ciento de niños padece de anemia leve, 13 por ciento padece anemia moderada y la prevalencia de anemia severa es 0.3 por ciento (ENDESA 2021).

Según (Quintana et al. 2001) los niños en etapa escolar tienen un requerimiento diario de nutrientes que incluyen minerales como calcio, fósforo, magnesio, flúor, selenio, además de vitaminas y otros componentes esenciales para el crecimiento. Estos valores cambian según la etapa de desarrollo y sexo, siendo más elevados durante la adolescencia debido a las mayores demandas energéticas y de crecimiento como se muestra en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Rendimiento diario de ingesta de calcio, fósforo, magnesio flúor Selenio y colina

Edad (años)	Calcio (mg/d)	Fósforo (mg/d)	Magnesio (mg/d)	Flúor (mg/d)	Selenio (mg/d)	Colina (mg/d)
1-3	500	450	80	0.7	20	200
4-8	800	500	130	1	30	250
9-13 (h)	1300	1250	240	2	40	375
9-13 (m)	1300	1250	240	2	40	375

Fuente: (Peña Quintana et al. 2001).

Tabla 2: (RDA 1989) requerimiento diario de energía, proteínas, vitamina A, vitamina K, cinc, hierro, yodo

Edad (años)	Energía (kcal)	Energía (kcal/kg)	Proteínas (g/kg)	Proteínas (g)	Vitamina a (mg re)	Vitamina k (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Yodo (mg)
1-3	1300	102	1.2	16	400	15	10	10	70
4-6	1800	90	1.1	24	500	20	10	10	90
7-10	2000	70	1	28	700	30	10	10	120
11-14	2500	55	1	45	1000	45	12	15	150
(h)									
11-14	2200	47	1	46	800	45	15	12	150
(m)									

Fuente: (Peña Quintana et al. 2001).

3.3. Entomofagia

La entomofagia es el consumo de insectos por los seres humanos, se practica en muchos países de todo el mundo, durante siglos, los insectos se han utilizado como alimento debido a su disponibilidad y facilidad de crianza, que es mucho menos onerosa para el medio ambiente que la cría de animales. La ingesta de insectos complementa la dieta de aproximadamente 2.000 millones de personas, y se trata de un hábito que siempre ha estado presente en la conducta alimentaria de los seres humanos (FAO 2013).

Como lo señala (FAO, 2021, Siemianowska, *et al.*, 2013), se consumen alrededor de 2111 especies de insectos, incluidas 547 en México, en muchos países pobres donde los alimentos nutritivos son escasos, los insectos son una fuente importante de alimento, se sabe que su consumo fue descrito por primera Los primeros registros de personas que consumían insectos datan del siglo VIII a. C. en Oriente Medio (Bodenheimer, 1951)

3.4. Impacto de los insectos como fuente de alimento sostenible

Desde 2003, la FAO ha reconocido el potencial de utilizar insectos comestibles como alimento y pienso y apoya una serie de cuestiones relacionadas con los insectos comestibles. El cultivo de insectos para la alimentación humana es menos perjudicial para el medio ambiente y más barato, por lo que el resultado compensa el esfuerzo, debido a sus características de altos valores nutritivos y diversas ventajas ambientales en comparación con otros animales el interés académico y público en la entomofagia aumentó considerablemente (Wang y Park 2024).

La producción de insectos ofrece numerosos beneficios. Por ejemplo, genera una cantidad significativamente menor de gases de efecto invernadero en comparación con otras fuentes de proteína animal y consume considerablemente menos agua que la ganadería tradicional (FAO, 2022). Además, requiere mucho menos espacio de tierra que la producción de animales de granja. Los insectos también destacan por su alta eficiencia al transformar los recursos en proteínas. Como ejemplo, los grillos necesitan 12 veces menos alimento que el ganado para producir una cantidad equivalente de proteínas. (FAO 2022).

Por eso el consumo de insectos podría contribuir a reducir estos impactos. Las Emisiones de CO₂-equivalente a la producción de 1 kilogramo de proteína de *Tenebrio* genera entre 2,7 y 3,7 kg de CO₂-eq. En comparación con la producción de 1 kilogramo de proteína de carne de res puede emitir entre 27 y 32 kg de CO₂-eq (Oonincx et al. 2010).

Los insectos tienen tasas de conversión muy altas, lo que significa que la mayor parte del alimento que comen se transforma en biomasa. Estas tasas oscilan alrededor de 1,5 kg de alimento por kg de insecto producido. En comparación con los sectores agrícolas tradicionales, las tasas de conversión del ganado pueden ser de hasta 10 kg de alimento por kg de carne producida, lo que pone de relieve el poder eficiente de los insectos para convertir los alimentos en proteínas (PROTIBERIA 2022).

3.5. Cría de insecto para consumo humano

3.5.1. Producción de la entomofagia

La producción intensiva de insectos necesita garantizar la seguridad alimentaria, la vida útil y la diversificación del producto o nuevas presentaciones para llegar a diferentes consumidores potenciales y superar la neofobia. La producción comercial con interés en las diferentes industrias que se pueden incluir:

Elaboración de piensos animales por sus cualidades nutricionales.

Elaboración de alimentos para alimentación humana, debido a su alto valor nutricional.

Producción de biofertilizantes: los excrementos de los insectos en general y del escarabajo molinero en particular son conocidos como frass, y presentan una serie de características que le permiten ser usado como fertilizante orgánico. (Fraqueza y Patarata 2017).

Fuente de quitina es un biopolímero y, junto con su derivado quitosano, posee gran cantidad de aplicaciones en campos como la agricultura, la biotecnología, industria farmacéutica, medicina, en el tratamiento de aguas residuales, etc., fuente de extractos y compuestos bioactivos. Los *T. molitor*, presenta ciertos compuestos bioactivos que pueden ser beneficiosos para la dieta humana o para ser usados como ingredientes funcionales de suplementos y preparados nutracéuticos (Fraqueza y Patarata 2017).

3.5.2. Aporte nutricional

Los insectos comestibles tienen un valor nutricional y pueden ser un elemento saludable para incorporar a nuestra dieta. Ofrecen energía, grasa, proteínas y fibra y, según el insecto, tabla 3 y Tabla 4, pueden ser una buena fuente de micronutrientes, como zinc, calcio y hierro (FAO 2022).

Tabla 3. Composición química de los órdenes de insectos más comunes

Orden de insectos comestibles	Proteína (g/100 g)	Grasa (g/100 g)	Fibra (g/100 g)	Enf (g/100g)	Ceniza (g/100 g)	Energía (kcal/100 g)
Blattodea	57.30 ^a	29,90 ^a	5.31 ^a	4.53 ^a	2,94 ^a	N/a ^{ab}
Coleópteros	40,69 ^a	33.40 ^a	10,74 ^a	13.20 ^a	5.07 ^a	490,30 ^a
Dípteros	49,48 ^a	22,75 ^a	13.56 ^a	6.01 ^a	10.31 ^a	409,78 ^a
Hemípteros	48.33 ^a	30.26 ^a	12.40 ^a	6.08 ^a	5.03 ^a	478,99 ^a
Himenópteros	46,47 ^a	25.09 ^a	5.71 ^a	20.25 ^a	3.51 ^a	484,45 ^a
Isópteros	35.34 ^a	32,74 ^a	5.06 ^a	22,84 ^a	5.88 ^a	356,00 ^b
Lepidópteros	45.38 ^a	27,66 ^a	6.60 ^a	18,76 ^a	4.51 ^a	508,89 ^a
Odonatos	55.23 ^a	19,83 ^a	11,79 ^a	4.63 ^a	8.53 ^a	431.33 ^a
Ortópteros	61.32 ^a	13.41 ^a	9.55 ^a	12,98 ^a	3,85 ^a	426,25 ^a
A = los datos fueron adaptados de rumbold y schlüter (2013).						
B = los datos fueron adaptados de bukkens (1997)						

Fuente: (Liang et al. 2024).

Tabla 4. Contenido de vitaminas y minerales de diferentes especies de insecto usados como fuente de proteína (mg/kg). Adaptado de: (Akhtar y Isman, 2018)

Insecto	Ca (mg)	Zn (mg)	Fe (mg)	K (mg)	Mg (mg)	Niacina (mg)	B12 (µg)	Tiamina (mg)
Grillo (<i>a. Domesticus</i>)	40.7	6.7	1.9	347	33.7	3.8	5.4	34.1
Gusano de harina (<i>t. Molitor</i>)	23.1	4.6	2.2	340	60.6	5.6	0.5	2.1
Gusano ceroso (<i>g. Mellonello</i>)	24.3	2.5	5.0	221	32.6	3.7	0.1	2.3
Larva de mosca soldado negra	934.2	13	6.6	453	40	7.1	5.5	7.7
Gusano de seda (<i>b. Mori</i>)	17.	3.1	1.6	326	49.8	2.6	0.1	3.3

Fuente: (Liang et al. 2024).

3.6.1 Alergenos en los insectos

El sistema inmunitario de las personas alérgicas a los mariscos está sensibilizado a ciertas proteínas de los crustáceos (FAO 2021). Las proteínas tropomiosina y arginina quinasa se han identificado como los principales alérgenos dentro de los insectos que pueden generar una respuesta alérgica cuando son consumidos por individuos sensibilizados (Mancini, et al, 2020). El consumo de insectos puede activar una respuesta alérgica del sistema inmunitario debido al reconocimiento de proteínas similares. Además de la reactividad cruzada, existe la posibilidad de desarrollar una sensibilización de novo a alérgenos de insectos que aún no han sido identificados (FAO 2021).

3.6.2. Peligros microbiológicos

Microbiología en insectos comestibles: normas y límites permisibles

La creciente incorporación de insectos comestibles en la alimentación humana ha impulsado la necesidad de establecer criterios microbiológicos específicos para garantizar su seguridad. Aunque actualmente no existen normas microbiológicas universales para insectos, algunos países han adoptado límites basados en regulaciones existentes para otros alimentos. Por ejemplo, en Bélgica y los Países Bajos, se han propuesto límites provisionales para productos de insectos, como la ausencia de *Salmonella* en 25 g y niveles de *E. coli* inferiores a 100 UFC/g, alineándose con los estándares para productos listos para el consumo humano. Estos criterios buscan mitigar riesgos microbiológicos asociados al consumo de insectos (Grabowski y Klein 2017, Aitana Lirola Cano et al., 2022).

La Unión Europea, a través de su legislación sobre nuevos alimentos, también ha abordado la seguridad microbiológica de los insectos comestibles. Aunque no establece límites específicos, se requiere que los productos derivados de insectos cumplan con los estándares generales de seguridad alimentaria, incluyendo la ausencia de patógenos como *Salmonella* y niveles aceptables de bacterias indicadoras de higiene. Esto implica que los productores deben implementar sistemas de control de calidad y análisis de peligros para garantizar la inocuidad de sus productos (Meijer et al., 2025)

Presencia de *Salmonella* en insectos comestibles

Salmonella es un patógeno entérico que puede colonizar el tracto digestivo de los insectos, especialmente si se crían en condiciones insalubres o con sustratos contaminados. La contaminación puede ocurrir durante la cría, el procesamiento o el almacenamiento, representando un riesgo potencial para la salud humana. Estudios han identificado la presencia de serotipos como *Salmonella* en productos de insectos, hay que tomar en cuenta la necesidad de prácticas higiénicas rigurosas en todas las etapas de producción (Meijer et al., 2025)

Presencia de *Escherichia coli* en insectos comestibles

Escherichia coli es una bacteria comúnmente encontrada en el intestino de animales y humanos, y su presencia en alimentos es un indicador de contaminación fecal. En el contexto de los insectos comestibles, la detección de *E. coli* puede deberse a prácticas de cría inadecuadas o a la contaminación durante el procesamiento. Aunque no todas las cepas de *E. coli* son patógenas, algunas, como las productoras de toxina Shiga, pueden causar enfermedades graves en humanos (Meijer et al., 2025).

3.6.3. Regulaciones Alimentarias para el consumo de insectos

En América Latina, la cría, procesamiento y comercialización de invertebrados, especialmente insectos, para el consumo humano y animal aún están en una fase incipiente. La normativa vigente se basa en las directrices internacionales del Codex Alimentarius, que aún no reconocen a los insectos como alimentos para consumo humano. Sin embargo, el procesamiento y almacenamiento de insectos y sus productos deben cumplir con las mismas normas sanitarias y de seguridad que se aplican a cualquier otro alimento o pienso, para garantizar su inocuidad microbiológica y química (Fraqueza y Patarata 2017).

Existen miles de especies de insectos que se utilizan como alimento en todo el mundo, y varios inventarios detallados de insectos comestibles han sido publicados, debido al creciente interés en el consumo de insectos, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESa) promovió una evaluación, a través de su Comité Científico, sobre el perfil de riesgo asociado a la producción y consumo de insectos como alimentos y piensos. Según este informe, solo un número reducido de especies se producen comercialmente para la alimentación, tanto dentro como fuera de Europa (Fraqueza y Patarata 2017).

Cabe destacar que en 2013 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) publicó un volumen sobre los usos potenciales y prácticos de los insectos comestibles como alimentos y piensos para responder a la demanda mundial de proteínas alimentarias (Mancini et al. 2020).

En 2015, la Unión Europea aprobó el Reglamento UE 2015/2283 que reconoce y regula los insectos como alimentos para el consumo humano. Además, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESA), que considera a los insectos como un **“nuevo alimento”**, ya sean secos enteros o molidos, ha recomendado una revisión de las regulaciones y de la autorización del uso de proteínas de insectos en los alimentos para animales de granja (Arévalo Arévalo et al. 2022).

3.7. Biología y ciclo de vida *Tenebrio molitor* Linnaeus

¿Qué es un *T. molitor*?

El *T. molitor* o gusano de la harina es una especie de coleóptero de la familia de los escarabajos. Su uso se centra principalmente en su fase de larva, es uno de los insectos más prometedores para los sectores de alimentos y piensos debido a su baja demanda de cría y a su alta capacidad de producción a escala industrial, así como a su alta composición nutricional (Mancini et al., 2020). Es la especie que más se utiliza para el consumo humano o entomofagia. El pasado 13 de enero de 2021, la Agencia Europea para la Seguridad alimentaria (EFSA) certificó que el uso del *T. molitor* para consumo humano es seguro (Turck et al. 2021).

3.7.1. Clasificación Taxonómica del *T. molitor*. (Andrés, 2021)

- Reino: Animalia
- Filo: Arthropoda
- Clase: Insecta
- Orden: Coleoptera

- Familia: Tenebrionidae
- Género: Tenebrio
- Especie: *Tenebrio molitor* (**Linnaeus, 1758**)

3.7.2. Descripción morfológica.

Tamaño:

- Larva: desde 1 mm hasta los 30 mm.
- Adulto: 15-20 mm.

Morfología:

- Morfología: Cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. Posee seis patas, antenas y mandíbulas desarrolladas (Terrartropoda, 2013).
- Los huevos ovoides, alargados, cubiertos con una sustancia pegajosa con la que adhiere los huevos al sustrato.
- Las larvas: de los huevos del gusano de la harina nacen larvas pequeñas (aproximadamente tres mm de largo) de color blanquecino. Después de unos días, se vuelven amarillentas, seis pro-patas en los primeros segmentos. Cabeza oscura y pequeña y producen un exoesqueleto quitinoso duro. Una larva adulta pesa aproximadamente 0,2 g y mide entre 25 y 35 mm de largo
- La pupa es una criatura de vida libre, de 12 a 18 mm de largo y de color blanco cremoso.
- Los adultos son marrones rojizos, algunos casi negros y siempre brillantes. Protórax finamente punteado y élitros con estrías longitudinales. (Siemianowska et al. 2013).

Esperanza de vida según

- Huevo: 7-10 días

- Larva: 45-60 días
- Pupa: 7-30 días
- Adulto: 30 días
- **Total, ciclo: 89-130 días (TERRARTROPODA 2013).**

Dimorfismo sexual:

- Existe un dimorfismo entre los segmentos cinco, seis y siete de las pupas y adultos algo difícil de observar.
- En los adultos hay una apertura mayor entre los segmentos de los machos a diferencia de una apertura menor en el de las hembras.
- En las pupas hembras el séptimo segmento está claramente dividido verticalmente en dos, mientras que en los machos solo se muestra una apertura pequeña en medio.
- También en los adultos tienen la tibia del primer par de patas curvadas, mientras que las hembras las tienen rectas.

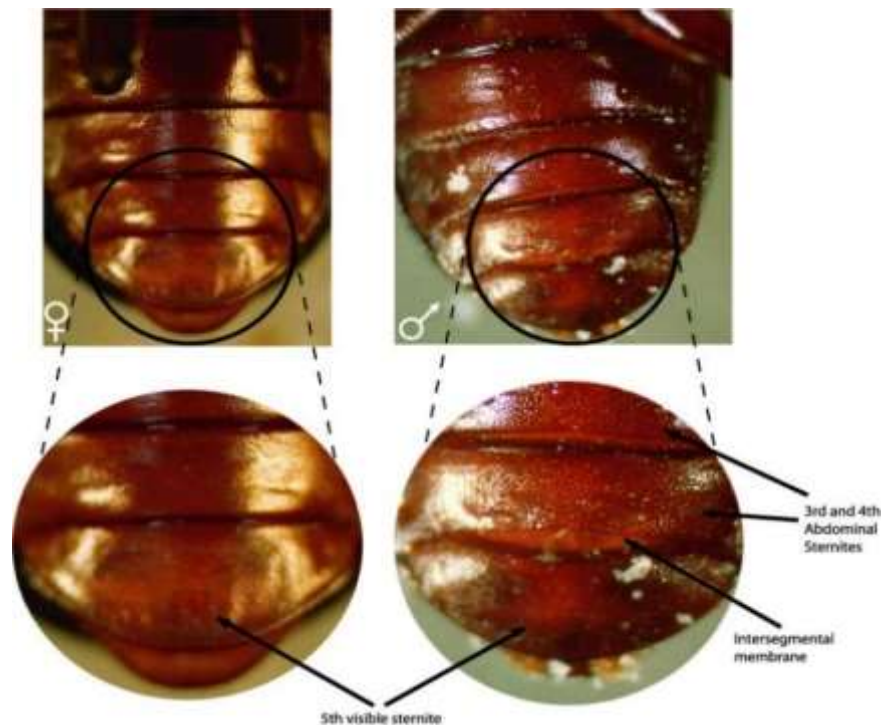


Figura 1. Dimorfismo sexual *Tenebrio molitor*

Fuente: (TERRARTROPODA 2013).

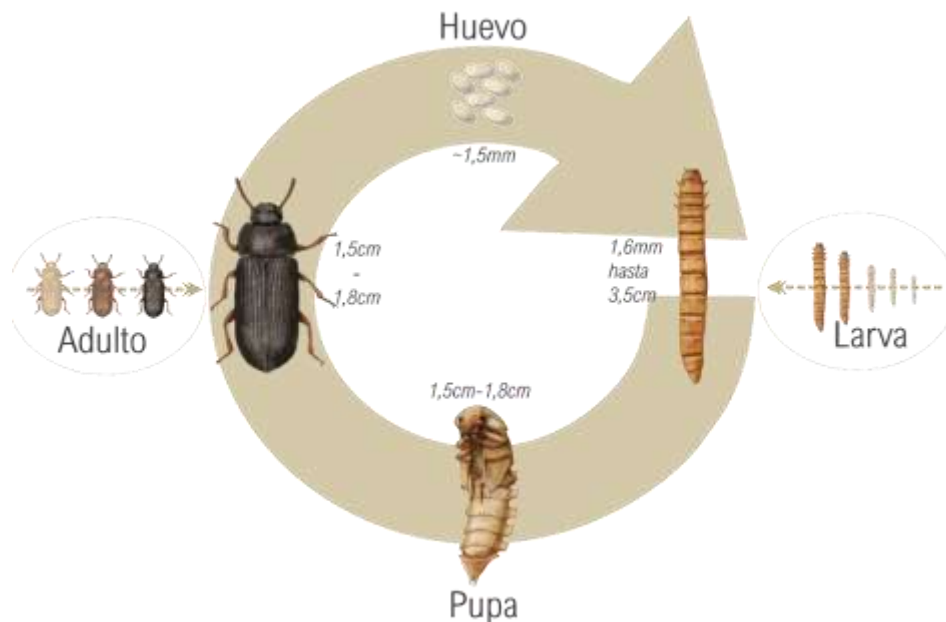


Figura 2. Ciclo de *Tenebrio molitor*

Fuente: (Pablo, 2023).

3.7.3. Hábitos Alimenticios

Los tenebrios por lo general, los gusanos de la harina se crían en un ambiente cerrado en contacto constante con su alimento, llamado sustrato se alimenta de todo tipo de cereales y granos y prefieren los que se encuentran húmedos y en estado de descomposición. Atacan todo tipo de subproductos de la molienda, harinas, semillas, insectos muertos entre otros, son coleópteros de hábitos nocturno (Andrés Silva Vázquez 2021).

.3.7.4 Valor nutricional *T. molitor*

La composición química de los gusanos de la harina está equilibrada en cuanto a contenido proteico (alrededor del 50 % en base a materia seca) y lípidos (alrededor del 30-35 % en base a materia seca) (Mancini et al., 2019, Osimani et al., 2017). Además, los gusanos de la harina son una buena fuente de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales (Mancini et al. 2020).

Tabla 5. Contenido de vitaminas de la larva de *T. molitor*, los datos se encuentran expresados en base a 100 gr de porción comestible

Nutriente	Cantidad
Vitamina E (UI)	0,99
Vitamina A (UI)	29
α-tocoferol (mg)	1,9
Piridoxina (mg)	0,70
Tiamina (mg)	0,18
Riboflavina (mg)	1,21
Niacina (mg)	4,10
Ácido pantoténico (mg)	2,04
Folato (μg)	137
Vitamina B12 (μg)	0,30
Vitamina C (mg)	1,8

Fuente: (Medrano, 2019).

Tabla 6. Contenido nutricional de las lavas de *T. molitor*

Nutrientes	Valor
Humedad (g/100 g)	0,8
Proteína (g/100 g MS)	49,3
Grasa (g/100 g MS)	29,9
Ceniza (g/100 g MS)	3,7

Fuente: (Ribeiro et al., 2024).

3.7.5. Vinculo del Gluten con el *T. molitor*.

El gluten en las larvas tiene una relación directa con el contenido de gluten de los sustratos. El lavado y el ayuno disminuyeren la cantidad de gluten destacando que están presente en la superficie de los gusanos de la harina y en su intestino. Con los procedimientos de lavado y ayuno, el contenido de gluten tiene que ser inferior a 20 ppm (producto sin gluten). mientras que, si el producto ha sido elaborado con ingredientes obtenidos a partir de trigo, centeno, cebada, avena, escaña común, o sus variedades cruzadas, de los que se ha eliminado el gluten, el contenido en gluten no supere las 100 ppm, pero estos cambios en la Norma están pendientes de aprobación (José González *et al.*, 2007).

El gluten en alimentos puede ser medido mediante la técnica de ELISA R5 (del inglés Enzyme Linked ImmunoSorbent Assay) consiste en un ensayo de principio inmunológico del reconocimiento y unión de los anticuerpos a las moléculas que reconocen como extrañas (antígenos), este método permite la detección de gluten de trigo, centeno y cebada, incluso después del tratamiento de los alimentos con calor. Para detectar gluten de avena, el mismo grupo ha desarrollado un ensayo ELISA específico para avena, la sensibilidad de este método es de tres ppm de gluten, siendo por ello particularmente apropiado para el análisis de gluten en el intervalo de baja concentración (20-200 ppm) (José González et al. 2007).

No obstante, es necesario tener cuidado ya que el riesgo final de contaminación no es cero, por lo que se recomienda realizar pruebas a los gusanos de la harina para detectar la presencia de gluten (Mancini et al. 2020).

3.7.6. Sostenibilidad ambiental

Los insectos podrían criarse con varios alimentos, en relación con sus necesidades y con el objetivo fijado. Para mantener un bajo impacto ambiental, los insectos comestibles se crían con alimentos sostenibles, como subproductos, que no cumplen con los valores nutricionales necesarios para la cría de otros animales de granja (Mancini et al. 2020).

3.8. Barra Proteica

Una barrita proteica es un tipo de tentempié o suplemento nutricional rico en proteínas y a menudo es bajo en hidratos de carbono y grasas, estas barritas suelen estar hechas de una mezcla de fuentes de proteínas, como proteínas de suero de leche, soja y guisantes o incluso proteínas alternativas más sostenibles, como la harina de insectos, específicamente el *T. molitor* junto con otros ingredientes como frutos secos, semillas, fruta y edulcorantes (EMR, 2023).

La mayoría de las barras nutricionales que encontramos en el mercado están diseñadas principalmente para proporcionar energía mediante carbohidratos y grasas, dejando el contenido de proteínas en un segundo plano., Estudios recientes muestran que, en las barras comerciales convencionales, el porcentaje promedio de proteínas es de tan solo un **5,5%**, lo que resulta insuficiente para cubrir las demandas proteicas de personas con un estilo de vida activo o que buscan mejorar su ingesta proteica (Olivera C. et al. 2012).



Figura 3. Barra Proteica

Fuente (Alltricks s.f.).

La avena:

La avena (*Avena sativa L.*) es un cereal rico en fibra dietética soluble, como el beta-glucano, además de proteínas, lípidos, vitaminas, minerales y polifenoles. Aunque no contiene gluten, es bien tolerada por la mayoría de personas con celiaquía. gracias a su contenido en fibra y fitoquímicos, se ha demostrado que los cereales integrales, como la avena, contribuyen a la prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes, control de peso y salud gastrointestinal, se ha mostrado un efecto positivo en la reducción del colesterol y el riesgo de enfermedad coronaria, atribuible al beta-glucano. Por esto, se promueve su inclusión en una dieta equilibrada junto a otros cereales integrales (Aparicio Vizuite y Ortega Anta 2015).

La miel:

La miel de abeja (*Apis mellifera*) ha sido apreciada por la humanidad durante miles de años, no solo por su delicioso sabor, sino también por sus increíbles beneficios para la salud. En la antigüedad, se utilizaba tanto como un alimento nutritivo como un remedio natural para tratar diversas dolencias. Aunque su uso en la medicina tradicional es muy antiguo, la ciencia moderna ha "redescubierto" sus propiedades y las ha validado.

Uno de los aspectos más impresionantes de la miel es su poder antibacteriano. Gracias a su composición rica en enzimas y compuestos especiales, la miel puede ayudar a combatir infecciones y proteger el cuerpo contra bacterias dañinas. Hoy en día, muchos estudios confirman lo que nuestros antepasados ya sabían: la miel no solo es un alimento energético, sino también un recurso valioso para la salud y el bienestar (Schencke *et al.*, 2016).

Crema de maní:

El maní (*Arachis hypogaea L.*), es conocido como cacahuete, es una legumbre que pertenece a la familia Fabaceae, partir de este fruto se elabora la crema de maní, un alimento obtenido al moler granos de maní maduros, que han sido tostados o fritos. Este producto suele enriquecerse con sal y saborizantes permitidos para mejorar su sabor (Oryan Rengifo Ruiz *et al.*, 2021).

La crema de maní es conocida por ser una excelente fuente de proteínas (25,8%), grasas saludables (49,2%) y carbohidratos (16,1%), lo que la convierte en una opción nutritiva y equilibrada. Además, tiene un gran potencial como complemento alimenticio económico para combatir la desnutrición, debido a su alto contenido de nutrientes esenciales, que brindan energía y favorecen el crecimiento y el desarrollo saludable (Oryan Rengifo Ruiz *et al.*, 2021).

La Cocoa

El cacao, cuyo nombre proviene de la palabra maya "kakawa", que significa "alimento de los dioses", ha sido reconocido desde la antigüedad por sus múltiples beneficios para la salud y su alto valor energético, varios estudios han demostrado que el cacao y sus productos derivados, como el licor de cacao, el chocolate amargo y el polvo de cacao o cocoa, son ricos en compuestos bioactivos. Entre estos destacan las catequinas (epicatequina, epigallocatequina, galocatequina y catequina), junto con otros flavonoides como las procianidinas, antocianinas, flavononas y flavonoles glicosídicos, las semillas de cacao secas y libres de grasa contienen entre un 15-20% de polifenoles, de los cuales un 37% son catequinas, un 4% antocianinas y un 58% proantocianidinas (Perea Villamil 2009).

Desde un punto de vista nutricional, el cacao también es un alimento equilibrado. Aporta entre 20,4 y 27 gramos de proteínas y entre 11,5 y 18 gramos de carbohidratos, con un contenido muy bajo en azúcares. En cuanto a grasas, varía entre 11 y 25,6 gramos, siendo en su mayoría grasas monoinsaturadas (3,6 gramos) y saturadas (6,5 gramos). Además, es una fuente rica en minerales como el calcio, el fósforo, el hierro y el magnesio, junto con vitaminas del complejo B (FINUT y FEN 2024).

Manteca de coco

El aceite de coco es el principal producto extraído de la palma de coco (*Cocos nucifera L.*) y destaca por su rica composición nutricional, un aspecto más notable es su alto contenido de ácidos grasos saturados de cadena media (AGSCM), que representan aproximadamente el 90% de su composición. Entre estos, el ácido láurico constituye el 48% y el ácido mirístico el 19%, lo que lo diferencia de otros aceites vegetales (Gómez-Matos *et al.*, 2018).

Además de su contenido graso, el aceite de coco también contiene compuestos fenólicos, fosfolípidos, esteroides, y tocoferoles, siendo una importante fuente de vitamina E. Estos componentes no solo aportan beneficios nutricionales, sino que también confieren al aceite de coco propiedades antioxidantes y protectoras para la salud (Gómez-Matos *et al.*, 2018)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar de la investigación

La investigación se realizará sus primeras fases en el laboratorio de entomofagia (figura 4), ubicado en el Departamento de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrarias por otro lado, el diseño de las formulaciones de la barra proteica se realizará en la planta de cereales de la Facultad de Tecnología Alimentaria, ambos ubicados en la Universidad Nacional de Agricultura. Este campus se ubica en el departamento de Olancho en la carretera hacia Dulce Nombre de Culmí, kilómetro 215, Barrió El Espino ciudad de Catacamas, Honduras. La extensión de Catacamas es de 7,228.5 km², la ciudad de Catacamas está situada entre los (14°; 54', 04"), latitud Norte y (85°; 55', 31"), del Meridiano de Greenwich.



Figura 4 Ubicación en el laboratorio de entomofagia de la Universidad Nacional de Agricultura

Fuente: Elaboración propia (2024).

4.2. Materiales y equipo

Para el desarrollo de la investigación se emplearán diferentes materiales y equipos que se describen a continuación:

Tabla.7. Materiales y equipos que se utilizaran para el desarrollo de la investigación.

MATERIALES Y EQUIPOS	DESCRIPCIÓN
Avena en hojuelas	Avena Quaker Mosh Nutremas
Salvado de trigo	Proveniente de comercio local
Maíz blanco	Proveniente de comercio local
Verduras o frutas	Fuente de agua
Bandejas reproductoras de <i>Tenebrio</i>	Aluminio de 10× 9 ×2.5 pulgadas
Cuchillo	
Tabla	Plástica
Balanza	Truper báscula digital 5kg.
Refrigeradora	Marca
Higrómetro	Marca comercial
Harina de <i>Tenebrio</i>	<i>T. molitor</i> , 1kg proveniente del laboratorio de entomofagia de la UNAG.
Ingredientes para las barras proteicas	
Crema de maní	Essential Everyday Cremosa
Avena molida	Quaker
Miel	Natural
Cocoa	Hersheys 100% cacao sin azúcar
Chispas de chocolate	Essential Everyday Cremosa
Aceite de coco	Spectrun orgánico
Vainilla	Don Julio
Horno para secado	Digitronic-TFT, serie española, con capacidad de 25 kg

Molino para procesado	Tipo de discos de 5 HP de potencia
Tamices	De malla, tipo comercial
Olla	Pórtico, con capacidad para 10 litros
Termómetro	Termómetro digital con espiga 15 cm
Balanza analítica	Xb220a, con capacidad para 1 kg y 5 kg
Estufa/horno de gas	Whirlpool a gas 30"
Cucharas	Stanley
Recipientes	Industriality, con capacidad de 1 kg y 5 kg
Mesa	Pórtico
Selladora	Inducción de tipo manual
Papel aluminio	Tipo comercial
Papel encerado	Tipo comercial
Espátula Acero inoxidable	Tipo comercial
Cortador	
Regla	30 cm
Bandeja para horno	Desechable
Guantes	Raisen
Mascarilla y redecilla	Tela, desechable
Gabacha	Tela
Bolsas plásticas	Ziploc
Bolsas plásticas	Tipo comercial
Bolsas de sellado al vacío	Gofradas 25 x 35 cm

Fuente: Propia.

4.3. Metodología

La metodología empleada fue de tipo descriptivo-cuantitativo, con un enfoque transversal y desarrollada a escala de laboratorio. Se aplicaron procedimientos experimentales controlados, utilizando técnicas analíticas validadas para la recolección y análisis de datos. Para el desarrollo de la investigación, esta se ejecutó en cuatro fases experimentales descritas a continuación:

4.3.1. Fase I: Crianza y reproducción de *Tenebrio molitor*.

En esta primera fase, se obtuvo la harina de la larva de *T. molitor*, materia prima fundamental para la elaboración de la barra proteica. Este proceso implicó la reproducción de los adultos de *T. molitor*, y crianza de las larvas como materia prima, su procesamiento y obtención de la harina.

4.3.1.1 Crianza de adultos de *Tenebrio molitor*

Los adultos de *Tenebrio molitor* (100 individuos) se obtuvieron del Laboratorio Entomología de la Universidad Nacional de Agricultura y se colocaron en bandejas de aluminio (10× 9 ×2.5 pulgadas), se colocaron en estante a temperatura ambiente, se monitorearon las temperatura interna y ambiental diarias y la humedad relativa y del sustrato salvado de trigo y avena estándar.

- **Dietas:** Se aplicaron cuatro (4) dietas con tres réplicas con las cuales se demostró el rendimiento de la larva (ver tabla 8).

Tabla 8. Tratamientos de dietas

Tratamientos	Réplicas	Dietas
Control	1	Salvado de trigo y avena
	2	
	3	
Segundo tratamiento	1	Avena en hojuelas
	2	
	3	
Tercero tratamiento	1	Harina de maíz blanco
	2	
	3	
Cuarto tratamiento	1	Salvado de trigo
	2	
	3	

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.2. Sustratos y sus fuentes

Harina de maíz (origen local) hojuelas de avena (Avena Quaker Mosh Nutremas) y salvado de trigo (origen local) se obtuvo localmente en la ciudad de Catacamas y se utilizó como sustratos para criar larvas insecto se distribuye uniformemente 180 g de cada sustrato en recipientes de cría de aluminio limpios (10× 9 ×2.5 pulgadas), serán previamente desinfectado con etanol al 75 % (v/v). Se utilizaron un total de 12 recipientes de cría y cada grupo de tratamiento se realizó por triplicado.

4.3.1.3. Cría de *T. molitor*

Se colocaron 100 *T. molitor* adultos en cada recipiente junto con sustrato de crianza de 8 a 10 días y luego se retiraron los adultos. Esto se hizo para darles tiempo para aparearse y pasar a oviposición. Se agregaron de cinco a siete gramos de vegetales frescos en cada recipiente como fuente de agua. Las larvas estuvieron 8 semanas para el control, avena y salvado de trigo y 9 semanas para el maíz. En este ciclo se registran los siguientes datos: temperatura interna y externa, humedad relativa, peso, talla, consumo de alimento y consumo de agua para cada tratamiento y el tiempo de cosecha de las larvas.

- **Temperatura y humedad:** se monitoreo la temperatura interna, ambiental y la humedad relativa de manera diaria a los tratamientos con la utilización de termómetro Higrómetro H2 Digital HTC.
- **Consumo:** con balanza se llevó un control de las dietas suministradas a cada tratamiento, demostrando así cuánto consumen los *T. molitor* por todo su ciclo.
- **Peso y talla:** con una balanza y una regla métrica, se llevó registro del peso húmedo y talla de los insectos, pesando 20 larvas, procurando que sean del mismo tamaño en una bolsa de sacrificio, y así obteniendo un promedio del peso por insecto.
- **Tiempo de cosecha:** se llevó un control de los cambios de instar para obtener datos de cada cuanto tiempo hay un cambio de instar.

El procesamiento de las larvas de *T. molitor*. Se describirán las principales etapas (Anexo 1):

- **Ayuno:** según (Fraqueza y Patarata 2017) Antes de procesarlas, las larvas se sometieron a un ayuno de 48 horas para reducir el contenido intestinal.
- **Tamizado y limpieza:** se procede a pasar por diferentes tamaños de tamiz desde grueso mediano y un fino separándolas de exuvias, heces y partículas extrañas.
- **Lavado:** las larvas se lavan con agua potable para eliminar las impurezas (Mancini, S. *et al.*, 2019).
- **Aturdimiento:** se sacrificaron mediante congelación a -10°C durante 24 h Ramos, M.J. y Coutinho Patarata, L.A. da S. 2017); y se descongelaron a temperatura ambiente durante una hora.
- **Escaldado:** las larvas se escaldaron a 60°C durante 5 min para reducir la contaminación microbiológica y desactivar las enzimas responsables del pardeamiento. Después del escaldado, las larvas se secarán en deshidratador a 60°C durante 16 h.
- **Molienda y tamizado:** de las larvas deshidratadas al moler, el intestino de las larvas libera su contenido microbiano, que contamina la harina, por lo tanto, se aplicó un tratamiento térmico para reducir los riesgos microbiológicos. (Arévalo Arévalo et al., 2022, FINUT y FEN 2024).

- **Empaquetado:** La harina de larvas se envasaron en bolsas de plástico tipo ziploc.

Caracterización de la harina de *T. molitor*

- **Nivel de pH:** Se tomaron muestras de cinco (5) gramos de cada tratamiento, las cuales fueron analizadas por triplicado. Cada muestra fue diluida en 45 gramos de agua destilada y homogeneizada utilizando un mortero para asegurar una mezcla uniforme. Posteriormente, se procedió a medir el pH con un peachímetro de mesa marca Thermo Scientific™ Orion™ Versa Star Pro™ pH/ISE Multiparameter Meter.
- **Grados Brix:** se tomó una muestra de cinco (5) gramo para cada tratamiento y se diluyó en 45 gramos de agua destilada se colocó un mortero para una mejor homogeneidad, esto en relación 1:10, se realizó por triplicado, posteriormente se midió con un refractómetro digital Milwaukee.
- **Porcentaje de humedad:** se tomó una muestra de cinco gramos de cada tratamiento de la harina y se colocó en placas Petri de vidrio, posteriormente se llevó a un horno secador bajo el método AOAC 925.09 (16ª edición) a una temperatura de 105°C ±2°C en un tiempo de 2.5 horas, dejar en un desecador por 30 minutos, y pesar.

Se calculo el (%de H₂O):

$$\% \text{ de humedad a } \% \text{ de agua } \left(\frac{g \text{ agua}}{100g} \right) = \frac{(p1-p2)}{m} \times 100$$

P1= Peso de placa más muestra húmeda (g)

P2 = Peso de placa mas la muestra seca (g)

m= peso de la muestra húmeda.

- **Microbiológico:**

se realizó la preparación de agua peptonada (500 ml) en un matraz Erlenmeyer distribuyendo la solución en tubos de ensayo de 10 ml agregando 5 gramos de harina de tenebrio a cada tubo, homogeneizando las muestras con el agua peptonada, y siendo aplicadas a placas de recuento de bacterias (E-coli y Salmonella). Llevando las muestras de cultivo a una incubadora de marca PRECISION a una temperatura de 30 C° por un periodo de 24 horas, transcurrido el tiempo se llevó a las placas de cultivo a una lupa de laboratorio de la marca cienceware para hacer el recuento de unidades formadoras de colonia (UFC).

- **Rendimiento harinero:** para la obtención del rendimiento harinero de las larvas se divide el peso de las larvas (gramos) una vez aplicada la curva de secado, entre el producto final de la molturación (harina de *Tenebrio*) en gramos.

$$\text{Rendimiento harinero (\%)} = \left(\frac{\text{Peso de harina obtenida}}{\text{Peso inicial de insectos húmedos}} \right) \times 100$$

- **Conversión alimenticia:** se determinó como la cantidad de alimento transformado (en gramos) a peso vivo (en gramos). De esta manera, se obtendrá con un índice que determina la cantidad de alimento suministrado que se está transformando en peso vivo por lavas según la formula (Yu *et al.*, 2021).

$$\text{Conversión alimenticia} = \left(\frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Ganancia de peso}} \right)$$

4.3.2. Fase II: Desarrollo de las formulaciones

La segunda fase consistirá en el diseño detallado para la elaboración de la barra proteica se considerará que cumplirá con todos los requisitos nutricionales teniendo en cuenta los requerimientos básicos de proteína diarios en la dieta, se incluirá los pasos precisos, las cantidades de ingredientes, los procesos de mezcla, así como cualquier otra consideración relevante para asegurar la reproducibilidad del producto.

4.3.2.1. Variable independiente

Formulación: Cantidad de harina de *Tenebrio molitor* en la formulación de la barra proteica (en gramos), según el requerimiento diario de proteína que se muestra en la (Tabla 2) de niños de edad cuatro a seis años.

Tabla 9: Formulación 247 sabor chocolate

Formulación 247		
Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje
Tenebrio	30.05	10.02%
Avena	98.36	32.79%
Miel	69.95	23.32%
Agua	37.60	12.53%
Cocoa	10.71	3.57%
Crema de maní	34.97	11.66%
Manteca de coco	9.62	3.21%
Vainilla	8.74	2.91%
TOTAL	300.00	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Formulación 315 sabor banano

Formulación 315		
Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje
Tenebrio	30.21	10.07%
Avena	53.71	17.90%
Banano	104.73	34.91%
Leche condensada	85.93	28.64%
Miel	22.82	7.61%
Canela	0.81	0.27%
Cocoa	0.81	0.27%
Sal	0.05	0.02%
Soda	0.94	0.31%
TOTAL	300.00	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Formulación de 689 sabor a banano

Formulación 689			
Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje	
Tenebrio	30.09	10.03%	
Avena	81.61	27.20%	
Miel	64.01	21.34%	
Agua	26.67	8.89%	
Leche condensada	21.34	7.11%	
Crema de maní	27.74	9.25%	
Vainilla	7.47	2.49%	
Limón	40.54	13.51%	
Sal	0.53	0.18%	
TOTAL	300.00	100.00%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Formulación 130 sabor piña coco

Formulación 130			
Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje	
Tenebrio	30.10	10.03%	
Avena	30.51	10.17%	
Miel	24.41	8.14%	
Manteca de coco	7.12	2.37%	
Soda	0.24	0.08%	
Huevo	24.41	8.14%	
Coco rayado	40.68	13.56%	
Mermelada de piña	122.03	40.68%	
Canela en polvo	0.16	0.05%	
Ajonjolí	20.34	6.78%	
TOTAL	300.00	100.00%	

4.3.2.2. Variable dependiente

Nivel de PH, °Brix y humedad

- **Nivel de pH:** Se tomaron muestras de cinco (5) gramos de cada tratamiento, las cuales fueron analizadas por triplicado. Cada muestra fue diluida en 45 gramos de agua destilada y homogeneizada utilizando un mortero para asegurar una mezcla uniforme. Posteriormente, se procedió a medir el pH con un peachímetro de mesa marca Thermo Scientific™ Orion™ Versa Star Pro™ pH/ISE Multiparameter Meter.
- **Grados Brix:** se tomó una muestra de 5 gramo para cada tratamiento y se diluyó en 45 gramos de agua destilada se colocó un mortero para una mejor homogeneidad, esto en relación 1:10, se realizó por triplicado, posteriormente se midió con un refractómetro digital Milwaukee.
- **Porcentaje de humedad:** se tomó una muestra de cinco gramos de cada tratamiento de las barras y se colocó en placas Petri de vidrio posteriormente se llevó a un horno secador bajo el el método AOAC 925.09 (16ª edición) a una temperatura de 105°C ±2°C en un tiempo de 2.5 horas, dejar en un desecador por 30 minutos, y pesar.

Se calculo el (%de H₂O):

$$\% \text{ de humedad a } \% \text{ de agua } \left(\frac{g \text{ agua}}{100g} \right) = \frac{(p1-p2)}{m} \times 100$$

P1= Peso de placa más muestra húmeda (g)

P2 = Peso de placa más la muestra seca (g)

m= peso de la muestra húmeda.

- **Análisis sensorial hedónico** las características que se evaluaron son: color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad, intención de compra, se utilizaron 100 juicios.

- **Aceptabilidad general:** es un parámetro clave para evaluar el éxito de un producto alimenticio en el mercado, proporcionando una visión integral de cómo los consumidores perciben el producto en su totalidad. donde es necesario que al menos el 70 % de los panelistas la acepten.

Para la descripción del proceso de elaboración de la barra proteica se llevaron a cabo mediante una serie de pasos que van desde la obtención de la materia prima hasta el empaquetado de las barras elaboradas, desarrollando formulaciones de la barra proteica, se empleó un modelo de diseño de mezclas (D-optimal) para su optimización, procedimiento que se presenta en el diagrama de proceso de la figura 5

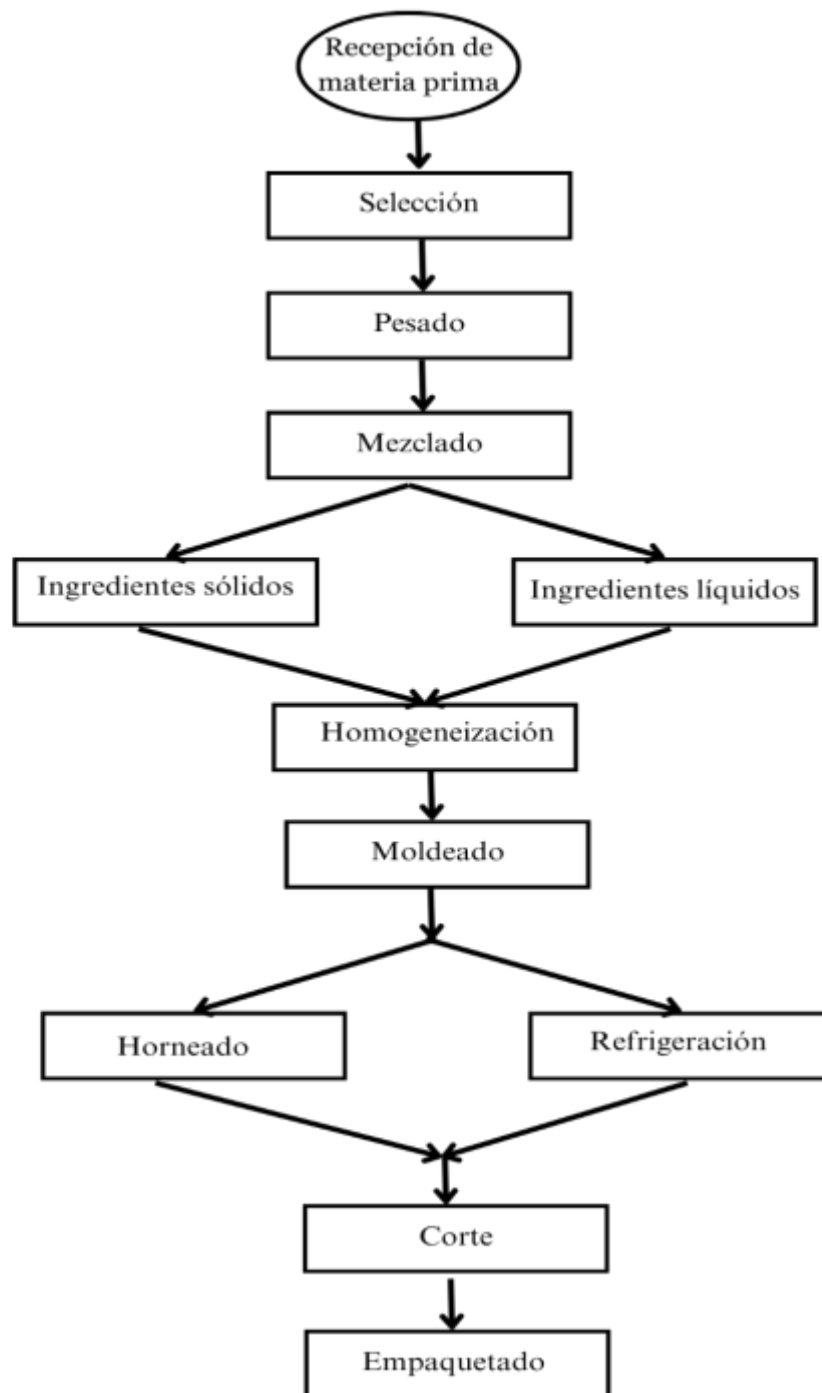


Figura 5. Flujograma de proceso para la elaboración de una barra proteica con harina de *Tenebrio molitor*

. **Fuente:** Elaboración propia.

4.3.3. Fase III: Análisis fisicoquímicos de las formulaciones

- **Nivel de pH:** Se tomó muestras de 5 gramos para cada tratamiento se realizó por triplicado serán diluidas en 45 gramos de agua destilada se colocó en un mortero para una mejor homogeneidad, posteriormente se midieron con peachímetro marca Thermo Scientific™ Orion™ Versa Star Pro™ pH/ISE Benchtop Multiparameter Meter.
- **Grados Brix:** Se tomó una muestra de 5 gramo para cada tratamiento y se diluyó en 45 gramos de agua destilada se colocó un mortero para una mejor homogeneidad, esto en relación 1:10, se realizó por triplicado, posteriormente se midió con un refractómetro digital Milwaukee.
- **Porcentaje de humedad:** Se tomó una muestra de cinco gramos de cada tratamiento de las barras y se colocó en placas Petri de vidrio posteriormente se llevó a un horno secador bajo el método AOAC 925.09 (16ª edición) a una temperatura de 105°C ±2°C en un tiempo de 2.5 horas, dejar en un desecador por 30 minutos, y pesar.

Se calculo el (%de H₂O):

$$\% \text{ de humedad a \% de agua } \left(\frac{g \text{ agua}}{100g} \right) = \frac{(p1-p2)}{m} \times 100$$

P1= Peso de placa más muestra húmeda (g)

P2 = Peso de placa más la muestra seca (g)

m= peso de la muestra húmeda.

4.3.4 Fase IV Análisis sensorial

Las características que se evaluaron son: color, aroma, sabor, textura, intensidad de compra y aceptabilidad general.

La prueba que se aplicó a escala hedónica en consumidores, con un rango de uno a nueve donde uno (1) va desde me disgusta muchísimo y el nueve (9) me gusta muchísimo. Para ello se realizó un formato para la evaluación de la aceptabilidad del producto el cual serán aplicadas a una determinada población contando con 100 juicios no entrenados.

Al momento de llevar a cabo la prueba sensorial con los jueces seleccionados, la primera muestra a degustar se utilizará como limpiador del paladar agua al tiempo, esto antes de probar cada tratamiento. Este procedimiento se realizó para cada una de las corridas o formulaciones. Cada juez hizo uso de un formulario para plasmar el resultado para cada una de las pruebas (Tabla 13)..

Tabla 13. Rango de escala hedónica de nueve (9) puntos.

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

Diseño experimental

Para este estudio, se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), con un factor fijo: el tipo de formulación de barras proteicas enriquecidas a partir de la incorporación de harina de *Tenebrio* a un 10%, en el desarrollo de barras proteicas, a partir de pruebas descriptivas de nueve (9) puntos en consumidores (100 juicios).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software Infostat versión 2020. En primer lugar, se aplicaron pruebas de normalidad mediante el gráfico QQ Plot, cuyos resultados indicaron no cumplen con los supuestos de normalidad requeridos por pruebas paramétricas como ANOVA. En este caso, fue empleada para evaluar si existían diferencias en la percepción sensorial de las barras proteicas (aroma, color, sabor y textura) entre las cuatro formulaciones (130 piña, 247 chocolate, 315 banano y 689 limón), lo que condujo al rechazo de la hipótesis nula.

Dado este comportamiento no paramétrico de los datos, se optó por utilizar la prueba de Kruskal-Wallis, con el objetivo de identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Asimismo, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la influencia de las distintas formulaciones sobre las características sensoriales de las barras proteicas, seguido de la prueba de comparación de medias de Tukey (nivel de significancia del 5%) para determinar entre qué tratamientos se presentaban diferencias estadísticamente significativas.

Aceptabilidad general

Se utilizará para evaluar el éxito del producto alimenticio en el mercado, proporcionando una visión integral de cómo los consumidores perciben el producto en su totalidad. donde es necesario que al menos el 70 % de los panelistas la acepten.

$$PA = \frac{A \times 100}{B}$$

Fórmula para identificar el índice de aceptabilidad de pruebas hedónicas

Donde:

PA= Promedio de aceptación

A= Promedio para el producto para cada característica

B= Es la puntuación máxima otorgada al producto por medio de evaluación sensorial.

V. RESULTADOS

Para obtener los objetivos planteados, como parte del desarrollo de una barra proteica libre de gluten con harina de *T. molitor*, se llevó a cabo la obtención y procesamiento de la materia prima a partir de la cría controlada de larvas, lo cual permitió generar la harina base del producto. Durante este proceso, se registraron parámetros productivos relevantes como el rendimiento harinero, la conversión alimenticia, curva de secado, la humedad, el pH y °Brix de las muestras, proporcionando información clave sobre la eficiencia y calidad del proceso, sin embargo, en la primera fase de la obtención de la materia prima no ha sido considerado como parte del documento de tesis, no obstante esa información será utilizada para la elaboración de un manual de producción de harina de *Tenebrio molitor*.

Los objetivos que sustenta en el presente trabajo de investigación están dirigidos a evaluar la inocuidad microbiológica de la harina obtenida, garantizando su disposición para consumo humano. Posteriormente, se desarrollaron y optimizaron diferentes formulaciones de barras proteicas, las cuales fueron sometidas a pruebas sensoriales con juicios para seleccionar las formulaciones con mejor aceptación y determinar la intención de compra, se realizaron análisis físico-químicos determinación de humedad, pH °Brix de las formulaciones.

Calidad microbiana de la harina de *T. molitor*

Los análisis microbiológicos realizados sobre las muestras de harina de *Tenebrio molitor* permitieron evaluar la presencia de dos patógenos indicadores de inocuidad alimentaria: *Salmonella spp.* y *Escherichia coli*. Para *Salmonella spp.*, se utilizó una muestra testigo positivo para su comparación los tratamientos experimentales (T1, T2, T3 y T4) resultaron negativos. Este hallazgo resalta la eficacia de los procesos aplicados incluyendo el ayuno, secado, molienda y manejo de calidad, para reducir o eliminar la carga microbiana en las muestras tratadas.

El análisis cuantitativo de *E. coli* mostró resultados bajos en todos los tratamientos, con valores con medias que oscilaron entre log. 1.44 ± 1.90 UFC/g (T2) y log 2.06 ± 2.25 UFC/g (T3). niveles de UFC están por debajo del límite aceptable propuesto por algunas normativas internacionales, como la utilizada por países como Bélgica y Países Bajos para insectos comestibles, que establece un máximo de 100 UFC/g para productos listos para el consumo (Grabowski y Klein 2017, Aitana Lirola Cano et al., 2022).

Tabla 15: medias del recuento de *Echerichia coli* para cada tratamiento aplicado

Tratamiento	E coli. (UFC/g)
T1	1.57 ± 2.10
T2	1.44 ± 1.90
T3	2.06 ± 2.25
T4	1.58 ± 2.11

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 16, la ausencia de *Salmonella* ssp, lo sugieren que la harina de *T. molitor* elaborada bajo condiciones controladas cumple con los criterios básicos de inocuidad microbiológica. Estos resultados coinciden con investigaciones previas que reportan que el procesamiento térmico y la aplicación de buenas prácticas de manufactura son efectivos para reducir significativamente la carga microbiana en productos derivados de insectos

Tabla 16: Media de presencia o ausencia de Salmonella en cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Replicas	Salmonella ssp.
Testigo positivo	1	Presencia
T1	1	Ausencia
T1	2	Ausencia
T2	1	Ausencia
T2	2	Ausencia
T3	1	Ausencia
T3	2	Ausencia
T4	1	Ausencia
T4	2	Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Formulación con mayor aceptabilidad.

Tabla 17: Formulación 315 sabor banano

Formulación 315 sabor a banano	
Ingredientes	Porcentaje
Harina tenebrio	10.00%
Avena	17.90%
Banano	34.91%
Leche condensada	28.64%
Miel	7.61%
Canela	0.27%
Cocoa	0.27%
Sal	0.02%
Soda	0.31%
TOTAL	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

La formulación 315 fue la más aceptada sensorialmente, destacando en sabor (84.56%) y textura (78.78%). Esto se debe en gran parte al alto contenido de banano (34.91%), es un familiar y agradable que aporta dulzor, aroma y humedad, lo cual favoreció una textura suave y estable. Además, ingredientes como la leche condensada y la miel potenciaron el dulzor y la cohesión de la mezcla.

En términos físico-químicos, esta formulación presentó la mayor humedad (28.13%) y un pH de 6.34, valores que contribuyeron a una percepción de dulzura y suavidad. La inclusión parcial de harina de *Tenebrio molitor* (10.00%) no afectó negativamente la aceptación, lo que indica que una formulación equilibrada puede enmascarar sabores no deseados y facilitar la aceptación de ingredientes innovadores.

Análisis sensoriales

La Tabla 18 presenta los resultados de las medias obtenidas en el análisis sensorial de las barras proteicas con distintas formulaciones. Los datos evidencian diferencias estadísticamente significativas en los cuatro atributos evaluados (aroma, color, sabor y textura), según la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p = 0.0001$), como se detalla en el Anexo 7.

El análisis de los resultados permitió identificar que las variables con mayor peso en la diferenciación entre tratamientos fueron el color, el sabor, el aroma y la textura, todas con valores de significancia $p = 0.0001$. Esto indica que la formulación influye significativamente en la percepción sensorial de los consumidores, como se refleja en la Tabla 18 y el anexo 7.

Tabla 18. Medias por cada atributo de cada barra proteica enriquecida con harina de *T. molitor*, según prueba de kruskal wallis.

Prueba de kruskal wallis.				
Tratamiento	Aroma	Color	Sabor	Textura
Piña	6.63 ± 1.81	6.53 ± 1.66	6.16 ± 2.23	6.47 ± 1.99
Chocolate	7.48 ± 1.65	7.59 ± 1.52	7.23 ± 2.01	6.54 ± 2.26
Banano	6.75 ± 1.88	7.59 ± 1.56	7.61 ± 1.76	7.09 ± 1.96
Limón	5.96 ± 1.81	6.38 ± 1.55	5.14 ± 2.15	5.42 ± 2.04
P-Valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

En el análisis sensorial del color, como se observa en la tabla 17, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.00001$). Los tratamientos banano y chocolate obtuvieron las mayores puntuaciones, siendo agrupados en la categoría como A como se muestra en el anexo 6, aunque banano no se diferenció del T-piña, lo que indica mayor aceptación visual para los primeros dos. El tratamiento T-piña fue clasificado en los grupos B y C, mostrando MENOR aceptación al igual que el tratamiento limón. La diferencia de la muestra chocolate corresponde a las variaciones en la formulación por su contenido de cocoa generando una mejor aceptación el color por la mejora en la homogenización del color con la harina de *T. molitor*, que influyen en la apariencia del producto final.

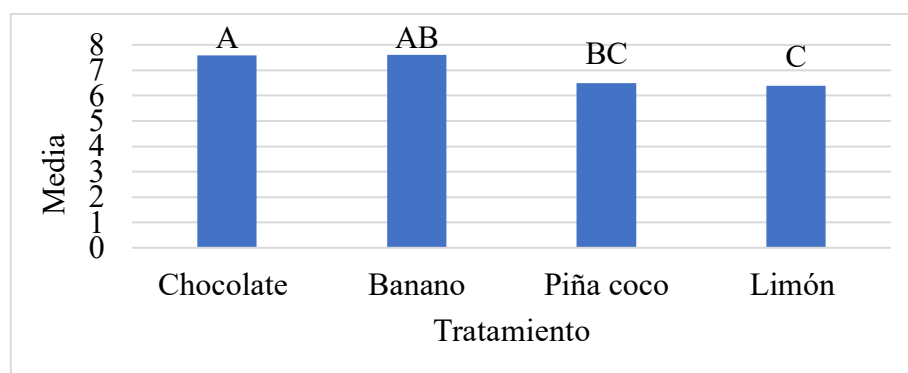


Figura 6: En el análisis estadístico de color.

En la evaluación sensorial del aroma, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.00001$). El tratamiento Chocolate nuevamente obtuvo la mayor puntuación (7.48 ± 1.65), siendo agrupado en la categoría A y diferenciándose del resto de los tratamientos, lo que indica mayor preferencia aromática. Los tratamientos banano y piña, clasificados en los grupos B y B-C, como observa en la figura 6, mostraron una aceptación intermedia mientras el tratamiento limón (5.96 ± 1.81) fue el menos valorado para esta variable, pero sin diferenciarse del T-piña. La diferencia está relacionada con la humedad esto se debe a un alto valor en la misma, permite la liberación de compuestos volátiles, en la **Tabla 18** para la variable humedad muestra un valor mayor para el tratamiento de banano, la diferencia radica en el proceso de conservación ya que el tratamiento de banano fue sometido a calor por el proceso de horneado y el tratamiento de chocolate fue sometido a la refrigeración.

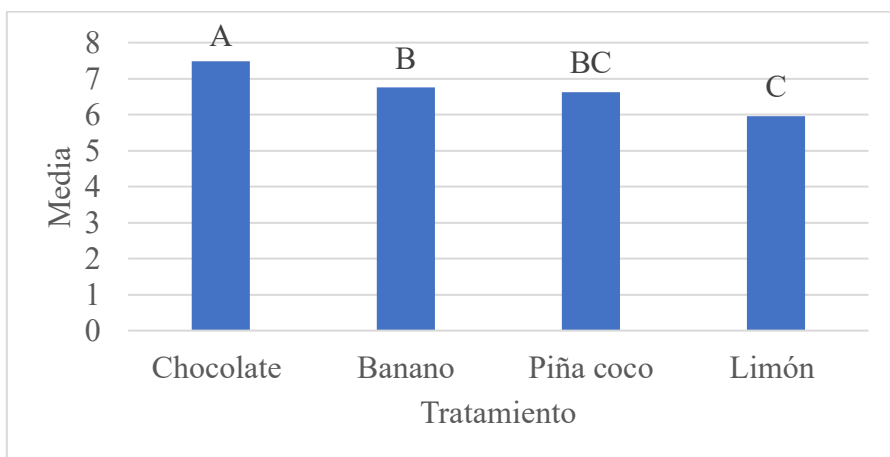


Figura 7: En el análisis sensorial del aroma

En cuanto al sabor se muestran los datos de medias en la tabla 19 los cuales presentan los resultados mostrando en el ANOVA diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.00001$). Los tratamientos Chocolate (7.23 ± 2.01) y banano (7.61 ± 1.76) fueron los más aceptados, para esta variable de sabor, siendo iguales entre ambos y diferenciándose del resto, reflejando una mayor preferencia por parte de los panelistas. El tratamiento piña (6.16 ± 2.23) fue clasificado en el grupo B, con aceptación moderada. Por último, el tratamiento limón (5.14

± 2.15) fue el menos aceptado. La relación del pH con el sabor de los tratamientos chocolate, banano se debe a que sus pH se encuentran en rango cerca de la neutralidad, favoreciendo a los sabores dulces de las muestras generando su aceptabilidad. En contraste, el tratamiento de limón reflejó una menor preferencia que el resto de los tratamientos. Las diferencias podrían atribuirse a variación de un pH, más bajo en comparación a las muestras anteriores.

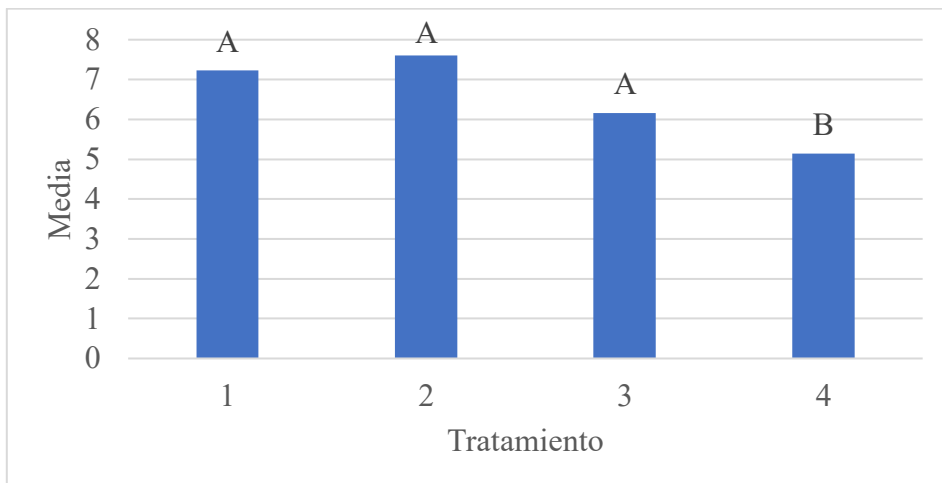


Figura 8: En el análisis sensorial del sabor.

En la evaluación de textura (tabla 19), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos según el ANOVA ($p < 0.00001$). Los tratamientos de chocolate, 315 banano y 130 piña coco, con promedios de 6.54 ± 2.26 , 7.09 ± 1.96 y 6.47 ± 1.99 respectivamente, fueron los de mayor aceptación por igual, indicando una buena aceptación de su textura el tratamiento de limón (5.42 ± 2.04) reflejó una menor preferencia que el resto de los tratamientos. La humedad juega un papel fundamental en la textura para el tratamiento de banano presenta una textura suave, blanda y firme en comparación a el tratamiento de piña coco que tiene menor humedad presenta una textura más seca y quebradiza.

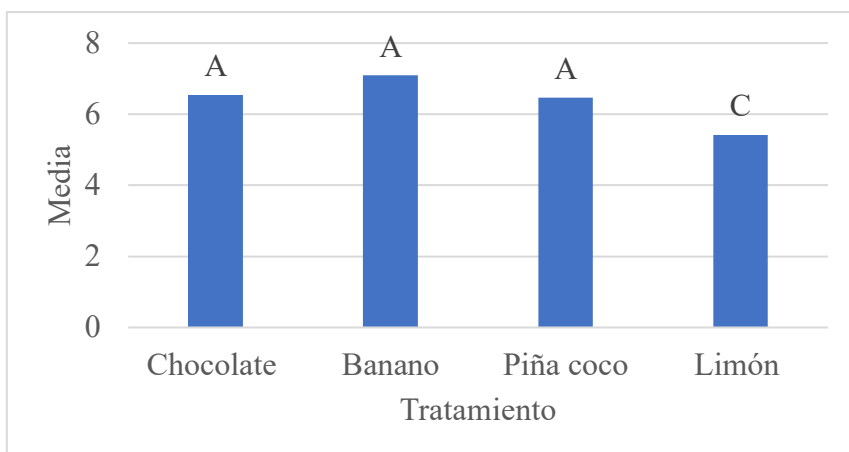


Figura 9: En el análisis sensorial de la textura

Aceptabilidad General de las barras proteicas

Con base en los resultados de la prueba de aceptabilidad sensorial presentados en la figura 6, se observa que la muestra 315 (banano), fue la mejor evaluada por los panelistas en los atributos de sabor (84.56%) y textura (78.78%), lo que sugiere una combinación favorable de ingredientes y procesamiento que generó una experiencia sensorial positiva. En cuanto a color (78.44%) y aroma (75.00%), también mostró altos niveles de aceptación, posicionándose como una de las formulaciones más exitosas en términos generales. La muestra 240 (chocolate), por su parte, obtuvo la calificación más alta en color (84.33%) y aroma (83.11%), con niveles superiores a la muestra 315 en estos atributos. Esto indica que los atributos visuales y olfativos fueron particularmente agradables para los consumidores. Sin embargo, su aceptación en textura (72.67%) fue ligeramente inferior.

En contraste, la muestra 689 (limón), presentó los valores más bajos en todos los atributos evaluados, especialmente en sabor (57.11%) y textura (60.22%), lo que indica una menor aceptación general por parte de los consumidores. Esto sugiere la necesidad de ajustes en la formulación. Para la muestra 130 (piña coco) mostró una aceptación intermedia, destacando en aroma (73.67%), textura (71.89%), color (72.56%), aunque el sabor (68.44%) fue menos valorado.

Estos resultados indican que los tratamientos 247 y 315 presentaron las mejores características sensoriales globales, lo cual podría atribuirse a una formulación más equilibrada y sabores más familiares que facilitaron una percepción positiva por parte de los evaluadores.

El índice de aceptabilidad (calculado por el $[\text{promedio de aceptabilidad general}/9]*100$) es utilizado para conocer si una formulación es aceptada sensorialmente, donde es necesario que al menos 70 % de los panelistas la acepten.(Ochoa *et al.*, 2022)

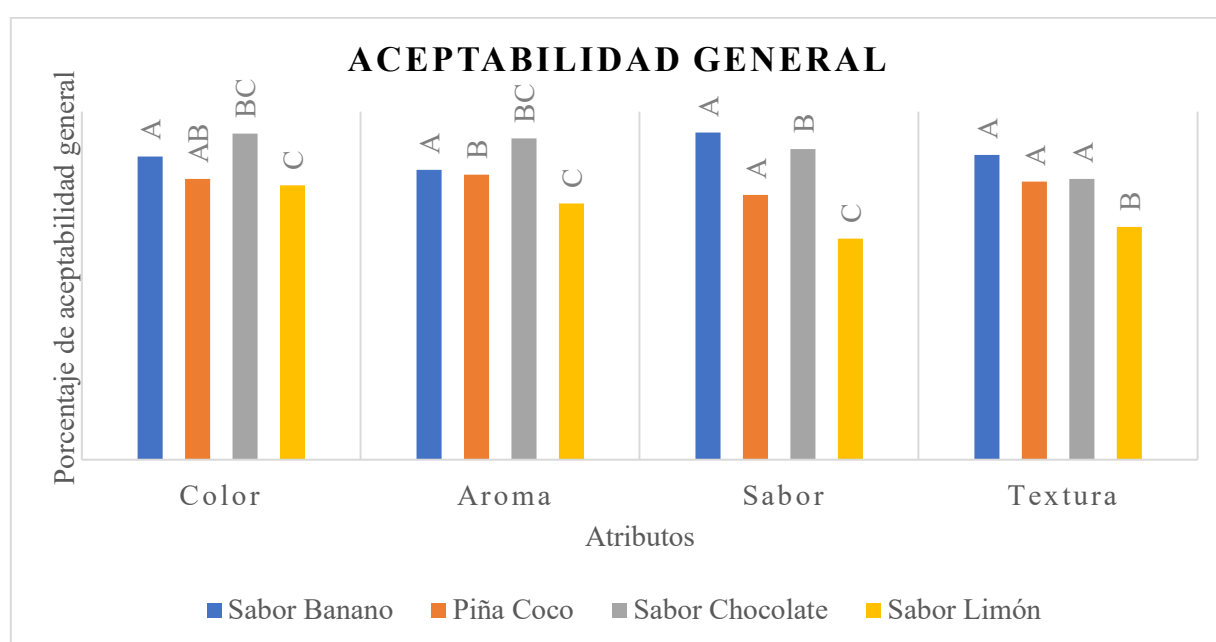


Figura 10 Índice de aceptabilidad de pruebas hedónicas para un producto alimenticio tomando en consideración todo valor mayor o igual a 70% se da por aceptable según

Estos resultados indican que los tratamientos 247 y 315 presentaron las mejores características sensoriales globales, lo cual podría atribuirse a una formulación más equilibrada y sabores más familiares que facilitaron una percepción positiva por parte de los evaluadores.

Análisis físico- químicos de barra proteica

En la evaluación de las características fisicoquímicas de las barras proteicas (Tabla 18), en humedad, pH y °Brix, se observaron diferencias entre tratamientos para los primeros dos parámetros, con valores de, indicando que la formulación tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre estos atributos ($p < 0.0001$). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de °Brix ($p = 0.2277$), lo que sugiere que el nivel de sólidos solubles fue similar entre las muestras.

Tabla 19. Humedad y pH por cada barra de diferentes tratamientos

Tratamiento	Humedad (%)	pH	°Brix
130	10.47 ± 0.067^a	5.66 ± 0.251^b	4.20 ± 0.2
689	22.60 ± 0.070^b	5 ± 0.005^a	4.03 ± 1.27
247	23.60 ± 0.026^b	6.83 ± 0.144^d	2.20 ± 0.26
315	28.13 ± 0.015^c	6.34 ± 0.028^c	3.53 ± 0.40
p-valor	< 0.0001	< 0.0001	0.2277

Letras diferentes denotan diferencias significativas entre los valores que representan cada variable con respecto a los tratamientos según la prueba Turkey al 5%.

El tratamiento 315 (sabor banano) presentó el valor más alto de humedad ($28.13 \pm 0.015\%$) y un pH de 6.34 ± 0.028 , mostrándose diferente estadísticamente al resto, lo cual puede estar relacionado con una mayor retención de humedad, esto se debe a su formulación, donde el nivel más alto corresponde a la fruta fresca (banano) según (César Martínez-Cardozo Gerardo Cayón Salinas 2016) el banano tiene un contenido de humedad de 85%.

En contraste, el tratamiento 130 (piña-coco) mostró la menor humedad ($10.47 \pm 0.067\%$), lo cual puede favorecer una mayor vida útil, según lo indicado por (Sangma *et al.*, 2025), quienes señalaron que niveles bajos de humedad son deseables en productos almacenables, su bajo nivel de humedad se corresponde a su formulación el contenido mayoritario se debe a la mermelada de piña según (Chalchisa y Zegeye 2022) contiene poca humedad al igual que el coco

deshidratado, según el estudio (Escobar A. *et al.*, 1966), como el de quienes recomiendan un contenido de humedad menor al 15% para garantizar seguridad microbiológica y estabilidad en productos con insectos.

Estos hallazgos concuerdan con los reportados por (Eid *et al.*, 2025) quienes evaluaron barras energéticas a base de dátiles y moringa y observaron un contenido de humedad inferior al de otros productos formulados con frutas o cereales. En su estudio, reportaron una variación entre 17.23% y 22.49%, destacando que un contenido bajo de humedad es un atributo tecnológico clave para prolongar la vida útil del alimento sin comprometer la calidad nutricional ni la aceptación sensorial.

En este contexto, la reducción del contenido de humedad, como la observada en el tratamiento 130, representa una ventaja funcional significativa para barras proteicas con harina de insectos, ya que ayuda a mantener la integridad del producto, reducir riesgos microbiológicos y facilitar su conservación sin necesidad de refrigeración. A su vez, se evidencia la influencia directa de los ingredientes y sus propiedades intrínsecas sobre la composición fisicoquímica final del producto.

En cuanto al pH, el tratamiento 247 (chocolate) presentó el valor más alto (6.83 ± 0.144), mientras que la muestra 689 (limón) mostró el más bajo (5.00 ± 0.005), atribuible al uso de ingredientes ácidos como frutas cítricas. Un pH más alto, como el de la muestra 247, puede influir favorablemente en la percepción de sabor suave y neutral, Para (Eid et al. 2025) también requiere un mayor control microbiológico para evitar el desarrollo de microorganismos sensibles al pH. Según (Eid et al., 2025) un pH entre 5.5 y 7.0 es adecuado para barras proteicas formuladas con ingredientes alternativos, siempre que se asegure la inocuidad del producto final.

En relación al contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), la muestra 130 (piña coco) registró el valor más alto (4.2 ± 0.2), seguida de 689 y 315, mientras que la 247 (chocolate) presentó el valor más

bajo (2.2 ± 0.264). Esto sugiere que la formulación 247 posee un perfil menos dulce, posiblemente atractivo para consumidores interesados en productos con menor contenido de azúcares. Investigaciones como la de coinciden en que un valor moderado de °Brix mejora la aceptabilidad sensorial.

En conjunto, estos resultados muestran cómo los ingredientes funcionales y las proporciones empleadas influyen directamente en los parámetros físico-químicos de las barras. Formulaciones como 247 (chocolate) y 130 (piña coco) podrían ofrecer perfiles más estables y agradables para el consumidor, siempre que se ajusten a las condiciones tecnológicas y de conservación requeridas para este tipo de producto.

VI. CONCLUSIONES

La harina de *Tenebrio molitor* elaborada bajo condiciones controladas presentó ausencia de *Salmonella spp.* y niveles bajos de *Escherichia coli*, por debajo de los límites establecidos por normativas Reglamento (CE) n o 2073/2005 de la Comisión. Esto confirma que los procesos aplicados (ayuno, secado, molienda y manejo higiénico) son efectivos para garantizar su inocuidad microbiológica, lo que respalda su uso seguro como ingrediente alimentario.

En cuanto a las pruebas sensoriales, los tratamientos 315 (banano) y 247 (chocolate) mostraron los niveles más altos de aceptación en los atributos de color, aroma, sabor y textura, alcanzando índices de aceptabilidad superiores al 70 %, valor considerado adecuado para productos desarrollados. Estos resultados evidencian que la incorporación de harina de insecto puede integrarse favorablemente en formulaciones atractivas para el consumidor, siempre que se acompañe de sabores familiares y combinaciones equilibradas.

Desde el análisis físico-químico, se observaron diferencias significativas en humedad y pH entre tratamientos. El tratamiento 130 (piña-coco) presentó el menor contenido de humedad (<15 %), lo cual favorece la vida útil y estabilidad del producto, mientras que el tratamiento 315 mostró mayor humedad y buena aceptabilidad sensorial, aunque requiere atención en términos de conservación. El contenido de °Brix se mantuvo sin diferencias significativas, permitiendo un perfil de dulzor adecuado en todas las formulaciones.

En conjunto, los resultados validan la viabilidad de optimizar formulaciones de barras proteicas a base de harina de *T. molitor*, combinando calidad microbiológica, atributos sensoriales y estabilidad fisicoquímica. Esta alternativa representa una opción funcional e innovadora en el contexto de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad.

VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere la realización de análisis proximal para la harina de *Tenbrio molitor* y para las barras proteicas

Determinar con un nutricionista la cantidad de proteína recomendable para los niños en edad escolar.

Se sugiere la realización de análisis de Gluten para las barras proteicas y determinar si son libres de gluten.

Mejorar los tiempos de horneados para las muestras 315,689, con el fin de disminuir el contenido de humedad.

Mejora la formulación 245 para no utilizar refrigeración.

Realizar un análisis de vida útil para determinar el tiempo en el que la barra proteica mantiene sus propiedades organolépticas y nutritivas acto para el consumo humano.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Actalianza. (2020). Una revisión de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a través de una perspectiva climática (en línea). Suiza, s.e. Consultado 2 sep. 2024. Disponible en https://actalliance.org/wp-content/uploads/2020/10/SDG-Brief_-Spanish.pdf.
- Aitana Lirola Cano; Macarena del Mar Jurado Rodríguez; Rebeca Pilar Ramos Bueno. 2022. Impacto en la calidad microbiológica y fisicoquímica de harina de larva de Tenebrio molitor sometida a diferentes métodos de higienización (en línea). . Consultado 23 may 2025. Disponible en <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/17164/LIROLA%20CANO%2C%20AITAN A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Alltricks. 2024. Barritas Proteicas Proteicas Domyos 22g Chocolate Caramelo 60g (en línea, sitio web). Consultado 8 sep. 2024. Disponible en https://www.alltricks.es/F-11928-nutrition/P-1858609-4_barritas_proteicas_proteicas_domyos_22g_chocolate_caramelo_60g.
- Andrés Silva Vázquez. 2021. Características de Tenebrio molitor como alimento (en línea). . Consultado 7 sep. 2024. Disponible en <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/21>.
- Aparicio, E; José, J. (s. f.). [INV]: CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DEL POLVO DE LARVA DE TENEBRIO MOLITOR. s.l., s.e.
- Aparicio Vizuite, A; Ortega Anta, RM. 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):127-139. DOI: <https://doi.org/10.14306/renhyd.20.2.183>.
- Arévalo Arévalo, HA; Menjura Rojas, EM; Barragán Fonseca, KB; Vásquez Mejía, SM. 2022. Implementation of the HACCP system for production of Tenebrio molitor larvae meal. Food Control 138:109030. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109030>.

- Barrera, W; Jarquín, E; Méndez, S. (2024). Importación de plaguicidas en El Salvador durante el periodo 2013-2021 * Pesticide imports in El Salvador from 2013 to 2021 (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://orcid.org/0009-0005-7665-1170>.
- Benítez-González, AM; Aguilera-Velázquez, JR; Bautista Palomas, J; Meléndez-Martínez, AJ. 2024. Evaluation of carrot and agroindustrial residues for obtaining *Tenebrio molitor* (yellow mealworm) powder enriched in bioaccessible provitamin A and colourless carotenoids (en línea). LWT 214:117011. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2024.117011>.
- Berta Escobar Ana María Estévez A. Alejandra Guíñez C. 2000. Almacenamiento de barras de cereales elaboradas con cotiledones de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) (en línea, sitio web). Consultado 27 may 2025. Disponible en https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000200007.
- BOE.es - DOUE-L-2005-82539 Reglamento (CE) no 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. 2025. (en línea, sitio web). Consultado 22 may 2025. Disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2005-82539>.
- César Martínez-Cardozo Gerardo Cayón Salinas, GLM. 2016. Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. . Consultado 27 may 2025.
- Chalchisa, T; Zegeye, A. 2022. Belay Dereje & Yohannes Tolesa (2022) Effect of Sugar, Pectin, and Processing Temperature on the Qualities of Pineapple Jam (en línea). International Journal of Fruit Science 22(1):711-724. DOI: <https://doi.org/10.1080/15538362.2022.2113598>.
- Cortes Ortiz, JA; Ruiz, AT; Morales-Ramos, JA; Thomas, M; Rojas, MG; Tomberlin, JK; Yi, L; Han, R; Giroud, L; Jullien, RL. 2016. Insect Mass Production Technologies. s.l., Elsevier. p. 153-201 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00006-5>.
- Eid, WAM; Azab, DESH; Negm, SH. 2025. Characterization of a novel date energy bar fortified with *Moringa oleifera* leaves powder (en línea). Journal of Future Foods 5(3):266-275. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JFUTFO.2024.07.006>.
- EMR. 2023. Perspectiva del Mercado de Barras de Proteínas (en línea). . Consultado 8 sep. 2024. Disponible en <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-barras-de-proteinas>.

ENDESA. (2021). ENCUESTA NACIONAL DE DEMOGRAFÍA Y SALUD / ENCUESTA DE INDICADORES MÚLTIPLES POR CONGLOMERADOS . s.l., s.e.

Escobar A., B; Estévez A., AM; Guiñez C., MA. 1966. Archivos latinoamericanos de nutrição órgão oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrição (en línea). Archivos Latinoamericanos de Nutrición 50(2):152-156. Consultado 27 may 2025. Disponible en http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

FAO. 2013. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente (en línea). . Consultado 5 sep. 2024. Disponible en <https://www.fao.org/fsnforum/es/resources/la-contribucion-de-los-insectos-la-seguridad-alimentaria-los-medios-de-vida-y-el-medio>.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2009. Cómo alimentar al mundo en 2050. .

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2022. ¿Por qué deberíamos interesarnos en los insectos comestibles? (en línea). . Consultado 18 abr. 2025. Disponible en <https://www.fao.org/newsroom/story/-Worm-up-to-the-idea-of-edible-insects/es>.

FAO, FUP y O. (2024). Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2024. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.4060/cd1276es>.

Fialho, ATS; Silva, AS; Brito, CO; Vale, PACB; Oliveira, CJP; Ribeiro Junior, V. 2021. Nutritional composition of larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) and crickets (*Gryllus assimilis*) with potential usage in feed. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 73(2):539-542. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12158>.

FINUT y FEN. 2024. El cacao, de la ciencia a la mesa. FEN Fundación española de la Nutrición .

Fraqueza, MJR; Patarata, LA da SC. 2017. Constraints of HACCP Application on Edible Insect for Food and Feed. s.l., InTech. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.69300>.

Gómez-Matos, M; González-Pérez, M; García-Hernández, Y; Vicente-Murillo, R; González-Canavaciolo, L. 2018. Caracterización de aceite extraído del fruto de Cocos nucifera obtenido a escala de laboratorio. CENIC. Ciencias Químicas 49.

- Gonzalez-de la Rosa, T; Montserrat-de la Paz, S; Rivero-Pino, F. 2024. Production, characterisation, and biological properties of *Tenebrio molitor*-derived oligopeptides. *Food Chemistry* 450:139400. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2024.139400>.
- Grabowski, NT; Klein, G. 2017. Microbiology of processed edible insect products – Results of a preliminary survey (en línea). *International Journal of Food Microbiology* 243:103-107. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2016.11.005>.
- Grupo Banco Mundial. 2022. Lo que debe saber sobre la seguridad alimentaria y el cambio climático.
- Huang, S. 2025. Reviving the entomophagy tradition among the younger generation: An application of the theory of planned behavior. *Food Quality and Preference* 124:105356. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2024.105356>.
- José González; Esther García; José Luis Fernández; Lara Gago; Javier Benito. 2007. Técnicas analíticas para la detección de gluten en alimentos. *Madrimasd* 9:30-31.
- Khayrova, A; Lopatin, S; Varlamov, V. 2024. A Review on Characteristics, Extraction Methods and Applications of Renewable Insect Protein. *Journal of Renewable Materials* 12(5):923-950. DOI: <https://doi.org/10.32604/JRM.2024.050033>.
- Liang, Z; Zhu, Y; Leonard, W; Fang, Z. 2024. Recent advances in edible insect processing technologies. *Food Research International* 182:114137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114137>.
- Lima, DS; Egea, MB; Cabassa, I de CC; Almeida, AB de; Sousa, TL de; Lima, TM de; Loss, RA; Volp, ACP; Vasconcelos, LG de; Dall'Oglio, EL; Hernandes, T; Takeuchi, KP. 2021. Technological quality and sensory acceptability of nutritive bars produced with Brazil nut and baru almond coproducts (en línea). *LWT* 137:110467. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2020.110467>.
- Luis Carlos Medrano Vega. 2019. Larvas de gusano de harina (*Tenebrio molitor*) como alternativa proteica en la alimentación animal (en línea). . Consultado 8 sep. 2024. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28001/lcmedranov.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Majewski, P; Mrzygłód, M; Lampa, P; Burduk, R; Reiner, J. 2024. Monitoring the growth of insect larvae using a regression convolutional neural network and knowledge transfer (en línea).

Engineering Applications of Artificial Intelligence 127:107358. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ENGAPPAL.2023.107358>.

Mancini, S; Fratini, F; Tuccinardi, T; Degl’Innocenti, C; Paci, G. 2020. *Tenebrio molitor* reared on different substrates: is it gluten free? Food Control 110:107014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107014>.

Meijer, N; Safitri, RA; Tao, W; Hoek-Van den Hil, EF. 2025. Review: European Union legislation and regulatory framework for edible insect production – Safety issues (en línea). animal :101468. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2025.101468>.

Morales-Ramos, JA; Kay, S; Guadalupe Rojas, M; Shapiro-Ilan, DI; Tedders, WL. 2015. Morphometric analysis of instar variation in *tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Annals of the Entomological Society of America 108(2):146-159. DOI: <https://doi.org/10.1093/AESA/SAU049>.

Motoki, K; Qin, Y. 2025. Cognitive regulation of alternative proteins: Positive reappraisal enhances wanting for insects, plant-based meat analogies, cultured meat, and algae (en línea). Appetite 206:107842. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.APPET.2024.107842>.

Muñoz-Seijas, N; Fernandes, H; López-Periago, JE; Outeiriño, D; Morán-Aguilar, MG; Domínguez, JM; Salgado, JM. 2024. Characterization of all life stages of *Tenebrio molitor*: Envisioning innovative applications for this edible insect (en línea). Future Foods 10:100404. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2024.100404>.

Ochieng, BO; Anyango, JO; Khamis, FM; Ekesi, S; Egonyu, JP; Subramanian, S; Nduko, JM; Nakimbugwe, D; Cheseto, X; Tanga, CM. 2023. Nutritional characteristics, microbial loads and consumer acceptability of cookies enriched with insect (*Ruspolia differens*) meal (en línea). LWT 184:115012. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2023.115012>.

Ochoa, RAS; curp; SEOR970822HNEGCC02. 2022. Desarrollo de una barra tipo snack alta en proteínas, baja en carbohidratos y enriquecida con harina de grillo (*Acheta domesticus*) (en línea). . Consultado 27 may 2025. Disponible en <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/3807>.

Oliveira, LA; Pereira, SMS; Dias, KA; Paes, S da S; Grancieri, M; Jimenez, LGS; de Carvalho, CWP; de Oliveira, EE; Martino, HSD; Della Lucia, CM. 2024. Nutritional content, amino acid profile,

and protein properties of edible insects (*Tenebrio molitor* and *Gryllus assimilis*) powders at different stages of development. *Journal of Food Composition and Analysis* 125:105804. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2023.105804>.

Olivera C., M; Ferreyra D., V; Giacomino M., S; Curia C., A; Pellegrino G., N; Fournier U., M; Apro C., N. 2012. Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica (en línea). *Revista Chilena de Nutrición* . Consultado 8 sep. 2024. Disponible en {<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46923920003> }.

ONU. 2023. Población | Naciones Unidas (en línea, sitio web). Consultado 18 abr. 2025. Disponible en <https://www.un.org/es/global-issues/population>.

Oonincx, DGAB; van Itterbeeck, J; Heetkamp, MJW; van den Brand, H; van Loon, JJA; van Huis, A. 2010. An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption. *PLoS ONE* 5(12):e14445. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>.

Oryan Rengifo Ruiz; Juan David Pantoja-Díaz; Valentina Vargas-Zuleta; Juan Sebastián Ramírez. 2021. Crema de maní: elaboración y características nutricionales. *ResearchGate* .

Pablo Alonso. 2023. El T. molitor (en línea). . Consultado 7 sep. 2024. Disponible en <https://insectorium.es/el-t-molitor/>.

Papastavropoulou, K; Koupa, A; Kritikou, E; Kostakis, M; Dervisoglou, S; Roussos, A; Perdakis, D; Thomaidis, NS; Oz, E; Oz, F; Proestos, C; Wu, H. 2024. Study of the effect of feeding *Tenebrio molitor* larvae during their rearing on their growth, nutritional profile, value and safety of the produced flour. *Food Chemistry: X* 24:101838. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2024.101838>.

Patricia Serafin. 2012. Manual de la Alimentación Escolar Saludable. .

Peña Quintana, L; Madruga Acerete, D; Calvo Romero, C. 2001. Alimentación del preescolar, escolar y adolescente. Situaciones especiales: dietas vegetarianas y deporte. *Anales de Pediatría* 54(5):484-496. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1695-4033\(01\)77572-8](https://doi.org/10.1016/S1695-4033(01)77572-8).

Perea Villamil, JACCTHAJenny. 2009. El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento . *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud* 41:128-134.

- PNUMA Programa Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2021. Las emisiones de metano están acelerando el cambio climático. ¿Cómo podemos reducirlas? (en línea). . Consultado 2 sep. 2024. Disponible en <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/las-emisiones-de-metano-estan-acelerando-el-cambio-climatico-como>.
- PROTIBERIA. 2022. La huella de carbono de la insecticultura. .
- Rafael Durán-Galdo; Lorena Saavedra-Garcia. 2022. Entomofagia, ¿Una potencial alternativa para la seguridad alimentaria?: Una revisión narrativa. .
- Ribeiro, JC; Marques, JP; Fernandes, TR; Pintado, ME; Carvalho, SMP; Cunha, LM. 2024. Effect of blanching, storage and drying conditions on the macro-composition, color and safety of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *LWT* 191:115646. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115646>.
- Ribeiro, N; Abelho, M; Costa, R. 2018. A Review of the Scientific Literature for Optimal Conditions for Mass Rearing *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) (en línea). *Journal of Entomological Science* 53(4):434-454. DOI: <https://doi.org/10.18474/JES17-67.1>.
- Sangma, AA; Sharma, M; Ravindra, RM. 2025. Upscaling of ghee residue (a dairy industry by-product) through development of protein-rich energy bar: Formulation optimization, quality evaluation and temporal changes in physico-chemical and sensory attributes (en línea). *Food and Humanity* 4:100613. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.FOOHUM.2025.100613>.
- Schencke, C; Vásquez, B; Sandoval, C; del Sol, M. 2016. El Rol de la Miel en los Procesos Morfofisiológicos de Reparación de Heridas. *International Journal of Morphology* 34(1):385-395. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-95022016000100056>.
- Siemianowska, E; Kosewska, A; Aljewicz, M; Skibniewska, KA; Polak-Juszczak, L; Jarocki, A; Jędras, M. 2013. Larvae of mealworm (<i>*Tenebrio molitor*</i> L.) as European novel food. *Agricultural Sciences* 04(06):287-291. DOI: <https://doi.org/10.4236/as.2013.46041>.
- TERRARTROPODA. 2013. Ficha Gusano de la harina – *Tenebrio molitor* (en línea). . Consultado 7 sep. 2024. Disponible en <https://terrartropoda.wordpress.com/2013/08/11/ficha-gusano-de-la-harina-tenebrio-molitor/>.

- Turck, D; Castenmiller, J; De Henauw, S; Hirsch-Ernst, KI; Kearney, J; Maciuk, A; Mangelsdorf, I; McArdle, HJ; Naska, A; Pelaez, C; Pentieva, K; Siani, A; Thies, F; Tsabouri, S; Vinceti, M; Cubadda, F; Frenzel, T; Heinonen, M; Marchelli, R; Neuhäuser-Berthold, M; Poulsen, M; Prieto Maradona, M; Schlatter, JR; van Loveren, H; Ververis, E; Knutsen, HK. 2021. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal 19(1). DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>.
- Wang, Z; Park, J. 2024. Does personality make a difference? Exploring the connections between the big five personality traits and entomophagy among Japanese consumers. Food Quality and Preference 119:105225. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105225>.
- Xiong, J; Yu, Z. 2025. Assessing food consumption GHG emissions in China and the impact of alternative proteins on emissions reduction (en línea). Ecological Frontiers . DOI: <https://doi.org/10.1016/J.ECOFRO.2025.03.007>.
- Yu, X; He, Q; Wang, D. 2021. Dynamic Analysis of Major Components in the Different Developmental Stages of *Tenebrio molitor* (en línea). Frontiers in Nutrition 8:689746. DOI: <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.689746>.
- Zafeiriadis, S; Adamaki-Sotiraki, C; Rumbos, CI; Athanassiou, CG. 2024. Beyond carrots: Evaluation of gelling agents as wet feeds for *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. Chemosphere 363:142783. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2024.142783>.

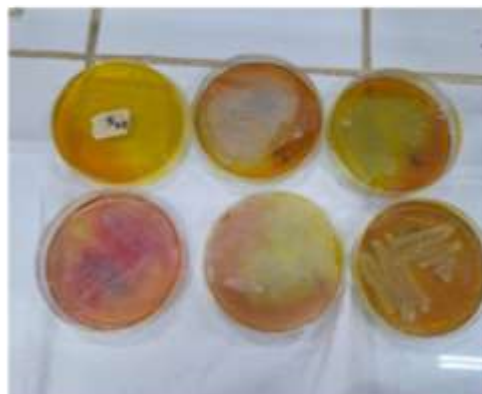
IX. ANEXOS

Anexo 1: flujo de elaboración de harina T. molitor

Procesamiento de la harina de Tenebrio molitor:

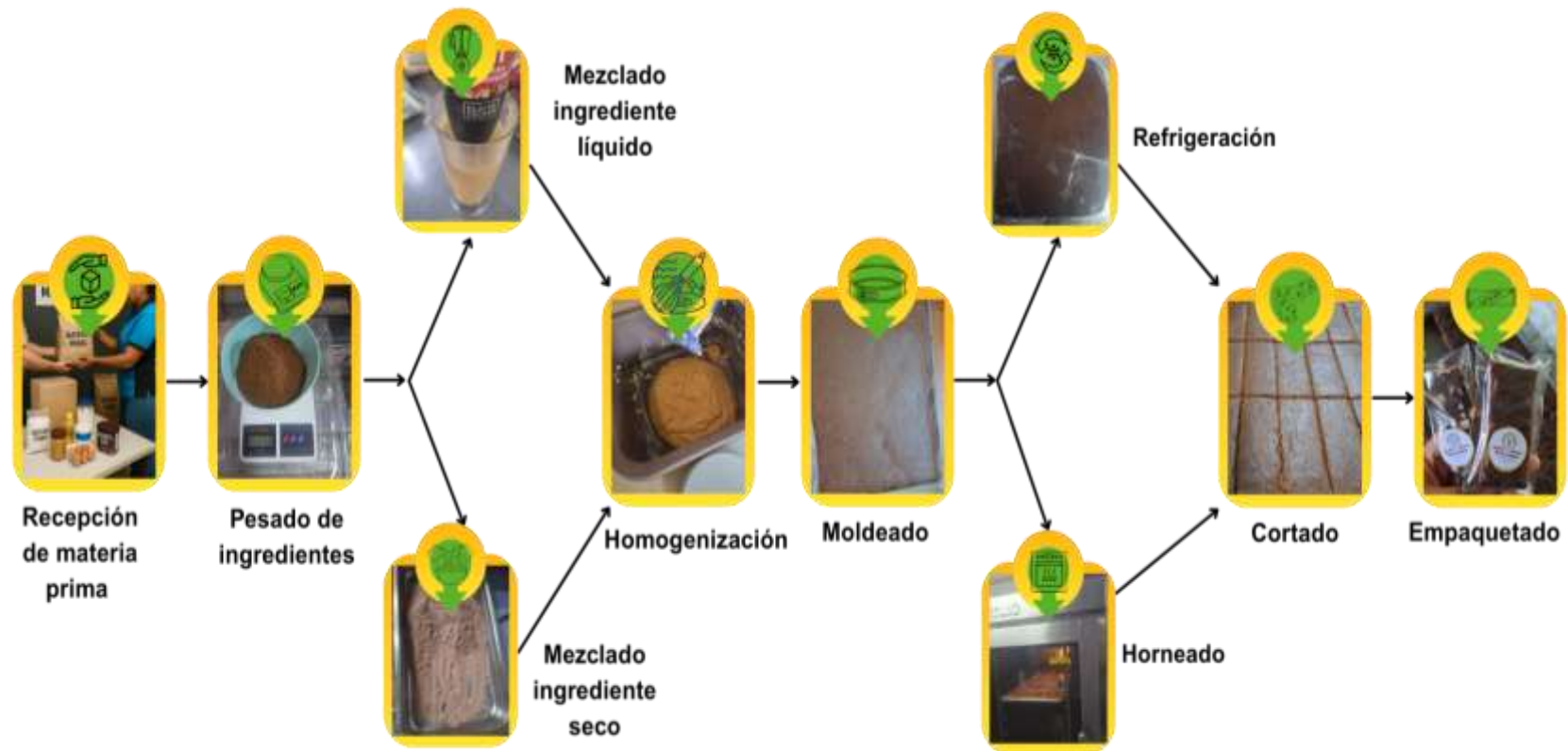


Anexo 2 Análisis microbiológicos en harina

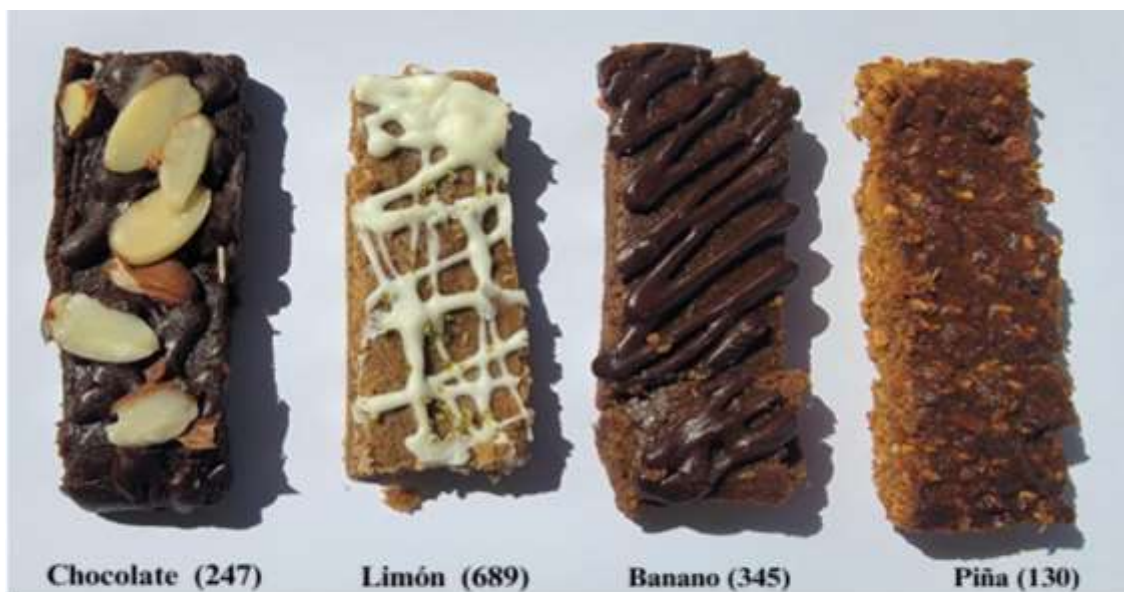


Anexo 3. Desarrollo de las formulaciones

Flujo de proceso de barras proteicas



Anexo 4: Barras proteicas con harina de enebro



Anexo 5 Formato de evaluación sensorial



Universidad Nacional de Agricultura

Ficha de evaluación sensorial

Fecha: jueves 30 de enero

Edad _____

Sexo F ☐ M ☐

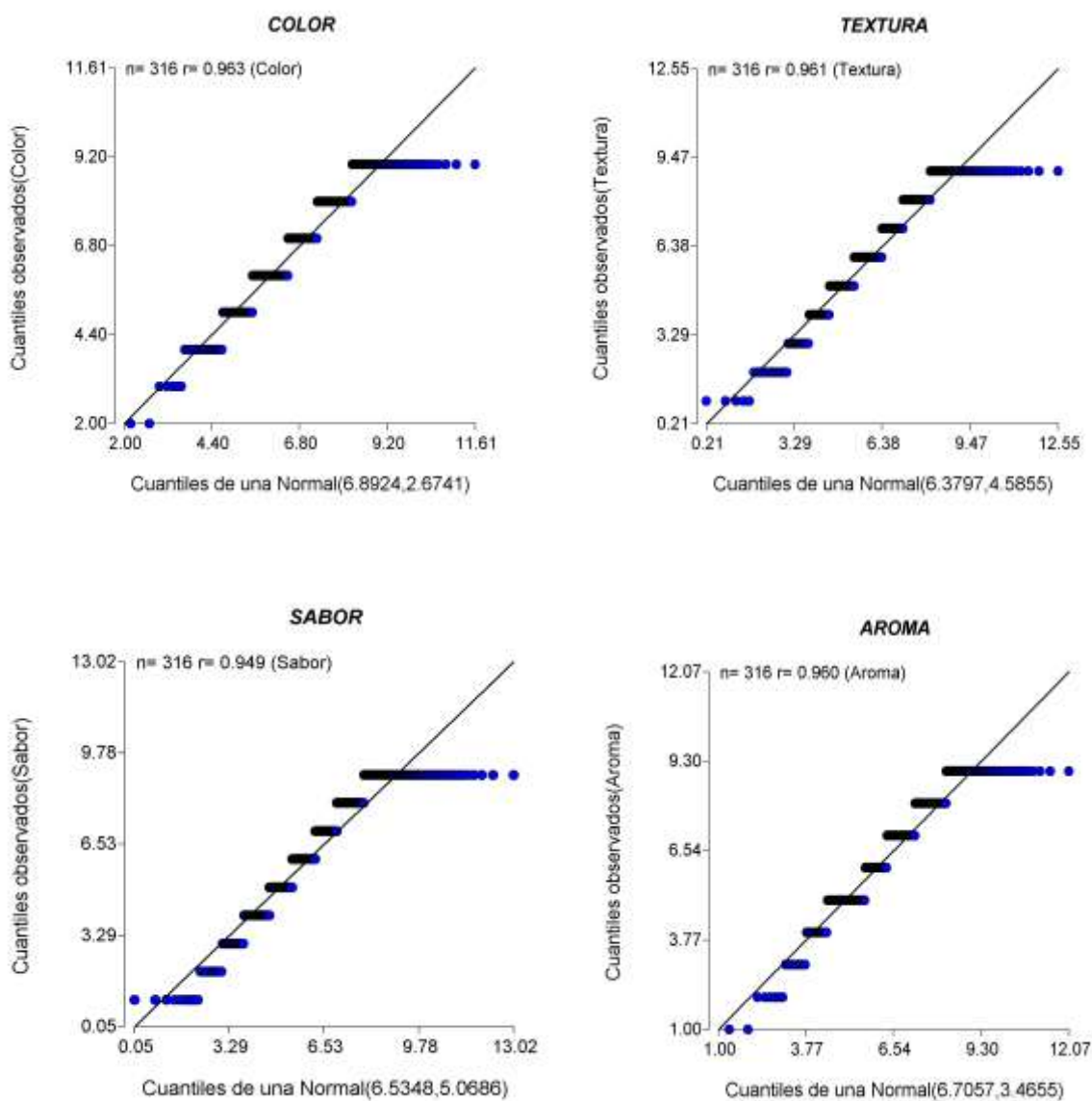
Saludos, el objetivo del presente estudio tiene como fin evaluar las características sensoriales de cuatro formulaciones de una barra proteicas, para ello se le solicita nos colabore respondiendo una serie de preguntas sobre cada tipo muestra.

Instrucciones: Frente a usted se encuentran cuatro muestras de barras proteicas, las cuales deben ser evaluadas según el nivel de agrado que posee cada uno de sus atributos. Se le solicita marcar con una X el nivel de escala que usted considera que posee el producto, siendo 9 el mayor puntaje y 1 el menor.

Podrá evaluar una muestra a la vez, analizando en primer lugar el color, aroma, sabor, textura, aceptación general e intención de compra. Para el caso del sabor, le pedimos utilice un borrador que consiste en tomar un poco de agua purificada, comer un trozo de barra y posteriormente tomar nuevamente un sorbo de agua purificada, previo al análisis entre las muestras.

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

Anexo 6: Graficas de atributos de las pruebas de Kruskal Wallis.



Anexo 7 Tablas de análisis estadístico de color

Tratamiento	Color	
247	7.59 ± 1.52	A
315	7.6 ± 1.56	A B
130	6.53 ± 1.66	B C
689	6.38 ± 1.55	C

P- Valor de < 0.00001

Tukey 5%

Anexo 8 Tablas de análisis estadísticos de aromas.

Tratamiento	Aroma	
247	7.48 ± 1.65	A
315	6.75 ± 1.88	B
130	6.63 ± 2.23	B C
689	5.96 ± 1.81	C
p-valor	< 0.00001	

Anexo 9 Tablas de análisis estadísticos de sabor.

Tratamiento	Sabor	
247	7.23 ± 2.01	A
315	7.61 ± 1.76	A
130	6.16 ± 2.23	B
689	5.14 ± 2.15	C
p-valor	<0.00001	

Anexo 10 Tablas de análisis estadísticos de textura.

Tratamiento	Textura	
240	6.54 ± 2.26	A
315	7.09 ± 1.96	A
130	6.47 ± 1.99	A
689	5.42 ± 2.04	B
p-valor	<0.00001	

Anexo 11 Análisis de humedad



Anexo 12: Análisis de pH.



Anexo 13: medición de °brix.

