

Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud

(nombre del programa universitario de investigación de la Digi)

Formulación y evaluación químico-sensorial de tres galletas de harina de trigo fortificadas con harina de larvas de tenebrio molitor (linnaeus, 1758) en Zacapa, Guatemala.

nombre del proyecto de investigación

DES8CU-2022 Partida presupuestaria 4.8.58.0.72

código del proyecto de investigación

Instituto de Investigaciones del Centro Universitario de Zacapa (IICUNZAC), Centro Universitario de Zacapa (CUNZAC)

unidad académica o centro no adscrito a unidad académica avaladora

**Mayda Sucely Arroyo Castillo
Coordinadora Proyecto de Investigación**

**Andrea Izabel Martínez Romero
Auxiliar de investigación II**

**Yoselin Lisbeth Barahona Oliva
Auxiliar de investigación II**

nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por Digi

Zacapa, Guatemala, 28 de febrero de 2023

lugar y fecha de presentación del informe final dd/mm/año

Autoridades

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Dra. Hilda Valencia
Coordinadora del Programa Universitario de Investigación
Interdisciplinaria en Salud

CENTRO UNIVERSITARIO DE ZACAPA

Dr. Carlos Vargas Gálvez
Director, Centro Universitario de Zacapa

Dr. Manuel Alejandro Barrios Izás
Coordinador, Instituto de Investigaciones, Centro Universitario de Zacapa

Licda. Marissa Beatriz Cordón Cardona
Coordinadora de la carrera de Nutrición

MSc. Manuel Gustavo Guzmán Navas
Coordinador, Planta de Alimentos

Autores

Mayda Sucely Arroyo Castillo
Coordinadora del proyecto

Andrea Izabel Martínez Romero
Auxiliar de investigación II

Yoselin Lisbeth Barahona Oliva
Auxiliar de investigación II

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2022. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de del código DES8CU-2022 en el Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



1 Índice general

2	Resumen y palabras claves.....	7
3	Introducción	8
4	Planteamiento del Problema.....	10
5	Delimitación en Tiempo y Espacio	11
	5.1. Delimitación en Tiempo	11
	5.2. Delimitación Espacial.....	11
6	Marco Teórico	12
	6.1. Fortificación Alimentaria	12
	6.2. Aminoácidos y Proteínas	12
	6.3. Requerimientos de Proteína por Edad	13
	6.4. Complementación Proteica.....	15
	6.5. Entomofagia	15
	6.6. Aportes Nutricionales al Consumir Insectos	17
	6.7. Entomofagia: Aliado Ante la Crisis Ambiental.....	19
	6.8. Caserío El Canal, La Fragua, Zacapa	20
	6.9. Análisis Sensorial	21
7	Estado del Arte	22
8	Objetivos	24
	8.1. Objetivo General	24
	8.2. Objetivos Específicos	24
9	Hipótesis (si aplica).....	24
10	Materiales y Métodos	24
	10.1 Enfoque de la Investigación	24

10.2	Método.....	24
11	Resultados y Discusión.....	29
11.1	Resultados.....	29
11.2	Discusión de Resultados.....	34
12	Referencias	39
13.	Apéndice.....	43
13	Aspectos éticos y legales (si aplica)	48
14	Vinculación.....	48
15	Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual.....	49
16	Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:	49
17	Orden de pago final	49
18	Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación	50
19	Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario.....	50
20	Visado de la Dirección General de Investigación	51

Índice de Tablas

Tabla 1	Requerimiento proteico por edad según INCAP133	
Tabla 2	Valor nutritivo de <i>Tenebrio molitor</i>	17
Tabla 3	Formulaciones de galletas de harina de trigo y <i>Tenebrio molitor</i> 266	
Tabla 4	Formulación de tres galletas fortificadas con harina de la larva del escarabajo <i>Tenebrio molitor</i> 299	
Tabla 5	Análisis bromatológico y de vitamina A de tres formulaciones de galletas fortificadas con harina del escarabajo <i>T. molitor</i> 3030	
Tabla 6	Ajuste de valor nutricional por ración3131	
Tabla 7	Costo Beneficio de Preparación Seleccionada de Galleta Fortificada con harina de la larva del escarabajo <i>T. molitor</i> 3131	
Tabla 8	Costo de Producir 10,000 unidades de Tenebrios con 1 Millar de Larvas322	
Tabla 9	Ganancia y rendimiento a partir de 1 millar de tenebrios.333	

Índice de Figuras

Figura 1 Formulación de la Galleta Nutricional Propuesta por INCAP 1992.....	25
Figura 2 Porcentaje de aceptabilidad de galleta fortificada con harina de T. molitor.....	34
Figura 3 Primer contacto con la comunidad.....	43
Figura 4 Larva de T. molitor	43
Figura 5 Larva de T. molitor procesada	44
Figura 6 Elaboración de pruebas primarias	44
Figura 7 Elaboración de formulaciones finales de galletas nutricionalmente mejoradas con diferentes porcentajes de harina de larva de T. molitor.....	45
Figura 8 Formulación de galletas enviadas a análisis bromatológico	45
Figura 9 Consentimiento informado.....	46
Figura 10 Prueba Hedónica	47
Figura 11 Jornada nutricional y desarrollo de prueba hedónica.....	47

2 Resumen y palabras claves

En Guatemala el 49.8% de los niños sufre desnutrición crónica y el 21.6% desnutrición aguda. La proteína es un macronutriente necesario para el desarrollo cognitivo y motor de la población infantil, con una recomendación dietética diaria de 1.1 g/kg de peso y se sugiere que el 65% de esta sea de origen animal. Sin embargo, el acceso a la proteína animal tradicional se encuentra limitado para gran parte de la población, además, la producción de este tipo de proteína trae consigo un impacto negativo al medio ambiente. Por ello, se plantea la idea de que la entomofagia podría ser parte de la solución para combatir los altos índices de desnutrición en el país. Por lo tanto, el objetivo principal de este proyecto de investigación fue el de formular y analizar el valor nutricional de tres recetas de galletas fortificadas con distintos porcentajes de proteína de la larva del escarabajo *Tenebrio molitor*. Con un alcance exploratorio y descriptivo. Para ello se seleccionó una muestra de 57 niños en edad escolar ubicados en el caserío El Canal, La Fragua Zacapa. Se elaboraron tres formulaciones tomando como base la galleta nutricionalmente mejorada propuesta por INCAP en 1992. Las tres formulaciones cumplían con los requisitos calóricos (140 kcal) y proteicos (mínimo 2 gramos), sin embargo, se seleccionó la formulación “B” ya que fue la formulación con mayor aporte de vitamina A (100 µg). El 86% de los participantes (n=48) aceptaron la formulación. Se determinó un costo por ración (36 gramos) de Q5.16.

Palabras clave: galleta, nutrición, proteína de insecto, *Tenebrio molitor*, entomofagia.

Abstract and keyword

In Guatemala, 49.8% of children suffer from chronic malnutrition and 21.6% from acute malnutrition. Protein is a necessary macronutrient for the cognitive and motor development of the child population, with a daily dietary recommendation of 1.1 g/kg of weight and it is suggested that 65% of this be of animal origin. However, access to traditional animal protein is limited for a large part of the population, and the production of this type of protein has a negative impact on the environment. For this reason, the idea is raised that entomophagy could be part of the solution to combat the high rates of malnutrition in the country. Therefore, the main objective of this research project was to formulate and analyze the nutritional value of three recipes for fortified biscuits with different percentages of protein from the larva of the *Tenebrio molitor* beetle. With an

exploratory and descriptive scope. For this, a sample of 57 school-age children located in the El Canal hamlet, La Fragua Zacapa, was selected. Three formulations were made based on the nutritionally improved biscuit proposed by INCAP in 1992. The three formulations met the caloric (140 kcal) and protein (minimum 2 grams) requirements, however, formulation "B" was selected since it was the formulation with the highest contribution of vitamin A (100 µg). 86% of the participants (n=48) accepted the formulation. A cost per serving (36 grams) of Q5.16 was determined.

Keywords: cookie, nutrition, insect protein, *Tenebrio molitor*, entomophagy.

3 Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para el año 2050 se espera un crecimiento exponencial de la población, pudiendo llegar a los 9 mil millones de habitantes. Lo que se traduce con un aumento de la demanda de proteína, especialmente la de origen animal. Esto se puede deducir, con un aumento del 70% del consumo de proteína de origen animal, comparado con el año 2010. Existe una estrecha relación con la situación socioeconómica de un país y su capacidad de producción y consumo de proteína. Según las últimas estadísticas del Instituto Nacional de Estadística (INE), el nivel de pobreza en Guatemala es del 59.3%, de los cuales el 60% pertenece a la región Nororiental. Por ende, la producción de proteína de origen animal, puede llegar a ser insuficiente para satisfacer las necesidades proteicas de la población guatemalteca. Aunado a esto, la prevalencia de desnutrición infantil va en aumento, siendo un reflejo existente de grandes inequidades en la ingesta alimentaria y del bajo nivel socioeconómico. En Guatemala el 49.8% de niños y niñas, padecen desnutrición crónica, el 33.8% de estos infantes, pertenecen a la región Nororiente del país (SIGSA, 2020; INE, 2014; Friedrich, 2014).

Otro factor a considerar, es el impacto ambiental del ganado vacuno, porcino, aviar y acuicultura; los cuales producen una elevada emisión de gases efecto invernadero. Por lo tanto, es necesario el uso de alternativas para el consumo de proteínas de alto valor biológico. Una de estas alternativas es la producción y utilización de proteína de insecto. Los insectos comestibles, poseen gran potencial como materia prima para fortalecer alimentos con proteína

de alto valor biológico, aunado a esto, su producción es de bajo impacto ambiental (Quesada y Gómez, 2019).

El costo beneficio es otro aspecto importante ya que para producir 1 kg de insectos necesitan solo 1 litro de agua, comparándolo con 1 kg de carne de origen vacuno para el cual se necesitan aproximadamente 15,000 litros de agua (Gómez, 2019). Por tal motivo, la alternativa de fortificar galletas con harina a base de larva del escarabajo *T. molitor*, es una herramienta importante a utilizar, para poder satisfacer la demanda de consumo de proteína de alto valor biológico.

Se realizó un estudio en el año 2019 en el departamento de Suchitepéquez. En el cual, se fortificó un yogurt con harina de *Acheta domesticus* (grillo) y otro yogurt con harina de *Brosimum alicastrum Swartz* (Ramon). Se midió el cambio de peso, talla y velocidad de crecimiento en los niños, después de cinco semanas consumiendo 125 ml de yogurt de lunes a viernes. A cada muestra de yogurt se le realizaron los análisis químicos proximales para determinar su valor nutricional por porción. Los resultados arrojaron que el yogur enriquecido con harina de *A. domesticus*, contiene 9.2% de proteína y el yogur enriquecido con harina de *B. alicastrum*, contiene 12.40% de proteína. El análisis de los datos muestra que el peso medio de los niños del tratamiento de yogurt con harina de *A. domesticus* respecto a la variable talla el análisis estadístico presentó diferencia significativa, siendo la mejor respuesta en niños del tratamiento de yogurt con harina de *A. domesticus*, seguido por el tratamiento de yogurt con *B. alicastrum* (Hernández, Godoy, y Ralda, 2018).

Es importante resaltar en este estudio realizado en Suchitepéquez que, a pesar de presentar mayor porcentaje de proteína el yogurt enriquecido con de *B. alicastrum* (Ramón), presentaron mejor respuesta en cuanto al crecimiento de niños los que consumieron yogurt enriquecido con con harina de *A. domesticus*(grillo), presentando una mejor digestibilidad y absorción la proteína proveniente de insecto.

En base a los estudios mencionados anteriormente se formuló el siguiente proyecto de investigación con el objetivo de analizar el valor nutricional de tres recetas de galletas fortificadas con distintos porcentajes de harina a base de la larva del escarabajo *Tenebrio molitor*, así como la aceptabilidad de la misma por parte de niños en edad escolar, y establecer un análisis de costo beneficio para respaldar el producto desarrollado. A través de una

investigación descriptiva y cuantitativa, con un alcance exploratorio y descriptivo. Considerando el menester de la creación de un producto que pueda ser considerado como herramienta para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional del país, y que, además, cuyo impacto ambiental sea significativamente bajo, comparado con la producción de otros alimentos de origen animal.

4 Planteamiento del Problema

La desnutrición en niños menores de cinco años ha disminuido a paso lento en Guatemala. En el país hay un porcentaje del 49.8% de niños y niñas con desnutrición crónica, el 33.8% de estos infantes, pertenecen a la región nororiental del país. Por otra parte, el 21.6% de los niños de Guatemala sufren de desnutrición aguda, de este total un 17.6% pertenecientes a la región nororiental. En el año 2019 se registraron 167,860 casos de desnutrición crónica en niños menores de 5 años, de los cuales 1,181 pertenecen al departamento de Zacapa. Además, se registraron 15,395 casos de desnutrición aguda en niños menores de 5 años, de los cuales 353 corresponden al departamento de Zacapa (SIGSA, 2020). Factores como la sequía, la ausencia de un enfoque de equidad y el círculo de la pobreza, que en su conjunto imposibilitan el acceso y la disponibilidad de alimentos que cubran las necesidades nutricionales, como las fuentes de proteína de origen animal, de las familias guatemaltecas (UNICEF, 2011).

La proteína es un macronutriente necesario para el desarrollo cognitivo y motor de los niños, tiene influencia sobre el metabolismo, ayuda al correcto funcionamiento del sistema inmune, es necesaria para asegurar un óptimo estado de salud en la población. El acceso a la proteína animal proveniente principalmente del ganado es limitado para gran parte de la población. Aunado a esto, la producción de res trae consigo impactos negativos al medio ambiente. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el sector ganadero genera más gases de efecto invernadero que el sector de transporte, además de causar infertilidad de tierras y degradación de recursos hídricos, sin mencionar el alto coste que tiene su producción. El menester de satisfacer las necesidades nutricionales de una población con productos valiosos, económicos y ecológicos ha despertado el interés en la fortificación por medio de harinas a base de insectos (Soto S. , 2021).

Los cereales, aunque tienen aporte de proteína, no contienen todos los aminoácidos esenciales. Por ejemplo, son deficientes en lisina y triptófano. Estas deficiencias se pueden corregir por medio

de la utilización de productos que contengan dichos aminoácidos, para crear lo que se conoce como complementación proteica. Una alternativa para realizar esta complementación en la dieta de aminoácidos esenciales es a través del consumo de proteína de insectos (Quesada y Gómez, 2019).

Amador Gómez, director técnico de Acción contra el Hambre indica que en la región Centroafricana, la entomofagia podría ser una solución a combatir los altos índices de desnutrición que sobrepasan el 40% en esa región, estudios realizados en ese continente destacan que los insectos no solo suponen una fuente nutricional más resistente a los choques climáticos que otros alimentos, sino que favorecer la entomofagia podría reducir la inseguridad alimentaria al mismo tiempo que crear oportunidades de empleo, particularmente entre las mujeres. El costo beneficio es otro aspecto importante ya que para producir 1 kg de insectos necesitan solo 1 litro de agua, comparándolo con 1 kg de carne de origen vacuno donde se necesitan aproximadamente 15,000 litros de agua (Gómez, 2019).

Por ello, este proyecto de investigación tuvo como objetivo desarrollar tres alternativas de galletas fortificadas con diferentes porcentajes de harina a base de larvas del escarabajo *T. molitor*. Se evaluó el grado de aceptabilidad dirigida a la muestra por parte de la comunidad con la galleta que posea las mejores características nutricionales comparadas con la galleta escolar nutricionalmente mejorada propuesta por INCAP en 1995. Finalmente, se determinó la intención de consumo de la población de productos fortificados con harina de larva de *T. molitor*, con el fin de contribuir con alternativas nutricionales para niños en edad de crecimiento.

5 Delimitación en Tiempo y Espacio

5.1. Delimitación en Tiempo

Se realizó de mayo de 2022 a febrero del 2023. Durante este tiempo se establecieron las formulaciones de galletas, llevando a cabo las pruebas sensoriales, análisis químico proximal, análisis de vitamina A e informe final.

5.2. Delimitación Espacial

Zacapa es uno de los 22 departamentos que conforman Guatemala, está situado en la región Nororiente del país. Tiene una extensión de 517 km² y se ubica a 147 km de la ciudad capital. Limita al norte con los departamentos de Alta Verapaz e Izabal, al sur con los departamentos de Chiquimula y Jalapa. Al este con el departamento de Izabal y la República de Honduras, y al oeste

con el departamento de El Progreso. Zacapa por su ubicación geográfica variada, sus alturas oscilan entre 130 metros sobre el nivel del mar en Gualán y con 880 metros sobre el nivel del mar en el municipio de La Unión. El municipio está conformado por una ciudad, 56 aldeas y 46 caseríos, entre los que se encuentra el Caserío El Canal, ubicado en Aldea La Fragua, a aproximadamente 2 km del centro de la ciudad de Zacapa. Se obtuvo el primer acercamiento con la comunidad en mayo 2022 como se observa en apéndice A (Valladares, 2017).

6 Marco Teórico

6.1. Fortificación Alimentaria

Es una medida amplia cuyo propósito se centra en la prevención de carencias nutricionales. Para ello se implementan diversas estrategias para reducir la desnutrición de un país o región (FAO, 2018). La fortificación es una política implementada en varios países, entre ellos Guatemala. En el decreto 44-92 se establece la Ley General del Fortalecimiento de Alimentos. La cual en su artículo 1 dicta: “Es obligatorio el enriquecimiento, fortificación o equiparación de los alimentos necesarios para suplir la ausencia o insuficiencia de nutrientes en la alimentación habitual de la población”. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, deberá emitir los acuerdos y reglamentos necesarios, en consulta con el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), para regular dicha obligación.

6.2. Aminoácidos y Proteínas

Las proteínas son indispensables para la vida y la salud. Son grandes moléculas formadas por una cadena lineal de aminoácidos, que contienen un grupo amino (NH_2) y un grupo carboxilo (COOH), enlazados al mismo carbono de la molécula. Las proteínas corporales se forman por la unión de aminoácidos, los cuales provienen de la dieta y de las proteínas del mismo organismo, que constantemente se están degradando y produciendo de nuevo. Algunos aminoácidos, llamados esenciales, deben ser ingeridos por la dieta. Los aminoácidos no esenciales, también están en los alimentos, pero, además, el cuerpo los puede sintetizar a partir de compuestos nitrogenados de la dieta o los tejidos (Santillán, 2018).

La deficiencia proteínica puede deberse a la ingesta de cantidades insuficientes de proteínas o a la ingesta de proteínas de mala calidad nutricional que no aportan todos los aminoácidos esenciales que el organismo requiere. La deficiencia de proteínas se presenta con mayor frecuencia en niños, debido a que son más elevadas sus necesidades de proteínas con edemas, hay desgaste

de los tejidos corporales, hígado graso, dermatosis, limitada respuesta inmunológica y debilidad (Quesada y Gómez, 2019).

6.3. Requerimientos de Proteína por Edad

Los requerimientos de proteínas de un grupo de individuos de la misma edad y sexo siguen una distribución normal, por lo que el requerimiento promedio solo cubre las necesidades de la mitad de esos individuos. El requerimiento de proteínas en infantes y niños, también debe cubrir las necesidades asociadas con la formación de tejidos y la mantención de velocidades de crecimiento compatibles con una adecuada salud y nutrición. En el caso de embarazadas, la ingesta debe cubrir las necesidades para la formación de tejidos y en las mujeres en lactancia, para cubrir las necesidades asociadas a producción y secreción de leche (Menchú, Torún, y Elías, 2012). En la tabla 1 se observan los requerimientos proteicos por edad según el INCAP.

Tabla 1

Requerimiento proteico por edad según INCAP

	Edad	Requerimiento Proteico
Grupo Mixto	6-8 meses	1.12 g/kg/día
	9-11 meses	1.12 g/kg/día
	1-1.9 año	0.95 g/kg/día
	2-2.9 años	0.79 g/kg/día
	3-3.9 años	0.73 g/kg/día
	4-4.9 años	0.69 g/kg/día
	Edad	Requerimiento Proteico
	5-5.9 años	0.69 g/kg/día
	6-6.9 años	0.72 g/kg/día
	7-7.9 años	0.74 g/kg/día

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Grupo Masculino	8-8.9 años	0.75 g/kg/día
	9-9.9 años	0.75 g/kg/día
	10-11.9 años	0.75 g/kg/día
	12-13.9 años	0.74 g/kg/día
	14-15.9 años	0.72 g/kg/día
	16-17.9 años	0.71 g/kg/día
	18 y más	0.66 g/kg/día
<hr/>		
	Edad	Requerimiento Proteico
	5-5.9 años	0.69 g/kg/día
	6-6.9 años	0.72 g/kg/día
	7-7.9 años	0.74 g/kg/día
	8-8.9 años	0.75 g/kg/día
Grupo Femenino	9-9.9 años	0.75 g/kg/día
	10-11.9 años	0.74 g/kg/día
	12-13.9 años	0.72 g/kg/día
	14-15.9 años	0.70 g/kg/día
	16-17.9 años	0.68 g/kg/día
	18 y más	0.66 g/kg/día
<hr/>		
Embarazo	Semana de Embarazo	Requerimiento Proteico
	2do. trimestre	Adicionar: 10 g/día

	3er. trimestre	Adicionar: 31g/día
Lactancia	Mes	Requerimiento Proteico
	1-6 meses	Adicionar: 19 g/día
	7-12 meses	Adicionar: 13g/día

Fuente: (Menchú, Torún, & Elías, Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP, 2012)

6.4. Complementación Proteica

La complementación proteica es definida como la mezcla de dos proteínas incompletas con el fin que el aminoácido limitante se complementa con el aporte de la otra, en que el mismo aminoácido se encuentra abundante. La complementación de proteínas de origen vegetal resulta de gran utilidad para las personas que ingieren una cantidad limitada de proteínas de origen animal. Se basan en la combinación de cereales (maíz, sorgo, trigo, etc.) de concentrados proteínicos (harinas de maní, ajonjolí, etc.), con diferentes especies de leguminosas. El valor nutritivo de estas preparaciones indica que son fuentes mejoradas de proteína con un mejor valor biológico para la población en general, como resultado de su complementación de aminoácidos (Martínez & Martínez, 2006).

6.5. Entomofagia

En algunos lugares el concepto también se conoce como insectomanía. La entomofagia es la ingesta de insectos o artrópodos como alimento ya sea para el humano o para los animales. En muchos países de África, Asia y América Latina, los insectos son parte de la dieta diaria, e incluso utilizados en la alta cocina. Actualmente se han contabilizado más de 1,500 variedades de insectos comestibles para el ser humano. Muchos de estos insectos poseen hasta el 50% de su peso en proteína pura en el apéndice B se muestra el procedimiento utilizado para la elaboración de harina de larva del escarabajo del *T. molitor* (Jordá, 2011).

6.5.1 *Tenebrio molitor*

- **Nombre Común.** Gusano de la Harina (larva) o Escarabajo Molinero (escarabajo).
- **Clase.** Insecta

- **Orden.** Coleoptera
- **Familia.** Tenebrionidae
- **Género.** *Tenebrio*
- **Especie.** *molitor*
- **Nombre Científico.** *Tenebrio molitor* (Linnaeus)

El *Tenebrio molitor* es un coleóptero que en su medio natural se encuentra en almacenes de granos, es por ello que es un problema a nivel mundial, pero se puede obtener beneficio de este insecto; su productividad en medio controlado es alta, ya que la hembra puede poner entre 300 a 400 huevos.

El *Tenebrio molitor* es un coleóptero, se encuentra principalmente en almacenes de granos, por lo que es muy fácil de conseguir y podría ser un problema de plaga a nivel mundial, pero se puede obtener beneficio de este ya que su reproductividad, en medio controlado, es alta. Una hembra puede poner alrededor de 400 huevos. Generalmente la larva de *Tenebrio molitor*, se vende como alimento vivo para aves, reptiles, mamíferos insectívoros y peces. Posee un alto nivel de proteínas, carbohidratos, y aminoácidos esenciales, por ende, la elaboración de alimentos nutritivos a partir de este, es una alternativa prometedora en países en vías de desarrollo con altos índices de desnutrición (Soto, 2003).

El *Tenebrio molitor* vive en medios húmedos y ricos en materia orgánica de fácil descomposición, llámese harinas, trozos de madera, graneros de maíz, trigo y avenas, tiene un período de vida de alrededor de 6 meses. Por estas características el *Tenebrio molitor* tiene una muy fácil adaptación a su medio y su reproducción controlada es fácil. El ciclo del tenebrio a 28°C es aproximadamente el siguiente: 10 días la incubación, 10 semanas el periodo larval, 20 días el estadio de pupa y los escarabajos de 2 a 3 meses (Ramos-Elorduy y Pino, 2001).

El *Tenebrio molitor* es una larva limpia y sin olor, además debido a su alimentación y método de producción, no puede ser portadora de Botulismo, Leptospira, Salmonella, Tuberculosis y Toxoplasmosis, entre otras, como lo pudieran ser las fuentes de proteína de origen animal tradicionales. En nutrición animal el *Tenebrio molitor* puede ser aprovechado como insecto vivo, como harina, como fertilizante natural (excrementos) y los restos de muda o exuvia se utilizan para ser quitosano (Ramos-Elorduy y Pino, 2001). En la tabla 2 se muestra el valor nutritivo del *Tenebrio molitor*.

Tabla 2

Valor nutritivo de Tenebrio molitor

Descripción de la muestra	Base	Agua (%)	MST (%)	EE (%)	FC (%)	CHON (%)	Ceniza (%)	ELN (%)
Harina de <i>T. molitor</i>	Seca	12.58	87.42	31.35	1.65	55.36	3.89	7.75
	Como alimento	---	---	27.41	1.44	48.40	3.40	---
<i>T. molitor</i> tostado	Seca	41.31	58.69	30.22	1.28	57.58	4.08	6.84
	Como alimento	---	---	17.74	0.75	33.80	2.39	---

Fuente: Datos obtenidos en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC

6.6. Aportes Nutricionales al Consumir Insectos

Desde tiempos prehistóricos la entomofagia ha sido una práctica que el ser humano introdujo como parte de su consumo de alimentos, principalmente insectos en etapas larvales, de pupa, adultos e incluso huevos; incorporando de esta forma la ingesta de insectos a su dieta (Kouřimská y Adámková, 2016). Como destaca Posey (1987) en generaciones pasadas la ingesta de insectos fue relevante ya que estos eran una fuente de proteína de alta calidad, característica que podría aumentar su consumo e importancia en el futuro sumado a la escasez de medios de producción tales como tierra, agua, fuentes de energía, mano de obra, entre otros para la producción de proteína de origen animal.

Según la FAO (2013), los insectos aportan proteínas de alta calidad, como la harina de *Tenebrio molitor*, la cual aporta 55 g de proteína por cada 100g de producto, contrastando estos valores con la carne de res que produce 18g de proteína por cada 100g de producto. Estos datos reflejan que los insectos son beneficiosos al ser incluidos como alimento dentro comunidades,

siendo una fuente de elevado valor nutricional que tiende a variar según la especie, la etapa de desarrollo al ser consumido, la dieta del insecto, las formas de procesarlo y modo de preparación previo al consumo; así mismo la entomofagia es considerada una herramienta para combatir el creciente cambio climático ya que la producción de insectos requiere menor uso de tierra, agua y una emisión baja de gases efecto invernadero (Finke y Oonincx, 2014; FAO, 2013; Chumrau, Langner, Sargent, y McCormink, 2019).

Entre los nutrientes que aporta una dieta que incorpora insectos, se encuentran la diversidad de los ácidos grasos que no solo son una fuente rica de energía sino confieren una mejor asimilación de aminoácidos, los cuales son importantes para la síntesis de proteínas y encargados de diversas funciones celulares como la contracción de músculos, regulaciones hormonales, incluso algunos aminoácidos al no estar en las cantidades requeridas le es imposible al organismo generar anticuerpos capaces de combatir agentes patógenos; los insectos tienen una composición con más de la mitad de ácidos grasos insaturados que permiten ser reguladores metabólicos y mediadores en las membranas celulares, para evitar alteraciones en sistemas de neurotransmisión, desarrollo cognitivo inadecuado, daño en articulaciones, sequedad y engrosamiento en la piel debido a la deficiencia de ácidos grasos en la dieta del ser humano. Los carbohidratos se encuentran en menor composición nutricional en una dieta donde se incorporan insectos, sin embargo, la fibra es hallada en cantidades significativas que aún se encuentran en estudio los componentes de esta (Finke y Oonincx, 2014; Cabezas-Zábala, Hernández-Torres, y Vargas-Zárate, 2016; FAO, 2012).

Así mismo, la calidad de proteína proveniente de insectos depende de la digestibilidad de los aminoácidos y del requerimiento de cada consumidor, según FAO (2002) la ingesta diaria de proteína para un balance energético en adultos debe ser de 0.8g/kg de peso corporal en el caso de mujeres, 0.85g/kg para hombres. En el caso de un niño de un año es de 1.5 g/kg, llegando a disminuir este valor a 1 g/kg a la edad de seis años (Ramos-Elourdy, 1997). Incluso el análisis nutricional de un elevado porcentaje insectos indican contar con proteínas de alta calidad y energía suficiente para ser integrados en la dieta humana, aún existe carencia desde un enfoque de la ciencia de los alimentos sobre la funcionalidad de las proteínas extraídas de insectos y sus características (Kouřimská y Adámková, 2016).

Los minerales se ven involucrados en múltiples funciones dentro del organismo. La mayoría de insectos cuentan con bajos valores de calcio debido que al ser invertebrados no poseen esqueleto mineralizado, sin embargo, el contenido de fósforo en comparación del calcio se encuentra en mayor medida; cabe resaltar que los insectos cuentan con elevados valores de hierro, lo que permite un correcto transporte de oxígeno en el cuerpo y permite correctas funciones metabólicas, las cuales se ven relacionadas con la abundancia de zinc en los insectos, del mismo modo se encuentra cobre y manganeso. El cobre se ve involucrado con la anemia en niños menores al encontrarse en niveles bajos en el ser humano, mientras que el manganeso se relaciona con funciones relacionadas con la insulina (Köhler, Kariuki, Lambert, y Biesalski, 2019; Finke y Oonincx, 2014).

6.7. Entomofagia: Aliado Ante la Crisis Ambiental

El comercio y consumo de insectos en comunidades vulnerables permite ingresos de manera sostenible, por ejemplo en Uganda la venta de 1kg de saltamontes (*Ruspolia nitidula*) tiene un precio 40% mayor que 1 kg de res, en el Sudeste asiático el comercio de una bolsa de larvas de gorgojo cigarrón (*Rhynchophorus palmarum*), con aproximadamente 12 larvas tiene un valor de \$2.11 comparando esto con el valor de 20 huevos de gallina o 3 kg de arroz, por ello esta es una forma de desarrollo económico local así como una fuente nutricional relacionada por su alto porcentaje de proteína, contenido de ácidos grasos y presencia de nutrientes esenciales, brindando otras alternativas para fortalecer la seguridad alimentaria y resiliencia dentro de las comunidades (Agea, Biryomumaisho, Buyinza, y Nabanoga, 2008; Ramandey y Mastrigt, 2010; Hurtado, y otros, 2018).

Como toda producción de alimento, se utilizan recursos naturales que cada vez se ven más comprometidos por la creciente sobrepoblación humana y la explotación de recursos. Fue Gray (2014) quien evidenció que para producir 1 lb de grillos se utilizan 2 lb de alimento para grillos y 3.78 L de agua, mientras que 1 lb de res requiere alrededor de 25 lb de alimento y 10,962 L de agua, con estos valores evidenciamos que las fuentes de proteína animal (res, cerdo, pollo...), requieren cantidades exorbitantes de agua y de alimento que en términos de producción actualmente está siendo insostenible y se podría llegar agravar. Los valores aproximados del uso de tierra para la producción de 1kg de gusanos de harina (1m²), 1 kg de cerdo (63m²), 1 kg de leche (63m²) y 1 kg de res (254m²), la producción tradicional de proteína podría llegar a ser reemplazada

con la producción de insectos por el bajo uso recursos y dicho esto un menor costo de producción (Ooninx y De Boer, 2012).

Los insectos son incorporados en muchas culturas como fuente de alimento de elevado valor nutricional, inclusive algunas comunidades de Guatemala participan activamente en el consumo de estos organismos, como zompos, hormigas rojas y polillas de seda. Los costos en la producción de insectos tienden a ser menores al comparar los sistemas de producción de proteína tradicional, ya que la entomofagia utiliza de manera moderada recursos como agua, tierra y mano de obra. Esta producción sostenible de alimento proporciona una herramienta en el comercio local, ya que brinda una vía económica de sustento y una herramienta para incrementar la seguridad alimentaria dentro.

En los últimos 50 años el ser humano ha incrementado el uso de los recursos. A lo largo de la historia los insectos han sido foco de estudio, debido a su abundancia e impacto en el ecosistema, así mismo, su consumo o “entomofagia” se ha encontrado enraizado con el ser humano a lo largo de su evolución (Fontaneto, y otros, 2011). Alrededor de 130 países practican la entomofagia, siendo África y América los principales consumidores (Ramos-Elorduy, 2008). En la actualidad se conocen aproximadamente 1900 especies comestibles, en los que resaltan los saltamontes, larvas de escarabajos, mariposas, gusanos, abejas, hormigas, cigarras y una variedad de insectos acuáticos (Bernard y Womeni, 2017). Dentro del consumo humano, la FAO incluye a algunos artrópodos, tales como arañas y escorpiones (FAO, 2013).

La producción de insectos brinda disminuir la huella ecológica. Siendo estos eficientes en la conversión de alimentos, comparado con la producción “tradicional” de ganado. El porcentaje de gases de efecto invernadero se encuentra por debajo de los valores de la producción por ganado, al igual que el uso de recursos naturales (FAO, 2013). Así mismo, son una fuente de alimento y comercio, para aquellas comunidades donde la pobreza y desnutrición radican en gran medida.

6.8. Caserío El Canal, La Fragua, Zacapa

El 28 de abril del 2020, en periódico Prensa Libre, se publicó un reportaje sobre el Caserío el Canal y su emergencia alimentaria frente al COVID-19. Los pobladores carecen de alimentos, siendo considerado como uno de los sectores más pobres del departamento de Zacapa, Guatemala. La desesperación por la falta de alimentos en el caserío aumentó frente a la situación de COVID-19. Esto se debe a que aproximadamente el 95% de los habitantes tienen dificultades para acceder

a la comida, líderes comunitarios aseguran que han recibido donaciones de víveres, pero debido a lo extenso de las restricciones, estas donaciones son insuficientes, ya que, en su mayoría, los pobladores se dedican al comercio informal. Como consecuencia ha aumentado los índices de desnutrición.

6.9. Análisis Sensorial

El análisis sensorial se utiliza para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones hacia las características de los alimentos y materiales. Al consumir un alimento se estimulan diferentes sentidos.

6.9.1. Pruebas Organolépticas

Como su nombre lo indica, consiste en observar las características organolépticas del alimento como lo son el color, olor, sabor, aspecto general y textura. Gracias a esta técnica se pueden separar las características de un alimento y poder evaluarlas una por una (Ibáñez y Barcina, 2001). Estas pruebas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Pruebas Orientadas hacia el Consumidor o Afectivas.** Son utilizadas para evaluar la preferencia, el grado de satisfacción y/o la aceptación de los productos. Para ello se necesita por lo menos la colaboración de 24 panelistas, aunque es adecuado utilizar de 50 a 100 personas. En estas pruebas no se utilizan panelistas entrenados, sino que son usuarios que podrían consumir el producto. Estas pruebas son utilizadas especialmente para predecir las actitudes de una población determinada hacia el producto a evaluar. Este panel será capaz de indicar la relativa aceptabilidad de un producto, así también como identificar defectos del mismo. Los panelistas pueden ser escogidos según ciertos criterios como el uso previo del producto, edad, sexo, nivel económico o social, área geográfica, entre otros (Ibáñez y Barcina, 2001).
- **Propiedades Organolépticas a Evaluar.** Se evalúan los siguientes factores:
 - **Color.** Es una cualidad sensorial que se percibe a través del sentido de la vista. Es un factor de aceptación y un criterio para elegir cualquier alimento. Es necesario tener en cuenta que, muchos de los procesos tecnológicos a los que se somete la materia prima alimenticia puede ocasionar alteraciones en el color. Algunos de los colores de los alimentos son proporcionados a partir de colorantes alimentarios recuperados de frutas y verduras comestibles.

- **Olor.** Es un estímulo provocado por sustancias volátiles que son liberadas por un alimento hacia el sentido del olfato. El umbral de percepción, o cantidad necesaria para detectar un olor, varía con la naturaleza de la sustancia y del tipo de contacto con el receptor.
- **Sabor.** El sabor del alimento es una combinación de sensaciones químicas que son percibidas en la cavidad bucal con la intervención de las papilas gustativas. Las papilas gustativas son capaces de percibir cuatro tipos de sabores básicos: dulce, salado, ácido y amargo. Todos los sabores básicos suelen proporcionar sensaciones de placer o desagrado, en función de la concentración del producto. El sabor se mide a través de los umbrales de sensibilidad, y para ello se utiliza el umbral de reconocimiento que indica la concentración necesaria para llegar a reconocer un sabor específico.

7 Estado del Arte

En un estudio realizado por Martínez, J (2010), se utilizó Lactosuero para fortificar una galleta escolar y micronutrientes en niños de 7 a 9 años. Se realizaron 3 formulaciones de galletas en base a los requerimientos nutricionales de la población objetivo. Al primer grupo de niños se le suministró una galleta con formulación estándar, sin lactosuero y sin micronutrientes al segundo grupo se le suministró la galleta fortificada con lactosuero y al tercer grupo se le suministró la galleta fortificada con lactosuero y micronutrientes. El estudio de costo efectividad demostró que por tan solo Q. 0.16 Los niños tuvieron un aumento de 2.35 libras y un IMC de 0.927585 comparado con los niños que habían consumido la galleta sin fortificar o solo con lactosuero. Es importante resaltar que el lactosuero es uno de los materiales más contaminantes que existen en la industria alimentaria. Se obtienen de 80 a 85 litros de suero por cada 100 litros de leche. Cada 1,000 litros de lactosuero generan cerca de 35 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y cerca de 68 kg de demanda química de oxígeno (DQO). La utilización de lactosuero como una alternativa de aprovechamiento del subproducto de la elaboración de queso en la región, evitaría que sea vertido en los desagües locales. Este estudio se aplicó a grupos de escolares de estratos del departamento de Suchitepéquez, específicamente en dos escuelas del municipio de Santo Domingo (Martínez y Calderón, 2010).

Otro estudio realizado en Honduras por Turcios, A. (2010). En donde se desarrolló y evaluó galletas fortificadas a base de masica (*Brosimum alicastrum*) un árbol neo-tropical, que ha sido utilizado históricamente como alimento desde el período clásico de los mayas para niños y niñas entre 6-13 años. El objetivo fue desarrollar una galleta fortificada a base de masica y evaluarla como vía de fortificación. La galleta a base de masica resultó ser una buena fuente de proteínas al ser comparada con dos marcas comerciales de galletas de avena, por otro lado, al ser contrastada con la mezcla de harinas de la galleta que consumían como refacción al momento del estudio, su aporte fue menor. La formulación de galletas preferida por los consumidores fue la que contenía menor porcentaje de masica más un porcentaje de avena, lo cual reflejó una mejor combinación de ingredientes. Los padres y maestros de la Escuela Lempira, aceptaron la galleta y harina de masica propuestos para la Merienda Escolar, valorando su beneficio nutricional y formas de preparación (Turcios, 2010).

Un reciente estudio realizado se desarrolló en el municipio de Patulul, departamento de Suchitepéquez, Guatemala, en 2019. En dicho estudio se utilizó durante 4 meses yogur enriquecido con harina de *Acheta domesticus* (grillo) y harina de *Brosimum alicastrum* Swartz (Ramón). Se evaluó el peso, talla y velocidad de crecimiento durante cuatro meses brindando 125 mL de yogur cinco días por semana. Se realizó un análisis del contenido nutricional, con la finalidad de conocer el aporte de nutrientes del alimento. Lo cual determinó que el yogur enriquecido con harina de *A. domesticus*, contiene 9.2% de proteína y el yogur enriquecido con harina de *B. alicastrum*, contiene 12.40% de proteína. El análisis de los datos muestra que el peso medio de los niños del tratamiento de yogur con harina de *A.* Respecto a la variable talla el análisis estadístico presentó diferencia significativa, siendo la mejor respuesta en niños del tratamiento de yogur con harina de *A. domesticus*, seguido por el tratamiento de yogur con *B. alicastrum* (Hernández, Godoy, y Ralda, 2018).

En el análisis de la velocidad de crecimiento con relación al peso se obtuvo un promedio de 0.80 (0.44) kg/mes durante el periodo de estudio para los niños del tratamiento de yogur con harina de *A. domesticus*. El promedio (desviación estándar) de aumento en el peso fue de 0.56 (0.27) kg/mes para los niños del tratamiento de yogur con *B. alicastrum*. La velocidad de crecimiento respecto a la talla de los niños reportó un aumento de 1.15 (0.28) cm/mes para los

niños que consumieron yogur con *A. domesticus*. Por otro lado, los niños que consumieron yogur con *B. alicastrum* reportaron un aumento de talla promedio de 1.06 (0.38) cm/mes (Hernández, Godoy, y Ralda, 2018).

8 Objetivos

8.1. Objetivo General

Formular y analizar el valor nutricional de tres recetas de galletas fortificadas con distintos porcentajes de proteína de la larva del escarabajo *Tenebrio molitor* en escolares en el caserío El Canal, La Fragua, Zacapa.

8.2. Objetivos Específicos

Desarrollar tres preparaciones distintas de galletas fortificadas con diferentes porcentajes de harina a base de larvas del escarabajo *T. molitor* (10%, 15% y 25%).

Realizar un análisis químico proximal para la determinación del valor nutricional de las diferentes galletas fortificadas con harina a base de larvas del escarabajo *T. molitor*.

Calcular el costo por ración de una galleta fortificada con harina de larvas del escarabajo *T. molitor*.

Evaluar mediante análisis sensoriales el grado de aceptabilidad (sabor, olor, color) de las muestras de galleta fortificadas con harina a base de larvas del escarabajo *T. molitor*.

9 Hipótesis (si aplica)

No aplica

10 Materiales y Métodos

10.1 Enfoque de la Investigación

La investigación fue cuantitativa con enfoque descriptivo. El alcance de la investigación fue exploratorio y descriptivo. Exploratorio porque, si bien, hay abundante información sobre el uso y la posible aplicación de la proteína entomológica, es una experiencia que no se ha llevado a cabo en la cabecera departamental de Zacapa; y es descriptiva porque se señalaron y midieron ciertos aspectos englobados en las pruebas sensoriales y bromatológicas del producto.

10.2 Método

10.2.1. Procesos para la Elaboración de Galletas Fortificadas con Harina a Base de Larvas del Escarabajo *T. molitor*. Se utilizó como referencia la mezcla de galleta fortificada

utilizada por INCAP en 1992 como parte del programa “La galleta escolar nutricionalmente mejorada” en el cual se estableció que al mezclar 50% de la mezcla óptima de maíz y soya íntegra, con 50% de harina de trigo, es decir, una mezcla de 35 partes de maíz descascarado, 15 partes de soya descascarada y 50 partes de harina de trigo, se obtiene una harina compuesta, de calidad proteínica de alrededor de 81% de la calidad de la proteína de la leche.

Ingredientes	Porcentaje
Harina de trigo suave	24.51
Harina fortificada Maisoy	24.51
Manteca vegetal	19.61
Azúcar	29.41
Sal	0.49
Polvo de hornear	1.47
Total	100.00
Saborizantes: 0.5 - 1.0 % en ml	

Figura 1 *Formulación de la Galleta Nutricional Propuesta por INCAP 1992*

Fuente: (INCAP, 1992)

En este proyecto de investigación se utilizó como base harina de trigo suave y en vez de la mezcla óptima de maíz y soya integral, se utilizó harina de trigo de Tenebrio Molitor, primero con el 25% (formulación 1) como en la galleta de referencia de INCAP, y la Formulación 2 con el 15% de Gusarina y finalmente la Formulación 3 con el 10% de harina de Tenebrio Molitor, además de un 8% de crema de maní.

10.2.2. Para la Selección de la Calidad de Materias Primas. Los ingredientes utilizados se seleccionaron de la siguiente manera.

- **Harina de Trigo Suave.** Se utilizó harina de trigo suave, de calidad comercial de primera, enriquecida según reglamento vigente en Guatemala.
- **Harina de Tenebrio.** Se compró tenebrio de proveedores locales y con apoyo de un profesional de Zootecnia se procesó y elaboró la harina de *T. molitor*.
- **Manteca Vegetal.** Se utilizó mantequilla de origen vegetal hidrogenada de calidad comercial. Sin olor y de color blanco.
- **Azúcar.** Se utilizó azúcar refinada, de calidad comercial, fortificada con vitamina “A”, con 15 microgramos de retinol/g de azúcar.

- **Mantequilla de Maní.** Se utilizó mantequilla de maní natural sin adición de azúcar ni sal.
- **Polvo de Hornear.** El polvo de hornear utilizado fue de calidad comercial con 27% de bicarbonato de sodio, color blanco y fino.
- **Saborizantes.** Se utilizó saborizante de vainilla, aptos para consumo humano de calidad comercial y envasados herméticamente con sello de garantía y de origen natural.

Tabla 3

Formulaciones de galletas de harina de trigo y Tenebrio molitor

Ingredientes	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Harina de trigo	23% = 115g	35% = 175g	40% = 200g
Manteca Vegetal	19.61%= 98g	19.61%= 98g	19.61%= 98g
Azúcar	29.41%= 147g	29.41%= 147g	29.41%= 147g
Polvo de Hornear	1.47%= 73.5g	1.47%= 73.5g	1.47%= 73.5g
Sal	0.49%= 24.5g	0.49%= 24.5g	0.49%= 24.5g
Esencia de Vainilla	1%= 5g	1%= 5g	1%= 5g
Gusarina	25%=125g	15%=75g	10%=50g

10.2.3. Procedimiento para la Elaboración de Galletas con Harina de *Tenebrio molitor*. Se pesó cuidadosamente todos los ingredientes. Se adicionó azúcar, manteca vegetal, sal y saborizante y se mezcló durante 5-10 minutos. Posteriormente se mezcló el polvo de hornear con la harina de trigo por separado, luego se adicionó esa mezcla a la harina de Tenebrio Molitor, y el resto de los ingredientes, mezclando durante 5-10 minutos. Finalmente se añadió un 10% de agua. El tiempo y el agua serán los adecuados cuando la masa de la galleta se despegue por sí sola de la pared del equipo de mezclado.

La figuración se realizará manual o mecánica asegurando que el producto final posea un peso mínimo de 28 gramos. Iniciar la figuración con el respectivo control de peso de la galleta, la cual antes del horneado debe pesar entre 33 y 34 gramos para obtener el peso promedio de 28 gramos por galleta después de horneado y enfriamiento. Las galletas se colocarán sobre bandejas limpias y en un buen estado, la temperatura de horneado debe estar entre 150 – 180 °C para obtener una

humedad máxima de 5% en la galleta. Al sacarse del horno, las galletas no deben estar crudas ni quemadas. El tiempo recomendado de cocción es de 20 minutos.

10.2.4. Pruebas de Aceptabilidad de la Galleta. La aceptabilidad del producto se llevó a cabo con 56 panelistas no entrenados con niños en edad escolar entre 5 y 10 años del caserío El Canal, la Fragua, Zacapa. Se utilizó un test simple de medición de grado de satisfacción en donde se evaluaron las características sabor, olor y color en una escala de tres puntos (me gusta, ni me gusta ni me disgusta, no me gusta).

10.2.5. Determinación del Costo Beneficio. La evaluación económica se llevará a cabo a través de un análisis de costo beneficio, mediante la identificación de la materia prima a utilizar para las tres preparaciones, así como el costo monetario de los productos finales y su relación con los beneficios sociales y nutricionales que tendrán cada alternativa de galleta fortificada con proteína proveniente de la larva del escarabajo *Tenebrio molitor*. Para ello, los datos serán tabulados dentro de una herramienta de análisis de costo-beneficio que permitirá complementar los resultados Recuperados a través del análisis químico proximal y las pruebas de aceptabilidad.

10.2.6. Recolección de Información. En base a la información proporcionada por el presidente del COCODE del caserío El Canal, se estableció una población de 65 niños entre las edades de 5 a 10 años.

- **Criterios de Inclusión.** En la investigación se incluyeron niños y niñas en edad escolar de 5 a 12 años del caserío El Canal, Aldea la Fragua, Zacapa.
- **Criterios de Exclusión.** Se excluirán a niños que presenten alergias o intolerancia a alguno de los ingredientes de las galletas.

Para calcular el tamaño de la muestra, se tomará como punto inicial la población total, con esta información se aplicará la siguiente fórmula estadística, con una confiabilidad del 95% y un margen de error admisible del 5%.

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2 * N}{(e)^2 (N - 1) + Z^2 * \sigma^2}$$

En donde

n = tamaño de la muestra (número de unidades a determinarse).

σ = varianza de la población respecto a las principales características que se van a presentar. Es un valor constante que equivale a 0.5.

N = universo o número de unidades de la población total.

Z₂ = Valor Recuperado mediante niveles de confianza o nivel de significancia con el que se va a realizar el tratamiento de las estimaciones. Es un valor constante que si se lo toma en relación al 95% equivale a 1.96

N-1 = es una correlación que se usa para muestras grandes mayores de 30.

e₂ = límite aceptable de error muestral, para este caso se tomó el valor de 0.05 que equivale al 5%

$$n = \frac{1.96^2 * (0.50)^2 * 65}{(0.05)^2 (65 - 1) + 1.96^2 * 0.50^2}$$

n = 56 niños y niñas del caserío El Canal entre los 5 y 10 años de edad.

El análisis sensorial se realizó en el salón de usos múltiples del caserío El Canal, en coordinación con el alcalde comunitario y la OMSAN de Zacapa. La preparación de las galletas se realizó en la planta de alimentos del Campus del Centro Universitario de Zacapa, CUNZAC.

El análisis químico proximal se realizó en el laboratorio de bromatología de BIOLAB en ciudad de Guatemala, por motivos que en el Centro Universitario de Oriente CUNORI, ubicado en el departamento de Chiquimula, se encontraba fuera de servicio. En los análisis se obtuvieron datos de Extracto Etéreo, Proteína y Fibra Cruda, Cenizas y Vitamina A.

10.2.7. Técnicas e Instrumentos. Se utilizó la revisión bibliográfica para la obtención de información ya existente acerca del valor nutricional del escarabajo *T. molitor*. La recolección de datos para la investigación se realizará partiendo desde la revisión bibliográfica, hasta la realización de pruebas sensoriales respecto a las 3 galletas a formular. De igual manera se realizará un análisis bromatológico a los 3 tipos de galleta que se utilizarán en la evaluación sensorial, para determinar los porcentajes nutricionales. A partir de la revisión bibliográfica, prueba sensorial y estudio bromatológico, se proseguirá a medir el costo-beneficio de la formulación de las galletas.

Como instrumentos se utilizarán fichas bibliográficas, para hacer las anotaciones correspondientes de los datos encontrados acerca del valor nutricional de las galletas fortificadas con harina del escarabajo *T. molitor*. La herramienta a utilizar para la recolección de datos de las

pruebas sensoriales será, la prueba hedónica, ya que el grupo objetivo son niños de 5 a 10 años de edad.

10.2.8. Procesamiento y Análisis de la Información

- *Para el Análisis de la Prueba de Aceptabilidad.* Las posibles respuestas se agruparon en tres categorías. La categoría uno se clasificó como “Me gusta”, la categoría 2 como “No me gusta” y la categoría 3 como “No me gusta ni me disgusta”. Posteriormente se sumaron y agruparon las respuestas obtenidas en las tres categorías.

11 Resultados y Discusión

11.1 Resultados

Se realizaron tres formulaciones de galletas fortificadas con diferentes porcentajes de harina de la larva del escarabajo *T. molitor* y con base de harina de trigo, siendo la preparación “A y C” con mayor y menor porcentaje de ambas harinas, respectivamente, tal y como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Formulación de tres galletas fortificadas con harina de la larva del escarabajo T. molitor

Ingredientes	Formulación A	Formulación B	Formulación C
Harina de <i>T. molitor</i>	200 gramos	100 gramos	50 gramos
Harina de trigo	230 gramos	350 gramos	400 gramos
Azúcar	147 gramos	147 gramos	147 gramos
Polvo de hornear	12 gramos	12 gramos	12 gramos
Mantequilla de maní natural	70 gramos	70 gramos	70 gramos
Manteca vegetal	196 gramos	196 gramos	196 gramos
Extracto de vainilla	1 cucharadita	1 cucharadita	1 cucharadita

En la tabla 5 se observa el análisis bromatológico de las tres formulaciones de galletas elaboradas a base de harina de la larva del escarabajo *T. molitor*. Se hallaron diferencias

significativas en el aporte de macronutrientes de las tres formulaciones, encontrando una diferencia de casi cinco puntos porcentuales de proteína cruda entre las muestras “A” y “C”. Se obtuvo un resultado mayor de aporte de vitamina A en la muestra “B”, pese a esto, ninguna de las muestras se consideran fuentes significativas de dicha vitamina.

Tabla 5

Análisis bromatológico y de vitamina A de tres formulaciones de galletas fortificadas con harina del escarabajo T. molitor

Análisis	Muestra “A”	Muestra “B”	Muestra “C”	Metodología
Humedad (%)	6.63	6.75	6.24	Pérdida por secado en estufa
Materia seca (%)	93.37	93.25	93.76	Pérdida por secado en estufa
Ceniza (%)	2.52	2.25	2.44	Gravimetría
Proteína cruda (%)	15.16	13.05	10.1	AOAC 976.05
Grasa (%)	11.28	11.53	10.91	Extracción Soxhlet
Carbohidratos totales (%)	64.41	66.32	70.31	Por fórmula
Carbohidratos disponibles (%)	61.8	63.78	67.85	Por fórmula
Fibra cruda (%)	2.61	2.54	2.46	AOAC 962.09
Energía (Kcal/kg)	3,965.20	3,976.80	3,930.20	Por fórmula
Vitamina A (UI)	630	843	432	AOAC 2001.13

Se realizó un ajuste de porción para cumplir con los requerimientos de calorías según lo indicado por INCAP, para catalogar a las formulaciones como una galleta nutricionalmente mejorada. Por tal motivo, se determinó un peso de 36 gramos por ración con un aporte mínimo de

140 Kcal y un aporte mayor a 2 gramos de proteína por porción, tal y como se detalla en la tabla 6. También puede observarse que la formulación “B” cuenta con un mayor aporte de vitamina A.

Tabla 6

Ajuste de valor nutricional por ración

Ajuste de porción de 36 gramos			
Muestra	Calorías (Kcal)	Proteína (g)	Vitamina A (mcg)
Formulación A	142.92	5.45	74.84
Formulación B	143.28	4.69	100.14
Formulación C	141.42	3.63	51.32

Según los precios de supermercado de los ingredientes utilizados en la elaboración de la galleta fortificada y considerando el peso por porción (36 gramos), se determinó el costo por ración, con un precio total de Q5.16 (cinco quetzales con dieciséis centavos) tal y como se observa en la tabla 7.

Tabla 7

Costo Beneficio de Preparación Seleccionada de Galleta Fortificada con harina de la larva del escarabajo T. molitor

Costo de producción de galleta fortificada				
Ingredientes	Presentación	Costo unitario	Cantidad utilizada	Costo corregido
Harina de T. molitor	Presentación de 500gr	Q 495.00	100 gramos	Q4.20
Harina de trigo	Harina de trigo paquete de 2 libras	Q17.95	350 gramos	Q0.30

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Azúcar	Presentación de 500gr	Q4.00	147 gramos	Q0.05
Polvo de hornear	Presentación de 113 gramos	Q7.00	12 gramos	Q0.03
Mantequilla de maní natural	Presentación de 300 gramos	Q32.10	70 gramos	Q0.30
Manteca vegetal	Presentación de 454 gramos	Q10.70	196 gramos	Q0.20
Extracto de vainilla	Presentación de 50 ml	Q20.00	5 gramos	Q0.08
Costo por galleta				Q5.16

Se detallan, en la tabla 8, los insumos necesarios para iniciar una granja de producción de Tenebrio Molitor. Es importante resaltar que el afrecho rinde aproximadamente para cinco cajas plásticas, en las cuales se introducen el millar de tenebrios, 50% de ellos hembras y 50% machos, dividiendo el costo de afrecho dentro de 5 el costo de producción disminuye a Q470.00.

Tabla 8

Costo de Producir 10,000 unidades de Tenebrios Con 1 Millar de Larvas

Presupuesto Inicial			
No.	Objeto		Costo
1	Caja Plástica	Q	70.00
2	Saco de afrecho	Q	250.00
3	Ciento de cartón de huevos	Q	50.00
4	Millar de tenebrios	Q	250.00
5	Alimento (zanahorias, naranjas, bananos)	Q	50.00

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Total de inversión inicial	Q	670.00
----------------------------	---	--------

La producción de tenebrios para comercialización se presenta en la tabla 9 en donde se describe la ganancia de producir 10,000 unidades de *T. molitor* a partir de un millar de larvas, al finalizar el ciclo reproductivo, se obtendría nuevas larvas para ir produciendo en periodos de 5 meses, cada larva se vende en el mercado actual a Q0.40 por lo que la ganancia de producción por caja sería aproximadamente Q 3580.00 como se observa en la tabla 9 se restan los costos de alimentación e insumos.

Tabla 9

Ganancia y rendimiento a partir de 1 millar de tenebrios.

Insumo/rubro	Cantidad
Caja de plástico	1
Número de tenebrio por caja	1,000
Cartones de huevo	100
Costo de alimentación	50
Número de tenebrio a los 5 meses	10,000
Precio de venta	0.4
Ingreso por caja	4,000
Costo por caja	420
Ganancia por caja	3,580

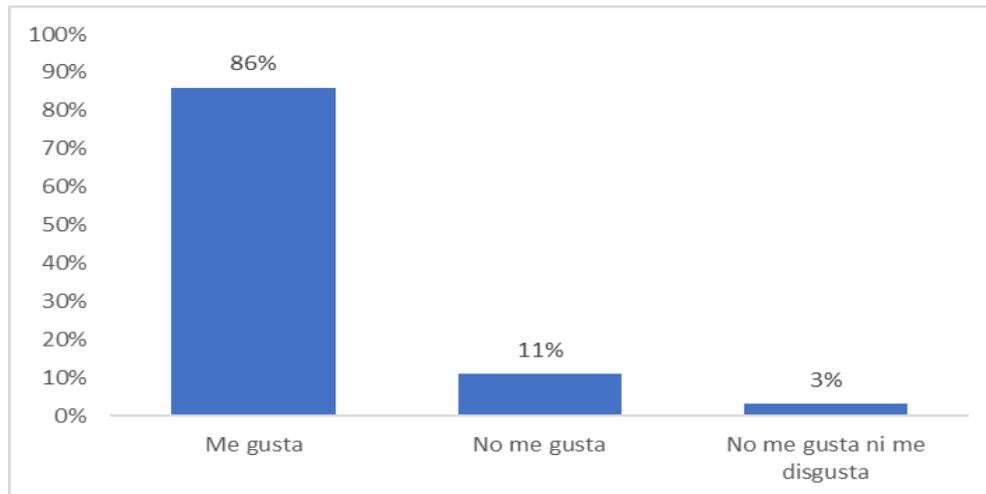


Figura 2 Porcentaje de aceptabilidad de galleta fortificada con harina de *T. molitor*

Dentro de los resultados obtenidos de la aceptabilidad de la galleta fortificada con harina de *T. molitor*, se observa que el 86% (n=48) de las respuestas obtenidas se clasificaron en “me gusta”, el 11% (n=6) se determinó en “no me gusta” y el 3% (n=2), siendo de “no me gusta ni me disgusta”.

11.2 Discusión de Resultados

11.2.1. Formulación de Galletas. Las tres formulaciones realizadas de galletas fortificadas con diferentes porcentajes de harina de larva del escarabajo *T. molitor* siendo la galleta A con 200 gramos, la galleta B con 100 gramos y la galleta C con 50 gramos y con base de harina de trigo, siendo la galleta A con 230 gramos, la galleta B con 350 gramos y en la galleta C 400 gramos, se realizaron para determinar porcentajes de proteína que más se aproximara a la cantidad que posee la galleta nutricionalmente mejorada de INCAP siendo de 7% (INCAP, 2002). En la elaboración de las galletas, se realizaron pruebas primarias para la elección de la galleta organolépticamente más aceptada, como se observa en el apéndice C. La receta original de INCAP incluye 24.5g de sal para toda la preparación. Al momento de la realización se determinó que la galleta quedaba con un sabor peculiar salado, por lo cual se decidió omitir la sal y utilizar mantequilla de maní sin sal y sin azúcar, esto con el objetivo de obtener un sabor organolépticamente más aceptado y consistencia amena para los ingredientes. Las tres formulaciones de galletas se sometieron a un análisis bromatológico y de Vitamina A.

11.2.2. Análisis de Resultados de Análisis Químico Proximal y Vitamina A. Se realizó la elaboración de galletas fortificadas con diferentes proporciones de harina de trigo y *T. molitor*, como se observa en el apéndice D. La proteína representa uno de los componentes de mayor valor nutricional en los insectos, ya que contienen un alto contenido de aminoácidos, e incluso hay estudios que demuestran una digestibilidad entre 78-98%, observando valores por encima del 90% tras procesos de cocción. En relación al perfil de aminoácidos, hay investigaciones que demuestran que los aminoácidos esenciales más abundantes en su composición son la lisina y la leucina. Los factores anteriores demuestran que la proteína proveniente de insectos puede ser de alto valor biológico. Según la tabla de composición de alimentos de Centroamérica, 100 g de carne de res magra contiene aproximadamente 22 g de proteína, comparada con 100 g de harina de larva del escarabajo *T. molitor* con un contenido superior a 50 g. Con respecto al valor proteico de la formulación “B”, observada en la tabla 5, utilizada en las pruebas de aceptabilidad, observamos un valor superior al 13% de proteína cruda, superando los requerimientos mínimos sugeridos por el INCAP (7%) para ser catalogada como una galleta nutricionalmente mejorada. La formulación de galletas fue enviada a análisis bromatológico y de vitamina A, como se observa en apéndice E. Asimismo, la formulación de la galleta “B” tiene un aporte de 2.54% de fibra cruda, lo que representa 1g de fibra presenta en materia seca, si bien esto no la cataloga como un alimento “alto en fibra” ya que debe contener un mínimo de 6 g, representa aproximadamente el 5% de los requerimientos diarios de fibra en niños de 5 a 10 años, esto considerando las Recomendaciones Dietéticas Diarias (RDD) del INCAP, donde sugiere un consumo mínimo de 12g de fibra por cada 1000 kcal, tomando como base, según las recomendaciones de energía del INCAP, un promedio de 1550 kcal diarias ingeridas según la edad de la población a estudio (Avedaño, Sánchez, y Valenzuela, 2020; Medrano, 2019; Menchú y Méndez, 2012; Menchú, Torún, y Elías, 2012).

Otro de los factores a considerar en una galleta nutricionalmente mejorada es el porcentaje de grasa en la formulación, que debe ser de al menos un 19%. Según lo observado en la tabla 5, la formulación utilizada tiene un promedio de 11.5% de materia grasa, lo que lo sitúa en 7.5 puntos porcentuales por debajo de lo recomendado. Sin embargo, cabe destacar, que según las RDD del INCAP, dentro de los requerimientos lipídicos para la población entre 2-18 años, debe haber una ingesta diaria del 2.5-9% de grasas en forma de ácido linoleico (C18:2) y de un 0.5-2% como ácido linolénico (C18:3). La fracción de ácidos grasos poliinsaturados presente en la harina de *T. molitor*

se encuentra entre el 16-40%, siendo los principales el C18:2 y el C18:3 (Avedaño, Sánchez, y Valenzuela, 2020).

En relación a la vitamina A, según las recomendaciones del INCAP como factor indispensable para catalogar la galleta como nutricionalmente mejorada, se necesita un aporte de al menos 300 µg por porción, la galleta seleccionada en este proyecto de investigación consta de 100 µg de vitamina A por cada 36 g. Sin embargo, la deficiencia de vitamina A en Guatemala, evaluada a través de la medición de retinol en plasma en la ENMICRON 2009-2010, fue de 0.3%. Según la OMS, una deficiencia de vitamina A es catalogada como problema de salud pública severa cuando se observan deficiencias de retinol plasmático (<20 µg/dl) en el 20% o más de la población, moderado si se encuentran valores de deficiencia entre el 10-19% de la población y leve si se encuentra entre el 2-9%. Lo anterior indica que en Guatemala la deficiencia de vitamina A se encuentra prácticamente erradicada, esto no implica que se deba abandonar la fortificación alimentaria con vitamina A (Mazariegos, y otros, 2016).

11.2.3. Ajuste del Valor Nutricional de la Galleta. Se corrigió el tamaño de porción de la galleta debido a que al compararlo con la formulación de INCAP 1992, no cumplía con el mínimo de calorías solicitado, a continuación, se describen los criterios mínimos de nutrientes planteados por INCAP en su formulación para ser considerada una galleta nutricionalmente mejorada: Peso 28 g mínimo, proteína 2.0 g mínimo, calorías 140 Kcal mínimo, lisina disponible 215 - 250 mg/gN, vitamina A 525 µg mínimo.

En la formulación inicial de galletas fortificadas con harina de *T. molitor*, al utilizar un peso de 28 gramos las calorías totales por porción oscilaban entre 110 y 111 para las 3 formulaciones, sin embargo, sí cumplía para los criterios de proteína. Se determinó seleccionar la formulación B para realizar la prueba de aceptabilidad con los niños del caserío El Canal, La Fragua, Zacapa. Debido a que fue la que mayor aporte de vitamina A por porción aporta (100.14 mcg) ver tabla 6. En este micronutriente no se cumple con lo requerido por INCAP, sin embargo, este no sería un problema pues en la última encuesta nacional de micronutrientes 2009-2010, la deficiencia de vitamina A en Guatemala está bajo control. La porción final de esta galleta es de 36 gramos con un aporte proteico de 4.69g lo cual es un aporte del 200% mayor al implementado por INCAP, no se pudo evaluar la lisina disponible debido a escasez de reactivo en el único laboratorio que realiza el análisis en el país.

11.2.4. Costo Beneficio. El conseguir un alimento de bajo impacto ambiental y con aporte proteico alto es un reto en los países en vías de desarrollo, la formulación de la galleta B siendo la más idónea para ser una galleta escolar nutricionalmente mejorada, puede dar paso a proyectos sustentables como la crianza de *T. molitor* en hogares afectados por la pobreza y desnutrición. En la tabla 8, se observa que producir una caja de tenebrio cuesta alrededor de Q470.00 (tomar en cuenta que el rendimiento del afrecho alcanza para cinco cajas más) lo cual, a lo largo de 5 meses que finaliza el ciclo reproductivo, una familia si se dedica a la venta de tenebrios para su posterior consumo podría percibir un retorno de inversión de aproximadamente Q3,580.00 y además obtendrá nuevas larvas para un nuevo ciclo reproductivo, sin embargo el espacio que requiere la crianza de *T. molitor* es menor a 1 metro cuadrado, es una ventaja muy importante de resaltar, pues en cualquier otro cultivo; hortalizas, carne de cerdo, res, ave, el espacio es vital para una producción sustentable. Iniciar con cinco cajas de *T. molitor* podría representar una inversión inicial de Q2350.00, sin embargo, al llegar a la fase de pupa de *T. molitor* se podrían vender 50,000 mil larvas con una ganancia aproximada de Q17,900.00 lo que equivale a más de un salario mínimo mensual en Guatemala. Caber resaltar que no es necesario ocupar muchas horas para el cuidado de la granja por lo cual, una familia promedio podría tener sus actividades laborales normales y habituales y como ingreso extra la granja de tenebrios que además agregado a preparaciones de comidas tradicionales como tortillas, tamales, atoles, galletas, recados, etc., aumentaría el aporte proteico de niños, mujeres embarazadas y grupos vulnerables.

Por otra parte, el proyecto de una galleta escolar nutricionalmente mejorada con larva de *T. molitor*, es una alternativa amigable con el planeta, que podría generar empleos, disminuir índices de desnutrición, entre otras. Un proyecto sustentable para que la cooperación internacional invierta en más investigación al respecto, y se hagan estudios transversales en áreas vulnerables del oriente del país. La galleta formulada en este proyecto tiene un costo de Q5.16, el cual podría disminuir con una producción industrial, alianzas con productores de materia prima, y manteniendo monitoreo constante en los puestos de salud durante el control mensual de niños y niñas menores de 5 años.

11.2.5. Aceptabilidad de la Galleta Evaluada. La entomofagia, se define como la ingesta de insectos, en esta concepción se incluyen habitualmente en términos dietéticos. En Guatemala este patrón alimentario suele conocerse más en la región occidente, en las La entomofagia, se

define como la ingesta de insectos, en esta concepción se incluyen habitualmente en términos dietéticos. En Guatemala este patrón alimentario suele conocerse más en la región occidente, en las comunidades de Kaqchikel, K'iche' y Tz'utujil sobre los patrones culturales alimentarios (Patal, 2020). En región oriente la entomofagia no es culturalmente visto, sin embargo; el objetivo principal del proyecto de investigación de fortificación de galletas con harina de larva del escarabajo *T. molitor*, es alcanzar un alimento rico en proteína y accesiblemente económico para las familias de escasos recursos y con vulnerabilidad nutricional. Por tal motivo, al momento de realizar las pruebas de aceptabilidad, se dieron a conocer estos puntos en el consentimiento informado. Lo cual los resultados obtenidos fue que el 86% fueron satisfactorios como “me gusta” el 11% como “no me gusta” y siendo el 3% como “no me gusta ni me disgusta”. Lo cual determina que la galleta es organolépticamente aceptada donde el sabor, color y olor, fueron aprobados por los participantes. En los apéndices F se muestra el consentimiento informado y en el apéndice G la prueba Hedónica.

El análisis del valor nutricional de las tres galletas fortificadas, se determinó por tamaño de porción, siendo de 36 g. por lo cual, la preparación elegida (formulación B) contenía 4.69g de proteína, equivalente a 5g, 143.28 Kcal y 100.14mcg de Vitamina A. Esto quiere decir que duplica la cantidad de proteína de la formulación de la galleta nutricional de INCAP que aporta 2g del macronutriente. La formulación utilizada en el estudio, contenía el 15% de harina de escarabajo *T. molitor* en la receta utilizada. Del mismo modo, se determinó que la galleta fortificada aporta 1g de fibra dietética y 4g de grasas totales. La galleta fortificada obtuvo un porcentaje alto en la aceptabilidad del sabor, olor y color, siendo un alimento nutricional de alta calidad, con un costo de ración de Q5.16. Las pruebas hedónicas se llevaron a cabo en jornada nutricional como se observa en apéndice H. Los resultados en este proyecto dan pauta a posteriores investigaciones sobre digestibilidad de proteína de insectos en humanos, calidad biológica, vida útil en anaquel, alimentos terapéuticos listos para consumo, entre otros.

12 Referencias

- Agea, J. G., Biryomumaisho, D., Buyinza, M., & Nabanoga, G. N. (2008). Commercialization of *Ruspolia nitidula* (nsenene grasshoppers) in central Uganda. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 8(3), 319-332.
- Avedaño, C., Sánchez, M., & Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 1029-1037.
- Bernard, T., & Womeni, H. M. (2017). Entomophagy: Insects as food. *Insects physiology and ecology*, 233.
- Cabezas-Zábala, C. C., Hernández-Torres, B. C., & Vargas-Zárate, M. (2016). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(4), 761-768.
- Chumrau, L. X., Langner, C., Sargent, F., & McCormink, M. (2019). *Eating Insects: A Community Action Toolkit. Undergraduate Theses, Professional Papers and Capstone Artifacts*. Montana: Universidad de Montana.
- FAO. (2012). *Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. FAO Food and Nutritional Paper No. 91*. Roma: FAO.
- FAO. (2013). *La contribución de los insectos a la Seguridad Alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*. FAO.
- FAO. (2018). *América Latina y el Caribe: Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional 2016: Sistemas alimentarios sostenibles para poner fin al hambre y la malnutrición*. Santiago: Food & Agriculture Org.
- Finke, M. D., & Oonincx, D. (2014). Insects as food for insectivores. In *Mass Production of beneficial Organisms. Academic Press*, 583-616.
- Fontaneto, D., Tommaseo-Ponzetta, M., Galli, C., Risé, P., Glew, R. H., & Paoletti, M. G. (2011). Differences in fatty acid composition between aquatic and terrestrial insects used as food in human nutrition, ecology. *Ecology of food and nutrition*, 50(4), 351-367.
- Friedrich, T. (2014). Producción de alimentos de origen animal. Actualidad y perspectivas. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 48(1), 5-6.

- Gómez, A. (2019). *Insectos para combatir el hambre y la crisis climática*. Obtenido de <https://www.accioncontraelhambre.org/es/te-contamos/actualidad/insectos-para-combatir-el-hambre-y-la-crisis-climatica>
- Hernández, S., Godoy, A., & Ralda, I. (2018). *Evaluación de un modelo de alimentación complementaria utilizando alimentos funcionales con yogur enriquecido con harina de grillo (*Acheta domesticus*) y harina de ramón (*Brosimum alicastrum*)*. Guatemala: USAC.
- Hurtado, M., Moreno, P., Daschner, A., Fandos, M., Gómez, A., Lázaro, D., & Buelga, J. (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alérgicos asociados al consumo de insectos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, (27), 11-40.
- Ibáñez, F., & Barcina, Y. (2001). *Análisis sensorial de alimentos: Métodos y aplicaciones*. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica.
- INCAP. (1992). *Bases técnicas de la galleta nutricionalmente mejorada*. Guatemala: INCAP.
- INCAP. (2002). *La galleta escolar nutricionalmente mejorada*. Guatemala: INCAP.
- INE. (2014). *República de Guatemala: Encuesta Nacional de Vida 2014*. Guatemala: INE.
- Jordá, M. (2011). *Diccionario práctico de gastronomía y salud*. España: Ediciones Días de Santos.
- Köhler, R., Kariuki, L., Lambert, C., & Biesalski, H. K. (2019). Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 372-378.
- Kouřimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 22-26.
- Martínez, J., & Calderón, Q. B. (2010). *Reutilización de Lactosuero para fortificación de galleta tipo escolar e incremento del contenido nutricional con adición de micronutrientes (vitamina B1, B2, B6, B9, B12 y Fumarato Ferroso)*. Guatemala.
- Martínez, O., & Martínez, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 1-14.

- Mazariegos, M., Martínez, C., Mazariegos, D., Méndez, H., Román, A., Palmieri, M., & Tomás, V. (2016). *Análisis de la situación y tendencias de los micronutrientes clave en Guatemala, con un llamado a la acción desde las políticas públicas*. Guatemala: USAID.
- Medrano, L. (2019). *Larvas de gusano de harina (Tenebrio molitor) como alternativa proteica en la alimentación animal*. UNAD.
- Menchú, M., & Méndez, H. (2012). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. Guatemala: INCAP.
- Menchú, M., Torún, B., & Elías, L. (2012). *Recomendaciones Dietéticas Diarias del INCAP*. Guatemala: INCAP.
- Oonincx, D. G., & De Boer, I. J. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PloS one*, 7(12).
- Patal, C. (2020). Los patrones culturales alimentarios con base en el Qaway Quk'uya'. *Revista Eutopía*, 33-74.
- Quesada, D., & Gómez, G. (2019). ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*.
- Ramandey, E., & Mastrigt, H. (2010). Edible insects in Papua, Indonesia: from delicious snack to basic need. *Forest insects as food: humans bite back*, 105.
- Ramos-Elorduy, J. (2008). Energy supplied by edible insects from Mexico and their nutritional and ecological importance. *Ecology of food and nutrition*, 47(3), 280-297.
- Ramos-Elorduy, J., & Pino, J. (2001). Contenido de vitaminas de algunos insectos comestibles de México. *Sociedad Química de México*, 66-76.
- Ramos-Elourdy, J. (1997). Insects: a sustainable source of food? *Ecology of food and nutrition*, 36(2-4), 247-276.
- Santillán, E. (2018). Sobre el desarrollo de mezclas dealimentos andinos aminoacídicamente completas de bajo costo para la alimentación infantil. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*.
- SIGSA. (08 de Enero de 2020). *Casos de morbilidad por desnutrición crónica y aguda en niños y niñas menores de 5 años*. Obtenido de <https://sigsa.mspas.gob.gt/datos-de-salud/desnutricion>

SIGSA. (2020). *Sistema de Información Gerencial de Salud*. Obtenido de SIGSA:

<https://sigsa.mspas.gob.gt/>

Soto, H. (2003). Gusanos de la Harina. *El Canario Uruguayo*, 39-40.

Soto, S. (04 de Junio de 2021). *One Health (una sola salud) o cómo lograr a la vez una salud óptima para las personas, los animales y nuestro planeta*. Obtenido de <https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/one-health-una-sola-salud-o-como-lograr-a-la-vez-una-salud-optima-para-las-personas-los-animales-y-nuestro-planeta/90586/0#:~:text=La%20ganader%C3%ADa%20intensiva%20se%20ha,que%20e1%20sector%20>

Turcios, R. (2010). *Desarrollo y evaluación de galletas fortificadas a base de masica (Brosimum alicastrum) para niños y niñas entre 6-13 años de la Escuela Lempira, Lizapa Maraita, Honduras*. Honduras: Zamorano.

UNICEF. (2011). *La desnutrición infantil: causas, consecuencias y estrategias para su prevención y tratamiento*. España: Punto&coma.

Valladares, L. (18 de Octubre de 2017). *Departamento de Zacapa*. Obtenido de <http://aprende.guatemala.com/historia/geografia/departamento-de-zacapa-guatemala/>

13. Apéndice

Apéndice A. Primer Contacto con la Comunidad.



Figura 3 *Primer contacto con la comunidad*

Apéndice B. Procedimiento de Elaboración de Harina de Larva del Escarabajo de *Tenebrio molitor*.



Figura 4 *Larva de T. molitor*



Figura 5 Larva de *T. molitor* procesada

Apéndice C. Elaboración de Pruebas Primarias de Galletas Fortificadas con Harina de *T. molitor*.



Figura 6 Elaboración de pruebas primarias

Apéndice D. Elaboración de Galletas con Diferentes Proporciones de Harina de Trigo y *T. molitor*.



Figura 7 Elaboración de formulaciones finales de galletas nutricionalmente mejoradas con diferentes porcentajes de harina de larva de *T. molitor*

Apéndice E. Formulación de Galletas Listas para Enviar a Análisis Bromatológico.



Figura 8 Formulación de galletas enviadas a análisis bromatológico

Apéndice F. Consentimiento Informado Utilizado para Prueba Hedónica



The form is titled "CONSENTIMIENTO INFORMADO" and is from the Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) and the Centro Universitario de Zacapa (CUNZAC-USAC). It is signed by Francisca Moralez. The text describes a study on the chemical-sensory formulation and evaluation of three flour biscuits fortified with flour from *T. molitor* larvae. It states that the study is supported by the university and DIGI, and that the participant's child will taste the biscuits for 10 minutes. It also mentions that the data will be confidential and that the participant can withdraw their child at any time.

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSITARIO
ZACAPA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Francisca Moralez

declaro que he sido informado e invitado a que mi hijo(a) participe en una investigación denominada **“FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN QUÍMICO-SENSORIAL DE TRES GALLETAS DE HARINA DE TRIGO FORTIFICADAS CON HARINA DE LARVAS DE TENEBRIO MOLITOR (LINNAEUS, 1758) EN ZACAPA, GUATEMALA”** éste es un proyecto de investigación científica que cuenta con el respaldo del Centro Universitario de Zacapa de Universidad de San Carlos de Guatemala (CUNZAC-USAC), y con el financiamiento de la Dirección General de Investigación (DIGI).

Entiendo que este estudio busca conocer el grado de aceptabilidad (sabor, olor, color) de las muestras de galletas fortificadas con harina a base de larvas del escarabajo *T. molitor*, y sé que la participación de mi hijo(a) constará en degustar las galletas y responder una encuesta con ayuda de un facilitador, que demorará alrededor de 10 minutos.

Me han explicado que la información registrada será confidencial, y que los nombres de los participantes serán asociados a un número de serie, esto significa que las respuestas no podrán ser conocidas por otras personas ni tampoco ser identificadas durante la publicación de resultados.

Estoy enterado(a) de que estos datos no me serán entregados y que no recibiré una retribución por la participación en este estudio, pero sí que esta investigación podrá favorecer de manera indirecta a la población, y por lo tanto tiene un beneficio para la sociedad dada la investigación que se está llevando a cabo.

Asimismo, sé que puedo negar la participación de mi hijo(a) o retirarlo en cualquier etapa de la investigación, sin expresión de causas ni consecuencias negativas para mí o mi hijo(a).

Firme del padre o encargado del participante: Francisca Moralez

Fecha: _____

Figura 9 Consentimiento informado

Apéndice G. Prueba Hedónica Utilizada

Prueba de aceptabilidad de galleta fortificada con harina a base del escarabajo *T. molitor*

Nombre: Jimena Ramirez. Año: 6^a
Fecha: 13/07/23

Prueba el producto y asigna un valor según la carita que más representa lo que te pareció cada característica la galleta fortificada.

(1) No me gusta (2) No me gusta, ni me disgusta (3) Me gusta

Observaciones: _____

¡Muchas gracias por tu participación!

Figura 10 Prueba Hedónica

Apéndice H. Jornada Nutricional para Realización de Pruebas Hedónicas



Figura 11 Jornada nutricional y desarrollo de prueba hedónica

13 Aspectos éticos y legales (si aplica)

Previo a la toma de la muestra en el caserío El Canal, La Fragua, Zacapa, se realizó una charla a madres de familia que acompañaron a sus hijos a la jornada nutricional y degustación de galletas fortificadas con larva de *Tenebrio Molitor*, en la cual, se les leyó el consentimiento informado que firmarían al momento que su hijo quedara seleccionado dentro de la muestra, también se guardó total confidencialidad sobre las respuestas del estudio, y en todo momento se cumplió con el principio de beneficencia, en esta jornada se trabajó conjuntamente con la Oficina Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional -OMSAN- quienes donaron alimento terapéutico listo para consumir a niños con desnutrición moderada. Se explicó que la participación era totalmente voluntaria y en cualquier momento podrían retirarse del estudio.

14 Vinculación

14.1. Oficina Municipal de Seguridad Alimentaria (OMSAN).

Apoyo en la coordinación y logística para el abordaje de las intervenciones de forma integral y sostenible, que se llevaron a cabo en la investigación realizada en el Caserío El Canal, La Fragua, Zacapa. Fortaleciendo la eficacia de la investigación. Del mismo modo, esta vinculación, ayudó a mitigar la inseguridad alimentaria y nutricional que actualmente la comunidad de estudio está viviendo.

14.2. Asamblea Comunitaria del Caserío El Canal, La Fragua, Zacapa.

Con el apoyo del representante del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Martín Calderón, quien brindó la información y registros actuales sobre la situación socioeconómica, nutricional y ambiental del Caserío, para realizar intervenciones puntuales en pro de la alimentación y nutrición adecuada, debilitando los porcentajes de desnutrición, principalmente en el grupo de niños de 5 a 12 años de edad.

14.3. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP).

Apoyo con la autorización para uso de sus instalaciones para la elaboración de las primeras pruebas de preparación de las galletas fortificadas donde se afinaron detalles en proporción de los ingredientes utilizados y tiempo de cocción.

15 Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

Se realizó un workshop en el campus central del Centro Universitario de Zacapa, con representante de COCODE de la Comunidad, Martín Calderón. Representante de la Oficina Municipal de Seguridad Alimentaria y Nutricional, autoridades de CUNZAC, estudiantes, docentes y encargado de la planta de alimentos de CUNZAC. En la actividad se dio a conocer los resultados de la investigación, principales hallazgos, oportunidades y se realizó la entrega de donación de equipo utilizado en la investigación

16 Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:

La investigación contribuye con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) “Hambre Cero”, siendo el objetivo número 2 de los 17 que conforman los ODS. El hambre y la desnutrición siguen siendo uno de los mayores retos para los países en vías de desarrollo, como lo es Guatemala. El incremento del hambre y desnutrición, es consecuencia de la degradación ambiental, sequía y pérdida de biodiversidad. Por lo cual, es necesario buscar alternativas agradables al medio ambiente que contribuyan al abastecimiento de la necesidad fisiológica de alimentación y al buen aprovechamiento de los nutrientes.

La creación y formulación de la galleta fortificada con harina a base de larva del escarabajo *T. molitor*. Es una alternativa ambientalmente sostenible, siendo un alimento que contiene proteína de alto valor biológico, siendo un producto accesible, especialmente para el nivel socioeconómico pobre y en extrema pobreza.

17 Orden de pago final

Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
Mayda Sucely Arroyo	Coordinador de proyecto	20170731	SI	
Yoselin Lisbeth Barahona	Auxiliar II	20220553	SI	
Andrea Izabel Martínez	Auxiliar II	20220554	SI	

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

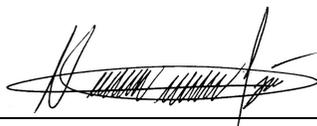
18 Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Mayda Sucely Arroyo Castillo Coordinadora de Proyecto DES8CU-2022	Firma 
28/2/2023	

19 Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: Director del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Dr. Manuel Barrios Coordinador Instituto de Investigaciones -CUNZAC-	Firma 
28/2/2023	

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

20 Visado de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. Dra. Hilda Valencia de Abril Coordinadora del Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud	 Firma
28/2/2023	

Vo.Bo. Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas	 Firma <small>Ing. MARN Julio Rufino Salazar Pérez Coordinador General de Programas de Investigación, Digi-Usac</small>
28/2/2023	

Agradecimientos

El apoyo y acompañamiento de las instituciones involucradas en el desarrollo del proyecto fue de vital importancia, ya que cada una de ellas participaron en diferentes etapas durante la gestión y ejecución de la investigación desde la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, la Dirección General de Investigación -Digi-, a través de sus autoridades, Dra. Alice Burgos Paniagua, Directora General de Investigación, Dra, Dra. Hilda E. Valencia de Abril, Coordinadora del Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en salud. Así mismo al Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar, Coordinador General de Programas, brindando el acompañamiento logístico en el desarrollo de esta investigación, así mismo las autoridades del Centro Universitario de Zacapa -CUNZAC-, por medio de las gestiones del Dr. Carlos Augusto Vargas Gálvez, Director, y a su vez al Dr. Manuel Alejandro Barrios Izás, Coordinador del Instituto de Investigaciones, por su acompañamiento y asesoría durante los procesos requeridos, así mismo agradecemos el apoyo del Licenciado Jimmy Alexander Vargas Salguero como Tesorero del

Centro Universitario de Zacapa, ya que sus gestiones facilitaron la disponibilidad de los recursos necesarios para la ejecución de esta investigación, a la coordinación de la carrera de la Licenciatura en Nutrición por el respaldo brindado, a la Municipalidad de Zacapa, mediante la Oficina Municipal de Seguridad Alimentaria -OMSAN-, por el apoyo en la coordinación y logística para el abordaje de las intervenciones de forma integral y sostenible, que se llevaron a cabo en el Caserío El Canal, La Fragua, Zacapa. un agradecimiento especial para la Asamblea Comunitaria del Caserío El Canal, La Fragua, Zacapa, y el representante del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Martín Calderón, quien brindó la información y registros actuales sobre la situación socioeconómica, nutricional y ambiental del Caserío, para realizar intervenciones puntuales en pro de la alimentación y nutrición adecuada, debilitando los porcentajes de desnutrición, principalmente en el grupo de niños de 5 a 12 años de edad. Por último, un agradecimiento al Ingeniero Manuel Moscoso jefe del departamento de capacitación del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad -INTECAP-, quien facilitó las instalaciones de -INTECAP-para poder llevar a cabo la elaboración de las primeras pruebas de preparación de las galletas fortificadas donde se estandarizó la proporción de los ingredientes utilizados y el tiempo de cocción.