



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

INCLUSIÓN DE BIOMASA DE CHONTACURO (*RHYNCHOPHORUS PALMARUM*) EN LA ELABORACIÓN DE PANES FUNCIONALES

DIAZ CARTUCHE INGRY MIRELLA  
INGENIERA EN ALIMENTOS

RIOS AGUILAR KAREN XIMENA  
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

INCLUSIÓN DE BIOMASA DE CHONTACURO (*Rhynchophorus palmarum*) EN LA ELABORACIÓN DE PANES FUNCIONALES

DIAZ CARTUCHE INGRY MIRELLA  
INGENIERA EN ALIMENTOS

RIOS AGUILAR KAREN XIMENA  
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

INCLUSIÓN DE BIOMASA DE CHONTACURO (*Rhynchophorus palmarum*) EN LA  
ELABORACIÓN DE PANES FUNCIONALES

DIAZ CARTUCHE INGRY MIRELLA  
INGENIERA EN ALIMENTOS

RIOS AGUILAR KAREN XIMENA  
INGENIERA EN ALIMENTOS

MARTINEZ MORA EDISON OMAR

MACHALA, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2019

MACHALA  
2019

**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado INCLUSIÓN DE BIOMASA DE CHONTACURO (*Rhynchophorus palmarum*) EN LA ELABORACIÓN DE PANES FUNCIONALES, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



---

MARTINEZ MORA EDISON OMAR  
0702585381  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

AYALA ARMIJOS JOSE HUMBERTO  
0704018803  
ESPECIALISTA 2



---

BRAVO BRAVO VERONICA PATRICIA  
0703690123  
ESPECIALISTA 3

Machala, 19 de septiembre de 2019

# Titulación

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

9%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE  
INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

[www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)

Fuente de Internet

1%

2

V. Griguol, M. León-Camacho, I. M. Vicario.  
"Review of the levels of *trans* fatty acids  
reported in different food products", *Grasas y  
Aceites*, 2007

Publicación

1%

3

[www.scielo.sa.cr](http://www.scielo.sa.cr)

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Nacional del Centro  
del Peru

Trabajo del estudiante

<1%

5

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del  
Peru

Trabajo del estudiante

<1%

6

Submitted to CONACYT

Trabajo del estudiante

<1%

7

Submitted to Instituto Madrilenio de Formacion

Trabajo del estudiante

<1%

---

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, DIAZ CARTUCHE INGRY MIRELLA y RIOS AGUILAR KAREN XIMENA, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado INCLUSIÓN DE BIOMASA DE CHONTACURO (*Rhynchophorus palmarum*) EN LA ELABORACIÓN DE PANES FUNCIONALES, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

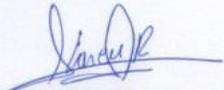
Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 19 de septiembre de 2019

  
DIAZ CARTUCHE INGRY MIRELLA  
0705713170

  
RIOS AGUILAR KAREN XIMENA  
0705556546

## **DEDICATORIA**

La presente investigación se la dedicamos con mucho amor a nuestros padres, por sus sacrificios y apoyarnos incondicionalmente.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios y a nuestros padres por permitirnos llegar a cumplir nuestras metas.

Al Tutor Dr. Omar Martínez Mora, Docente de investigación de la Carrera de Ingeniería en Alimentos de la facultad de Ciencias Químicas y de la Salud por brindarnos y apoyarnos con su conocimientos durante el trabajo de titulación.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue incluir biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) en la elaboración de panes funcionales. La obtención de la biomasa de la larva del Chontacuro se realizó por el método de deshidratación, previamente se retiró la cabeza y las vísceras. Los tratamientos estudiados fueron: T1 (40 % harina de trigo, 55 % harina integral de trigo y 5 % de biomasa de la larva del Chontacuro), T2 (30 % harina de trigo, 60 % harina integral de trigo y 10 % de biomasa de la larva Chontacuro) y T3 (25 % harina de trigo, 65 % harina integral de trigo y 15 % de biomasa de la larva Chontacuro) aparejados a un estándar T0 (40 % harina de trigo y 60 % de harina integral de trigo). Para la obtención del perfil lipídico se aplicó el método de cromatografía de gases, el cual utilizó el método de extracción por reactivos de derivatización. Para tal efecto se utilizaron volúmenes de 250 y 500  $\mu$ L de metóxido de Sodio 0,5. Además, se efectuó pruebas de texturometría con el equipo TVT 6700 de Perten, empleando el perfil 01-02.01 AIB White Pan Bread Firmness, mediante el cual se realizaron ensayos de determinación de la firmeza de la miga del pan funcional por compresión de ciclo simple. Las muestras se colocaron en el plato base, sobre el cual se ejerció una fuerza mediante una sonda. Esta fuerza máxima requerida para medir la firmeza de la miga del pan funcional es cuantificada por el equipo en unidades gramos/fuerza (gf). Para la determinación del tiempo de vida útil se utilizó el método de la cinética de deshidratación de Arrhenius, la misma que, según la data de valores de textura determinados a tres temperaturas diferentes (10, 21 y 28 °C) nos dio un comportamiento de deterioro exponencial  $C_i = A_i * e^{-kt}$ . El porcentaje de grasa total fue de 9,13 %, de la cual, en ácidos grasos saturados 4,16 %, ácidos grasos mono insaturados 3,42 %, ácidos grasos poliinsaturados 1,56 % y grasas trans 0,00 %. Según los resultados obtenidos, la inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro no afecta significativamente ( $p \geq 0,05$ ) el nivel de ácidos grasos poliinsaturados en los tratamientos estudiados, a pesar de que se pudo notar un leve incremento a medida que el porcentaje de biomasa es incorporada. La firmeza de los panes funcionales estuvo entre 5.348 y 6.925 gf, estos valores se alejan a los presentados por Vera, et al., (2016) en la evaluación de propiedades elásticas y mecánicas de una masa de pan con sustitución de harina de camote

(Ipomea Batatas), quienes establecieron que panes elaborados con harina de este tubérculo presentaron una dureza que va entre 1.613,3 a 1.889,1 gf, la diferencia se debe a que la biomasa de la larva del Chontacuro, presenta valores de proteína mayores a la harina de camote. El tiempo de vida útil se estimó en 7 días a 30 °C, parámetros ambientales promedio de la ciudad de Machala en época lluviosa.

**Palabras claves:** Chontacuro, pan funcional, ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados, textura.

## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to include biomass of the larva of Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) in the elaboration of functional breads. The biomass of the Chontacuro larvae was obtained by the dehydration method, previously the head and viscera were removed. The treatments studied were: T1 (40% wheat flour, 55% whole wheat flour and 5% biomass of the Chontacuro larva), T2 (30% wheat flour, 60% whole wheat flour and 10% biomass of the Chontacuro larva) and T3 (25% wheat flour, 65 whole wheat flour and 15% biomass of the Chontacuro larva) coupled to a T0 standard (40% wheat flour and 60% whole wheat flour). To obtain the lipid profile, the gas chromatography method was applied, which used the method of extraction by derivatization reagents. For this purpose, volumes of 250 and 500  $\mu\text{L}$  of 0.5 Sodium Methoxide were used. In addition, texturometry tests were carried out with Perten TVT 6700 equipment, using the profile 01-02.01 AIB White Pan Bread Firmness, by means of which tests were performed to determine the firmness of the crumb of the functional bread by simple cycle compression. The samples were placed on the base plate, on which a force was exerted by means of a probe. This maximum force required to measure the firmness of the functional bread crumb is quantified by the unit in grams / force units (gf). For the determination of the lifetime, the Arrhenius dehydration kinetics method was used, which, according to the data of texture values determined at three different temperatures (10, 21 and 28 ° C) gave us a behavior of exponential deterioration  $C_i = A_i * e^{-kt}$ . The percentage of total fat was 9.13%, of which, in saturated fatty acids 4.16%, mono unsaturated fatty acids 3.42%, polyunsaturated fatty acids 1.56% and trans fats 0.00%. According to the results obtained, the inclusion of biomass of the larva of Chontacuro does not significantly affect ( $p \geq 0.05$ ) the level of polyunsaturated fatty acids in the treatments studied, although a slight increase could be noticed as the percentage of biomass is incorporated. The firmness of the functional breads was between 5,348 and 6,925 gf, these values are far from those presented by Vera, et al., (2016) in the evaluation of elastic and mechanical properties of a bread dough with sweet potato meal replacement (*Ipomea Batatas*), who established that breads made with flour from this tuber presented a hardness ranging between 1,613.3 to 1,889.1 gf, the difference is due to the

biomass of the larva of Chontacuro, presents protein values greater than sweet potato flour. The useful life was estimated at 7 days at 30 °C, average environmental parameters of the city of Machala during the rainy season.

**Keywords:** Chontacuro, functional bread, monounsaturated fatty acids, polyunsaturated, texture.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	3
ABSTRACT .....	5
CAPÍTULO I.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	14
1.3 OBJETIVOS .....	16
OBJETIVO GENERAL .....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4 HIPÓTESIS.....	17
Hipótesis nula .....	17
Hipótesis alternativa.....	17
CAPÍTULO II.....	18
2. MARCO TEÓRICO .....	18
2.1 Descripción del <i>Rhynchophorus Palmarum L</i> .....	18
2.2 Valor Nutritivo de Larvas Comestibles.....	20
2.2.1 Proceso de la Larva Chontacuro.....	20
2.2.2 Contenido de Lípidos .....	20
2.2.3 Composición de ácidos grasos.....	21
2.2.4 La composición de la piel de <i>Rhynchophorus Palmarum L</i> .....	21
2.2.5 Perfil de aminoácidos de la piel de <i>Rhynchophorus palmarum L</i> .....	22
2.3 Usos de Consumo del Chontacuro.....	23
2.4 Trigo .....	24
2.5 Harina de Trigo.....	25
2.6 Harinas Compuestas .....	26
2.7 Pan.....	27
2.7.1 Pan Especial .....	27
2.7.2 Pan Integral.....	27
2.7.3 Pan Funcional .....	27
2.8 Grasas.....	28
2.8.1 Ácidos Grasos.....	29
2.8.2 Ácidos Grasos Saturados.....	30

2.8.3 Ácidos Grasos Insaturados.....	30
2.8.4 Ácidos Grasos Poliinsaturados:.....	30
2.8.5 Ácidos Grasos Monoinsaturados:.....	31
2.9 Cromatografía de Gases.....	31
2.10 Texturometría.....	32
2.11 Vida Útil.....	34
CAPÍTULO III.....	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1 Materiales.....	36
3.1.1 Ubicación del experimento.....	36
3.1.2 Muestras y sustancias.....	36
3.2 Metodología.....	36
3.2.1 Diseño Estadístico.....	36
3.2.2 Cromatografía de Gases para la Determinación del Perfil Lipídico.....	37
3.3. Vida Útil del Pan Funcional a través de la Aplicación de la Deshidratación de <i>Arrhenius</i> .....	41
CAPITULO IV.....	42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1 Caracterización Físicoquímica.....	42
4.1.1 Comportamiento del Perfil Lipídico del Pan Funcional.....	43
4.1.2 Ácidos Grasos Poliinsaturados.....	44
4.2 Análisis de Textura.....	44
4.2.1 Comportamiento de la Textura de los Diferentes Tratamientos.....	46
4.3 Determinación de la Tendencia de Deterioro del Pan Funcional.....	48
4.3.1 Logaritmo de la Vida Útil del Pan Funcional con Inclusión de Biomasa de la Larva del Chontacuro.....	49
CAPÍTULO V.....	50
CONCLUSIÓN.....	50
RECOMENDACIÓN.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación Taxonómica .....	18
<b>Tabla 2.</b> Composición de los ácidos grasos del aceite de la piel y el contenido graso digestivo de la larva de <i>Rhynchophorus palmarum</i> L.....	21
<b>Tabla 3.</b> Composición proximal de la piel de la larva de <i>Rhynchophorus palmarum</i> L. ....	22
<b>Tabla 4.</b> Perfil del contenido de aminoácidos de la piel de la larva de <i>Rhynchophorus palmarum</i> L. ....	23
<b>Tabla 5.</b> Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo. ....	25
<b>Tabla 6.</b> Composición Química (100 g en base húmeda/base seca) ± en panes funcionales. ....	28
<b>Tabla 7.</b> Ingesta de consumo diario de grasas según (SENC, 2011; FAO/WHO, 2008; EFSA, 2009).....	29
<b>Tabla 8.</b> Parámetros de textura en un pan.....	33
<b>Tabla 9.</b> Corridas Experimentales de mezclas de harina Trigo - Biomasa de larva Chontacuro. ....	37
<b>Tabla 10.</b> Métodos de los ensayos Físico Químico.....	37
<b>Tabla 11.</b> Operacionalización de las variables.....	38
<b>Tabla 12.</b> Resultados del perfil lipídico del pan funcional con inclusión de biomasa del Chontacuro. ....	42
<b>Tabla 13.</b> Resultados del perfil lipídico del pan funcional con inclusión de biomasa del Chontacuro. ....	44
<b>Tabla 14.</b> Resultados de la Vida Útil del Pan Funcional a Través de la Aplicación de la Deshidratación de Arrhenius. ....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figuras 1:</b> Ciclo de vida de <i>Rhynchophorus palmarum</i> L. ....	19
<b>Figuras 2:</b> Diagrama de flujo para la obtención de biomasa de Chontacuro ...	39
<b>Figuras 3:</b> Diagrama de flujo para la elaboración de panes funcionales .....	40
<b>Figuras 4.</b> Comportamiento del perfil lipídico del pan funcional .....	43
<b>Figuras 5:</b> Tratamientos VS Grasas Poliinsaturados.....	44
<b>Figuras 6:</b> Comportamiento de la Textura de los diferentes tratamientos .....	46
<b>Figuras 7.</b> Determinación de la tendencia de deterioro del pan funcional. ....	48
<b>Figuras 8:</b> Logaritmo de la vida útil del pan funcional .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Obtención de biomasa de Chontacuro. ....	55
<b>Anexo 2.</b> Elaboración del pan integral con inclusión de biomasa del Chontacuro.....	56
<b>Anexo 3.</b> Cromatografía del perfil lipídico del pan integral.....	57
<b>Anexo 4.</b> Cromatografía del perfil lipídico del pan funcional.....	57

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

En países en desarrollo, el consumo de insectos como fuente alimenticia para las personas, hoy en día se ha convertido en una variante, debido a que muchos insectos se consumen por tradición y cultura ancestral.

Desde la antigüedad, los insectos formaron parte de la alimentación de los pueblos indígenas aportando fuentes de proteínas, grasas, vitaminas y minerales. En México, insectos nativos como los chapulines, se han convertido en un verdadero manjar, considerados como nutritivos, platillo afrodisiaco y gourmet. En Ecuador, las larvas *Rhynchophorus palmarum* L., conocidas con el nombre de “Chontacuro”, los habitantes de la amazonia las recogen directamente de las palmas y las consumen crudas o asadas. El desarrollo de este recurso puede lograr actividades rentables de producción para las provincias de esta región (Sancho, et al., 2015).

Los alimentos a base de la harina de trigo, son los mayormente consumidos a nivel mundial, entre ellos, las pastas y el pan son los de mayor demanda. En muchos países de América del Sur, existe un desbalance en la producción de trigo y la demanda del grano para satisfacer las necesidades internas de producción de harina de trigo para panificación. Por lo tanto, existen investigaciones encaminadas a la búsqueda de alternativas de sustitución parcial o total de este cereal en la elaboración del pan.

En Ecuador, la producción de trigo se encuentra entre 10 mil y 15 mil toneladas; logra cubrir del 2 al 3 % de los requerimientos de los molinos para producir harina; volúmenes deficientes para cubrir la demanda interna de, aproximadamente 500 mil toneladas anuales. Los principales países de importaciones de trigo son: Canadá, Estados Unidos y Argentina.

Una alternativa para reemplazar parte de estas importaciones sería sustituir la harina de trigo, por harinas provenientes de otros recursos; sin embargo, las propiedades específicas de la harina de trigo la hacen indispensable en la preparación de productos aireados, tales como el pan, por la habilidad de sus proteínas (gluten) para formar una red continua, que se puede extender y retener burbujas de gas, producidas durante la fermentación.

Últimamente, hay una gran variedad de tipos de pan para satisfacer las necesidades de los consumidores de nutrientes beneficiosos como fibra dietética, minerales y vitaminas. Sin embargo, los productos de panadería generalmente tienen una vida útil corta de solo unos pocos días a temperatura ambiente debido a su actividad alta del agua. El almacenamiento frigorífico de este tipo de productos no es aplicable (Settakorn Upasen y Piyachat Wattanachai, 2018).

La incorporación de ingredientes funcionales tiene un gran impacto sobre las propiedades tecnológicas y nutricionales. En este caso las grasas otorgan un valor significativo al sabor, color, textura y a la riqueza del producto final manteniendo la humedad, lo que aumenta su vida útil. En productos de panificación, la adición de un componente nutricional cada día es más conocido, debido a los beneficios y a la prevención de enfermedades (Martins, Pinho, y Ferreira, 2017).

Los diseños que se han aplicado a la formulación de productos funcionales, necesitan optimizar estrategias que incrementen el efecto beneficioso, dado que sus ingredientes aportan de manera positiva al organismo (Trescaso y Bernabeu, 2015).

## 1.1 PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El consumo frecuente de pan, se ha relacionado negativamente con el aumento en la presión arterial, el riesgo de presentar problemas cardiovasculares, insuficiencia cardíaca, cerebrovascular, infarto agudo al miocardio y alteración en la función renal; además de efectos no cardiovasculares como aumento del riesgo de nefrolitiasis, cáncer gástrico, obesidad, aumento en la severidad del asma y disminución de la densidad ósea asociada a la osteoporosis (Valverde y Picado, 2013). El almidón está mayoritariamente presente en la harina de trigo, es uno de los elementos más abundantes en la nutrición humana, es una fuente principal de carbohidratos y por tanto generador de combustión celular, sin embargo, si no cumplen determinadas condiciones metabólicas, puede convertirse en una fuente de toxemia corporal, trastorno orgánico por presencia de toxinas en la sangre, dicho trastorno está relacionado con una excesiva permeabilidad intestinal, lo cual posibilita el rápido paso al flujo sanguíneo, causando un sin número de enfermedades crónicas.

Las larvas Chontacuro establece una fuente indeterminada de proteína animal que está completamente desperdiciada, dicha materia prima sería importante utilizar como suplemento nutricional. Hay estudios realizados acerca de los insectos que demuestran un alto valor nutritivo de proteínas, grasa, vitaminas y que pueden ser aprovechados de forma sistemática, constituyen una fuente alimenticia que cumple con dos características primordiales: cantidad nutricional y suficiente abundancia en la naturaleza. Esta riqueza podría dar nuevos enfoques sobre su utilidad en diversos sistemas productivos, investigando alternativas de sustitución factibles, cuyo costo sea accesible (Gutiérrez, 2005).

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Los productos de panificación son muy conocidos, generalmente son elaborados a base de trigo, contienen azúcar y grasa en su formulación. Ciertos componentes de los alimentos han sido relacionados con efectos saludables, existen pocas investigaciones que mantienen con datos experimentales sus efectos fisiológicos. La mayoría de los autores consideran que ha futuro incrementara el consumo de alimentos funcionales. La fibra es un componente principal, ya que se ha asociado con la salud intestinal, prevención de cáncer, enfermedades cardiovasculares.

Los alimentos funcionales aportan beneficios para la salud, de acuerdo a su base nutritiva, producto de la adición y/o exclusión de compuestos presentes en los mismos, encaminados a mantener la salud.

Los consumidores buscan productos alimenticios naturales en las etiquetas, las preocupaciones por una dieta saludable, en términos de consumo de alimentos también han sido destacadas por la legislación alimentaria, incluidas todas las enmiendas, ha impuesto disposiciones específicas sobre el uso de declaraciones de propiedades nutricionales y saludables sobre alimentos a través del etiquetado de productos. Para obtener una ventaja competitiva en el mercado, los fabricantes de productos de panadería adaptaron adecuadamente sus productos alimenticios y los productores se alinearon con la oferta basada en la evolución de las preferencias de los consumidores. En consecuencia, las tendencias dentro de la panadería y el mercado de repostería enfocadas en productos de salud y bienestar han seguido estrategias dobles basadas en afirmaciones de salud o nutrición. Una declaración de propiedades saludables se refiere a la afirmación sobre una relación entre los alimentos y la salud, mientras que la declaración de propiedades nutricionales se refiere a nutrientes o ingredientes que tienen una función nutricional o un efecto fisiológico comprobado científicamente. De esa manera, la industria de la panadería ha comenzado a desarrollar una amplia gama de productos horneados, tales como: enriquecido con vitaminas, fortificados con minerales, proteína alta, azúcar baja, fibra rica, grasa liviana, Sin gluten (Sirbu y Arghire, 2017). Por lo tanto, el

consumo de pan funcional debe fomentarse, aplicando nuevas variaciones en la formulación, logrando con ello, desarrollar alimentos saludables nutritivos para satisfacer la creciente demanda de los consumidores. La presente investigación tiene como objetivo fundamental incluir biomasa de Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) en la elaboración de panes funcionales, que servirá para mejorar el valor nutricional.

## 1.3 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- ❖ Incluir biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) en la elaboración de panes funcionales.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer un diseño de mezclas para el establecimiento de las unidades experimentales, con inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro.
- Elaborar panes funcionales a través de la tecnología de panificación y establecer el modelo más adecuado.
- Evaluar el contenido de ácidos grasos mono y poliinsaturados en el pan funcional.
- Medir la firmeza del pan funcional a través de pruebas de texturometría.
- Predecir la vida útil del pan funcional a través de la aplicación del método de la cinética de deshidratación de *Arrhenius*.

## 1.4 HIPÓTESIS

### Hipótesis nula

H01: La inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) no afecta el nivel de ácidos grasos poliinsaturados en panes funcionales.

H02: La inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) no afecta la textura del pan funcional.

### Hipótesis alternativa

H1: La inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) afecta el nivel de ácidos grasos poliinsaturados en panes funcionales.

H2: La inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) afecta la textura del pan funcional.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Descripción del *Rhynchophorus palmarum* L

Los Chontacuros conocidos como gusanos de la "chonta de palma", cuando salen del huevo llegan a medir aproximadamente 3,4 mm de longitud. El cuerpo es levemente en forma de curva ventral. Su color es blanco cremoso. Las larvas duran entre 42 a 62 días, en su etapa de desarrollo miden de 5 a 6 cm de longitud. En el periodo larval, puede durar entre 4 y 17 días, toman un color amarillo oscuro, y antes de empupar emigran al perímetro del estípite, para tejer una envoltura con fibras vegetales (Torre, Torre, y Oscar, 2011).

Su metamorfosis abarca varias fases: huevo, larva, ninfa y adulto, y el ciclo de vida es aproximado 122 días, aunque puede llegar hasta los 231. En promedio pasa 3,5 días como huevo, 60,5 días como larva, 16 días como ninfa y 42 días como adulto, de manera que la mayor parte de su subsistencia ocurre en la etapa de larva, cuando comienza su vida independiente de movilidad y es recogido y consumido por los habitantes de la Amazonía (Perez y Iannacone, 2008).

En la tabla 1. Se presenta la clasificación taxonómica del Chontacuro.

**Tabla 1.** Clasificación Taxonómica

<b>Reino :</b>	<b><i>Animal</i></b>
Phylum:	<i>Arthropoda</i>
Clase:	<i>Insecta</i>
Orden:	<i>Coleoptera</i>
Familia:	<i>Curculionidae</i>
Género:	<i>Rhynchophorus</i>
Especie	<i>Palmarum</i>
Nombre Vulgar:	<i>Mayon, picudo negro, suri</i>

**Fuente:** (Perez y Iannacone, 2008)

## Huevos

Poseen un tamaño de 2,5 x 1 mm, son ovoides y se presentan de color blanco cremoso, sus períodos de incubación duran de 2 a 4 días. Las hembras apareadas en pareja tienen un periodo de oviposición hasta 43 día (Torre, Torre, y Oscar, 2011).

## Pupa

En esta etapa de desarrollo empieza la metamorfosis, en el cual el estado de la larva pupa y adulto dentro de la envoltura mide aproximadamente 7 a 9 cm de longitud y 3 a 4 cm de diámetro. La pupa es de color café. Cuando es alborotada hace movimientos ondulatorios en el abdomen. El tiempo de vida de la larva en este periodo es de 20 a 30 días (Torre, Torre, y Oscar, 2011).

## Adulto

Son picudos de color negro, su estructura en forma de bote, miden aproximadamente entre 4 y 5 cm de largo y 1,4 cm de ancho. La cabeza es pequeña y redonda.

Los machos tienen pico en la parte dorsal, las hembras tienen su cuerpo liso. Para empujar los adultos tienen un periodo de 30 a 45 días, estas permanecen dentro del brote de 7 a 11 días para salir (Torre, Torre, y Oscar, 2011).



**Figura 1:** Ciclo de vida de *Rhynchophorus palmarum* L.

**Fuente:** (Torre, Torre, y Oscar, 2011).

## **2.2 Valor nutritivo de larvas comestibles**

Los insectos contienen proteínas, grasas, sales minerales y vitaminas, como fuentes principales en la alimentación humana. Las larvas poseen sustancias que sirven para la nutrición humana, existe otros tipos de insectos como por ejemplo, el Chongcha Chino, atribuyen propiedades medicinales para diferentes enfermedades gastrointestinales (Cartay, 2018).

### **2.2.1 Proceso de la larva Chontacuro**

Los indígenas esperan un tiempo aproximado para recoger las larvas después de su ciclo de incubación y asegurar que esta larva ya esté en la etapa mayor de su evolución, con un peso cerca de 12 g va a depender de la variedad, que sea gruesa y de color crema y marrón mencionan que es necesario conocer la fase de larvaria, cuando es distinguida como parte del alimento, en equiparación con otras géneros de larvas, en las cuales no pueden ser consumidas (Cartay, 2018).

Las condiciones ideales ocurren a lo largo de algunos meses de vida, una vez esperado el periodo de infestación y el talado de la palma, existe periodos más apropiados que otros para la infestación de los troncos que ya han sido destruidos. Estos ocurren en las temporadas de agosto y octubre, va depender muchísimo de la zona y el clima, para acelerar la pudrición del tronco, lo hacen más suave y favorece su extracción (Cartay, 2018).

### **2.2.2 Contenido de lípidos**

El resultado de los lípidos de la piel de acuerdo a estudios realizados, la larva tiene un valor de 25,3% y en etapa adulta tiene 21,2 %, en comparación de otras variedades como por ejemplo escarabajo pelotero con un 13,61%, se puede decir que el Chontacuro tiene un alto contenido de grasas y que contribuye un valor potencial en la industria de aceites (Vargas, et al., 2013).

### 2.2.3 Composición de ácidos grasos

La composición de los ácidos grasos y aceites de la larva de *Rhynchophorus palmarum* L. De la extracción de la piel fueron, palmíticos y esteáricos, seguido por los ácidos grasos mirístico, linoleico, linolénico y palmitoleico. En la tabla 2 se detalla determinación de los CGD de la larva *Rhynchophorus* (Vargas, et al., 2013).

**Tabla 2.** Composición de los ácidos grasos del aceite de la piel y el contenido graso digestivo de la larva de *Rhynchophorus palmarum* L.

Ácido graso	Piel (%)	CGD (%)
Mirístico	1,91	2,27
Palmítico	41,78	43,65
Palmitoleico	0,75	1,01
Esteárico	9,41	8,52
Oleico	43,10	41,57
Linoleico	2,00	1,93
Linolenico	1,05	1,05

*Fuente:* (Vargas, et al., 2013).

### 2.2.4 La composición de la piel de *Rhynchophorus palmarum* L.

El contenido de agua en la piel de la larva es muy elevado (71,50 %), dado los valores respectivos de los lípidos de 6,31 % (peso húmedo) se aumenta 22,15 % en peso seco; para la larva entera de *R. palmarum*, 7,3 % y 7,25 % (en peso húmedo), respectivamente.

**Tabla 2.** Composición proximal de la piel de la larva de *Rhynchophorus palmarum* L.

<b>Parámetros</b>	<b>Peso húmedo (%)</b>	<b>Peso seco (%)</b>
Humedad	71,50	.....
Proteínas	13,06	45,82
Grasas totales	6,31	22,15
Cenizas	1,38	4,83
carbohidratos	7,81	2,2

**Fuente:** (Vargas, et al., 2013).

#### **2.2.5 Perfil de aminoácidos de la piel de *Rhynchophorus palmarum* L.**

La calidad de proteína en los alimentos está determinada por su contenido de los aminoácidos esenciales. El perfil de aminoácidos y la puntuación química de la piel de la larva de *Rhynchophorus* se muestra en la tabla 4.

**Tabla 3.** Perfil del contenido de aminoácidos de la piel de la larva de *Rhynchophorus palmarum* L.

<b>Aminoácidos</b>	<b>100 g de proteína</b>
Aspártico	1,72
Glutámico	4,11
Asparagina	0,57
Serina	14,49
Teonina	1,52
Glicina	1,95
Alanina	2,90
Arginina	2,73
Prolina	9,18
Valina	1,80
Metionina	0,59
Isoleucina	3,88
Leucina	3,60
Fenilalanina	1,65
Lisina	3,69
Histidina	0,05
Tirosina	0,73
Glutamina	0,12

**Fuente:** (Vargas, et al., 2013).

### **2.3 Usos de Consumo del Chontacuro**

EL Chontacuro es utilizado y consumido en diferentes maneras, una de las formas más comunes de ingerir al Chontacuro es asado.

#### **Productos elaborados:**

- ❖ Galletas enriquecidas con harina de Chontacuro
- ❖ Lasaña de Chontacuros elaborada con masa de plátano verde y palmito

## 2.4 Trigo

Trigo (*Triticum* spp) es el término que designa a todos los cereales, sean estos cultivados o silvestres pertenecientes al género *Triticum*, familia de las gramíneas, y su cultivo se ha esparcido por todo el mundo. La palabra «trigo» proviene del vocablo latino *Triticum*, que significa 'quebrado', 'triturado' o 'trillado', haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre (Jatish C, et al., 2018).

A nivel mundial, el trigo es el cultivo más importante entre los cereales y cubrió aproximadamente 225 millones de hectáreas durante 2014–2015 y produjo aproximadamente 737 millones de toneladas de granos.

El trigo tiene contribución significativa a los medios de vida y la seguridad alimentaria de la población humana en escala regional, cumple aproximadamente la quinta parte del requerimiento diario de calorías y proteínas de los seres humanos (Edel y Rosell, 2007).

El trigo (*Triticum vulgare*.) es el principal de los cereales que contiene propiedades viscoelásticas de la masa fermentadas al adicionar con el agua. Las estructuras de la proteína de trigo son encargados del potencial de panificación de la harina. Las proteínas se categorizan, respectivamente por su disolubilidad; en hidrosolubles (albúminas) solubles en sal (globulinas), solubles en alcohol (prolaminas) y solubles en ácidos y álcali (glutelinas). A las prolaminas y glutelinas del trigo se conoce como gliadinas y gluteninas (Rubio A. , Macritchie, Gandikota, y Hou, 2005).

Las propiedades tecnológicas de la harina están orientadas por su composición química, la susceptibilidad de ingredientes particulares para la transformación bioquímica, así como por la interacción entre los ingredientes de la masa. La formación de la masa de trigo y la estructura del pan está determinada por las proteínas del gluten y la transformación del almidón mientras se amasa la masa. Como resultado de la hidratación de las proteínas del gluten, se forma una estructura de gluten, que le da a la masa flexibilidad, elasticidad y capacidad para retener los gases de fermentación. A su vez, la hidrólisis del almidón provoca la formación de azúcares de fermentación que generan la cantidad de gases producidos y los compuestos que forman el sabor durante la fermentación de la masa (Piechowiak, Balawejder, y Balawejder, 2018).

## 2.5 Harina de Trigo

La norma técnica ecuatoriana, NTE INEN 616, define la harina de trigo como el producto que se obtiene de la molienda de los granos de trigo. Puede o no tener aditivos alimentarios.

La harina de trigo, según lo establece la normativa ecuatoriana vigente debe cumplir los siguientes requisitos generales de calidad:

- ❖ Estar exenta de cualquier peligro físico, químico o biológico que afecte la inocuidad del producto.
- ❖ Tener un olor y sabor característico del grano de trigo molido.

**Tabla 4.** Requisitos físicos y químicos para la harina de trigo.

REQUISITO	Unidad	Pastificios	Panificación	Pastelería y galletería	Autoleudantes	Para todo uso	Integral	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad, máximo	%	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	15	NTE INEN-ISO 712
Proteína (materia seca)*, mínimo	%	10,5	10	7	7	9	11	NTE INEN-ISO 20483
Cenizas (materia seca), máximo	%	0,85	1	0,8	3,5	0,8	2,0	NTE INEN-ISO 2171
Acidez (expresado en ácido sulfúrico), máximo	%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	NTE INEN 521
Gluten húmedo, mínimo	%	28	28	20	20	25	-	NTE INEN-ISO 21415-1 o NTE INEN-ISO 21415-2
Grasa (materia seca), máximo	%	2	2	2	2	2	3	NTE INEN-ISO11085AOAC 2003.06**
Tamaño de partícula Pasa por un tamiz de 212 $\mu\text{m}$ , mínimo	%	95					-	NTE INEN 517
* Factor de conversión de nitrógeno a proteína para trigo $w_N \times 5,7$ .								
** Los métodos AOAC pueden ser utilizados para fines de control de calidad								

**Fuente:** NTE INEN 616.

## 2.6 Harinas compuestas

A las mezclas de diferentes harinas o materiales amiláceos se nombran “Harinas Compuestas”. Según la FAO, se denomina harinas compuestas a aquellas mezclas formuladas para fabricar productos farináceos, los cuales pueden o no contener harina de trigo. Alimentos obtenidos a partir de harinas compuestas, deberán contener las condiciones reológicas, mecánicas y atributos sensoriales semejantes a los tradicionales, con el fin de que los clientes no los rechacen luego de su degustación. En la actualidad, el desarrollo agroindustrial está direccionado en ofrecer, entre otros aspectos, valor agregado a los alimentos a través de la inclusión de nuevas materias primas.

El principal componente de las harinas es el almidón, el cual, a su vez, está formado por dos moléculas de amilosa y amilopectina (Prieto, et al., 2010). La amilosa está constituida por moléculas de glucosa unidas entre ellas por enlace glucosídicos  $\alpha$  (1-4) dando lugar a una cadena de estructura lineal. Por otro lado, la amilopectina forma una estructura ramificada mediante la unión de moléculas de glucosa con enlaces  $\alpha$  (1-4) y  $\alpha$  (1-6) (Mingfu, Jiugao, y Xiaofei, 2005).

Las panificadoras industriales requieren diferentes tipos de harina para elaborar, variedades de productos panificables. Al mismo tiempo, se relaciona con harinas diferenciadas de acuerdo a su resolución industrial, mencionadas particulares y mezclas, que tengan determinadas características reológicas y propiedades viscoelásticas de las masas (Horra, Seghezzeo, Molfese, y León, 2012).

La definición de la calidad de los trigos y las harinas es un fundamento preciso para asegurar la obtención del producto. La determinación físico-química y reológica de las harinas en un estudio y la elaboración de un producto panificable a partir de éstas es la base perfecta para establecer su calidad (Eliana Torres, 2007).

La levadura (*S. cerevisiae*) es un microorganismo que entra en la etapa de latencia después de su producción industrial. La misma es causada, ya sea por la desecación en el caso de la levadura seca, o por la baja temperatura de conservación en el caso de la levadura prensada. Cuando se adiciona levadura a una masa, se establece las condiciones óptimas para que salga del estado de latencia y se active. Una vez que la masa de pan este desarrollada, se deja

fermentar durante un largo tiempo, para que la levadura se multiplique utilizando como fuente de carbono a los carbohidratos de la masa.

Durante el proceso del pan están involucrados varios cambios físicos, en los que las proteínas del gluten son las principales en la formación estructural de la masa del pan, mientras que el almidón es principalmente implicado en las propiedades y estabilidad de la textura final (Alvis, Pérez, y Guillermo, 2011).

## **2.7 Pan**

A nivel mundial, el pan es considerado como el alimento básico en la dieta humana desde la antigüedad. En la región asiática, el consumo de productos a base de trigo está creciendo rápidamente, debido a los beneficios para la salud, uno de los principales compuestos es la ingesta de fibra (Bhupendra, Gautamraj, Devendra, y Snehasis, 2019).

Según la norma ecuatoriana, NTE INEN 2945, se adoptan las siguientes definiciones para el pan destinado al consumo humano:

- ❖ Producto obtenido de la fermentación y horneado de una masa básica hecha de harina de trigo, agua, levadura y sal.
- ❖ Pan común, producto a base de harina de trigo, agua, levadura, sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, azúcar u otros aditivos alimentarios.

### **2.7.1 Pan especial**

Producto a base de harina de trigo u otro tipo de harinas solas o mezcladas, agua, levadura, con o sin sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, con o sin azúcar, aditivos alimentarios y otros ingredientes alimentarios como, por ejemplo, huevos y sus derivados, leche y sus derivados, frutas, etc.

### **2.7.2 Pan integral**

Producto a base de harinas integrales de cereales, agua, levadura, sal, adicionado o no de grasas o aceites comestibles, azúcar u otros aditivos alimentarios (NTE INEN 616, 2015).

### **2.7.3 Pan funcional**

Los panes funcionales son uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial proveen un efecto beneficioso para la salud más allá de su función básica

nutricional. Estos son resultado de la incorporación o sustitución de diferentes compuestos con el fin de disminuir el riesgo de padecer enfermedades. Debido a las situaciones actuales surge el interés de buscar nuevas alternativas como ingredientes para el desarrollo de alimentos que aporten estas características (Zuleta, et al., 2012).

**Tabla 5.** Composición química (100 g en base húmeda/base seca)  $\pm$  en panes funcionales.

Muestra	Humedad AOAC 925.09b	Grasa AOAC 920.39	Cenizas AOAC 923.03	Proteínas AOAC 960.52	Fibra dietaria total AOAC 991.43	CHO disponibles por diferencia	Valor calórico Kcal
Harina de banana verde (HBV)	6,9 $\pm$ 0,11	0,80 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup> 0,86 $\pm$ 0,04	3,10 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup> 3,3 $\pm$ 0,02	3,60 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup> 3,85 $\pm$ 0,19	12,40 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup> 13,26 $\pm$ 0,17	73,1 78,2	314 335
Harina de algarroba (HÁ)	2,0 $\pm$ 0,12	4,6 $\pm$ 0,06 <sup>b</sup> 4,7 $\pm$ 0,06	3,20 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup> 3,26 $\pm$ 0,03	8,90 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup> 9,08 $\pm$ 0,13	31,00 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup> 31,62 $\pm$ 0,14	50,0 51,0	201 205
Harina de trigo* (HT)	12,7	2,60 2,99	0,36 0,41	10,20 11,73	3,30 3,79	70,6 81,2	348 400
Pan banana verde (PBV)	36,3 $\pm$ 0,18	1,60 $\pm$ 0,05 <sup>c</sup> 2,51 $\pm$ 0,05	2,30 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup> 3,61 $\pm$ 0,08	4,70 $\pm$ 0,11 <sup>c</sup> 7,69 $\pm$ 0,11	6,90 $\pm$ 0,12 <sup>c</sup> 10,83 $\pm$ 0,12	48,2 75,4	226 355
Pan algarroba (PA)	29,7 $\pm$ 0,13	3,60 $\pm$ 0,09 <sup>d</sup> 5,14 $\pm$ 0,09	2,60 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup> 3,71 $\pm$ 0,07	5,20 $\pm$ 0,09 <sup>d</sup> 7,99 $\pm$ 0,09	10,20 $\pm$ 0,16 <sup>d</sup> 14,57 $\pm$ 0,16	48,6 68,9	248 354
Pan blanco* (PB)	29,8	0,7 1,0	1,4 2,0	8,4 12,0	2,8 4,0	57,0 81,4	268 382

Letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa con  $p < 0,05$ .  
\* Referencia 23.

**Fuente:** (Zuleta, et al., 2012).

## 2.8 Grasas

Se las denomina grasas o aceites según si son sólidas o líquidas a temperatura ambiente. Son la fuente principal de la alimentación, aportan 9 cal/g, más del doble de los Hidratos de Carbono o de las proteínas.

Las vitaminas liposolubles y ácidos grasos han sido esenciales para las membranas celulares y para la producción de eicosanoides, sustancias que intervienen como hormonas y en la coagulación de la respuesta inmune.

**Tabla 6.** Ingesta de consumo diario de grasas según (SENC, 2011; FAO/WHO, 2008; EFSA, 2009).

<b>Rango aceptable de distribución de macronutrientes:</b>	
Proteínas	10 – 15 % VCT
Grasa total	< 30% o < 35% VCT (si se consumen aceites monoinsaturados en alta proporción (aceite de oliva))
AGS	< 7-8% VCT
AGP	5% VCT
AGM	20% (La diferencia)
Hidratos de carbono	50 – 60% VCT, principalmente complejos de bajo índice glucémico
<b>Calidad de la grasa:</b>	
AGP/AGS	≥ 0,5
(AGP+AGM)/AGS	≥ 2
n-3 AGP Ácido α-Linolénico	2 g/día // 0,5-1% VCT
n-6 AGP Ácido Linoleico	10 g/día // 2,5-9% VCT
EPA + DHA	250 mg/día
Relación n-6/n-3	4/1 - 5/1
Colesterol	< 300 mg/día // < 100 mg/1.000 kcal (en dietas de unas 2.500 kcal)
Ácidos grasos <i>trans</i>	< 1% VCT // < 3 g/día

**Fuente:** Manual de Nutrición y Dietética.

### 2.8.1 Ácidos grasos

Las grasas que están presentes en los alimentos es una mezcla de diferentes ácidos grasos y el efecto sobre en el organismo. Los ácidos grasos son los componentes primordiales de las grasas, cadenas rectas de hidrocarburo que termina en un grupo carboxilo en un extremo y en un grupo metilo en el otro extremo.

Los ácidos grasos se clasifican por el número de carbonos, la posición del primer doble enlace y por el número de dobles enlaces en:

- ❖ Ácidos grasos saturados (AGS)
- ❖ Ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)
- ❖ Ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)
- ❖ Ácidos grasos *trans* (AGT)

La ubicación del primer doble enlace, a partir del extremo metilo del ácido graso se designa por el número Omega.

### **2.8.2 Ácidos grasos saturados**

Los Ácidos grasos saturados (AGS) contienen el número máximo de carbonos en la cadena. Altura de saturación determina el espesor de la grasa a temperatura ambiente.

Alimentos fuente: La grasa láctea, el aceite de coco y de palma, la manteca, las grasas de la carne vacuna, de cordero, cerdo y piel de pollo.

### **2.8.3 Ácidos grasos insaturados**

Los ácidos grasos insaturados tienen doble enlace en los que los átomos de hidrógeno adyacente se unen por lados contrarios de la cadena carbonada. Los más frecuentes son los monoinsaturados, pero también pueden encontrarse isómeros diinsaturados. El aumento en el uso de grasas hidrogenadas en la industria alimentaria ha estimulado un aumento de la ingesta de ácidos grasos trans, lo que ha despertado el interés de los investigadores respecto a los aspectos nutricionales y metabólicos de estas grasas en el cual reducen el riesgo de padecer el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Griguol y Vicario, 2007).

Los alimentos funcionales son aquéllos que contiene un efecto beneficioso para la salud más allá de su función nutricional. Los panes funcionales representan una alternativa importante, por la fibra dietética, estos carbohidratos están asociados con la finalidad de prevenir alteraciones crónicas (Zuleta, et al., 2012).

Los principales ácidos grasos insaturados son:

- Los ácidos grasos poliinsaturados w-3
- Los ácidos grasos poliinsaturados w-6
- Los ácidos grasos monoinsaturados w-9

**2.8.4 Ácidos grasos poliinsaturados:** Son fundamentales debido a las enzimas necesarias para su síntesis. Existen dos familias: Los ácidos grasos w-6; linoleico y araquidónico, los ácidos grasos w-3; alfa-linolénico, EPA, y DHA.

Alimentos fuente de ácidos grasos w-6: Semillas, granos, y aceites vegetales. Las carnes y derivados aportan pequeñas cantidades de ácido araquidónico.

- ❖ **Alimentos fuente de ácidos grasos w-3 (alfa linolénico):** Están presentes en la soja, frutas secas y semillas de chía.
- ❖ **Alimentos fuente de ácidos grasos w-3 (EPA y DHA):** se encuentran en pescados y mariscos. Los pescados azules como el Salmón, Atún, Caballa y las sardinas aportan un alto contenido de Ácidos Grasos w-3, por lo que deben ser consumidos en la alimentación diaria.

**2.8.5 Ácidos grasos monoinsaturados:** Contienen un doble enlace, el ácido oleico es el principal representante.

## 2.9 Cromatografía de gases

Uno de los métodos más utilizados para determinación cualitativa de ácidos grasos saturados e insaturados, es la cromatografía de gases. Se pueden determinar las propiedades fisicoquímicas de los sólidos y algunos líquidos, mediante el uso de formas de pico y sus parámetros de retención. La fuerza de interacción de la sustancia se puede determinar con el uso de la sustancia de prueba adecuada. Los valores de energía de adsorción libre se pueden calcular con los métodos de Dorris– Gris, Schultz y polarización.

La cromatografía de gases inversa permite probar las propiedades ácido-básicas de los sólidos. Las isothermas de adsorción se pueden determinar con el perfil de pico o el método de división de pico (Settakorn Upasen y Piyachat Wattanachai, 2018).

- Detectores
- De ionización de llama (FID)
- De conductividad térmica (TCD)
- Termoiónico (TID)
- Captura de electrones (ECD)
- Emisión atómica (AED)

La cromatografía de gases, la muestra se inyecta en la fase móvil, el cual es un gas inerte. En esta fase, los componentes de diferentes muestras pasan a la fase estacionaria que se encuentra fijada en una columna. La columna se encuentra dentro de un horno con programación de temperatura. La velocidad de migración

de cada componente será función de su distribución entre la fase móvil y la fase estacionaria (Settakorn Upasen y Piyachat Wattanachai, 2018).

Cada soluto presente en cada muestra tiene diferente afinidad hacia la fase estacionaria, el cual permite la separación: los componentes fuertes retenidos por esta fase se mueven lentamente en la fase móvil, mientras que los débiles retenidos lo hacen rápidamente (Settakorn Upasen y Piyachat Wattanachai, 2018).

En resumen, una mezcla de compuestos inyectada en el cromatógrafo de gases se separa en la columna cromatografía obteniendo la elución sucesiva de los componentes individuales aislados que pasan inmediatamente al espectrómetro de masas. Cada uno de estos componentes se registra en forma de pico cromatográfico y se identifica mediante su respectivo espectro de masas. En este proceso, el espectrómetro de masas, además de proporcionar los espectros, actúa como detector cromatográfico al registrar la corriente iónica total generada en la fuente iónica, cuya representación gráfica constituye el cromatograma o "TIC" (total ion current). En efecto, la corriente iónica generada por todos los iones da lugar a un pico gaussiano de área proporcional a la concentración del compuesto detectado (Gutierrez y Droguet, 2002).

## **2.10 Texturometría**

El estudio de la textura empezó a mediados del siglo XIX y principios del XX donde varios científicos fueron capaces de desarrollar instrumentos simples para los alimentos. La textura es la percepción sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos detectados a través de los sentidos de la visión, la audición, el tacto y la cinética-tética.

Las características texturales pueden ser percibidas por los dedos o los receptores bucales. Entre las características dadas por los dedos están: firmeza, suavidad y entre las captadas por los receptores bucales están: masticabilidad, fibrosidad, grumosidad, harinosidad, adhesividad, grasosidad. Existen además características texturales que pueden ser captadas por la vista y cuyo conjunto se denomina apariencia textural, dependiendo ésta del tamaño, forma y orientación de las partículas (Scanlon y Zghal, 2001).

**Fuerza:** Es la resistencia que ejerce el producto a la energía que se le aplica durante el ensayo. En el sistema internacional de unidades, la unidad de medida es el newton, aunque se utiliza unidades del sistema técnico: kilogramo fuerza (o kilopondio) y el gramo fuerza.

**Distancia:** Es la deformación realizada por la muestra durante la aplicación de energía y se mide en milímetros.

**Tiempo:** Existen otras magnitudes de medidas, pero normalmente es medido en segundos (Scanlon y Zghal, 2001).

**Tabla 7.** Parámetros de textura en un pan.

<b>Propiedades</b>	<b>Descripción</b>
<b>Granulosidad</b>	Confiere textura granulosa a algunos productos mediante el recubrimiento con grasa de las partículas de harina para evitar que absorban agua.
<b>Firmeza</b>	La firmeza (gf) se refiere a que tan firme está un producto cuando se comprime ligeramente. Es decir, a la fuerza que se necesita para obtener una deformación dada.
<b>Suavidad</b>	En concentraciones de 3 % a 8% de materia grasa por base del producto, se obtiene suavidad en las masas, se mejora la plasticidad de la masa y la integración de los ingredientes y se retarda el endurecimiento.
<b>Plasticidad</b>	Las grasas sólidas no se derriten de manera inmediata, pero se ablandan cuando son sometidas a determinadas temperaturas. Las grasas se pueden procesar para modificar los ácidos grasos y alterar su punto de fusión. Esta tecnología se ha utilizado para producir pastas y quesos para untar.

---

**Fuente:** (Cabezas, Hernández, y Vargas, 2016).

La textura de la miga del pan se clasifica en una escala que comprende los siguientes límites superior e inferior: suave y elástica, áspera y rígida. Con relación a la estructura, se evidencia que la miga presente alvéolos homogéneos pequeños y de paredes finas.

### **2.11 Vida útil**

Se define vida de anaquel al lapso del tiempo que dura un producto a partir de la fecha de elaboración, tiempo en el cual el alimento se encuentra apto para el consumo humano manteniendo sus propiedades sensoriales. La vida en anaquel es establecida para todos los alimentos, al agregar nuevos compuestos el diseño de nuevos productos puede influir y variar la vida de anaquel del producto. Para determinar la vida útil del pan funcional se utilizó es el programa software estadístico Minitab.

La vida útil del pan y la pérdida de frescura de la miga está fundamentalmente asociada con la evolución de dos parámetros asociados a la textura: el aumento de firmeza y pérdida de elasticidad. La textura de la miga del pan está relacionada con la cantidad de agua añadida a la masa, pero los factores determinantes son la cantidad y la calidad de la proteína. En general, el pan es un producto que se deteriora rápido ya que presenta cambios en el sabor, pérdida de humedad de la miga y endurecimiento. Los microorganismos crecen en el pan, presentando otro factor de deterioro en la vida útil de este producto. Las alteraciones microbiológicas causadas por mohos y bacterias, tienen una menor persistencia provocadas por levaduras. Debido a su particularidad, el pan es susceptible a la germinación de mohos. Una vez salido el pan del horno, el riesgo se aumenta debe estar en condiciones estrictamente asépticas. Su crecimiento depende de la temperatura, la concentración de oxígeno (son aerobios estrictos) en el empaque y la contaminación del pan previa al empaquetado. El principal inconveniente con las bacterias tiene resistencia en sobrevivir durante el horneado, las esporas llegan a desarrollar durante el almacenamiento si no están en las condiciones adecuadas. El deterioro que causan las bacterias en el pan se conoce como "hilado". El hilado, comienza con el desarrollo de un desagradable olor dulce afrutado, seguido por una degradación enzimática de la miga debido a la producción de amilasas y

proteasas, la cual se convierte en suave y pegajosa con cambios en el color. Para evitar el endurecimiento del pan y mantener en buenas condiciones se debe almacenar en un lugar fresco a una temperatura 29°C. Uno de los principales problemas es la pérdida de humedad de la miga (endurecimiento), ablandamiento de la corteza y cambio de sabor dichos fenómenos son conocidos como envejecimiento causado por la retrogradación del almidón.

Debido a las características físico químicas los hongos mohos y levaduras son causantes del deterioro del pan, los microorganismos que comúnmente deterioran el pan son: *Penicillium spp.* y *aspergillus spp* (Jimenez y Salgado, 2012).

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Ubicación del experimento

La investigación fue desarrollada en la Universidad Técnica de Machala, en el laboratorio de investigación de Ingeniería en Alimentos.

##### 3.1.2 Muestras y sustancias

- Larva Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.)
- Harina de trigo (*Triticum Vulgare*)
- Harina de trigo integral (*Triticum aestivum*.)
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Sal
- Azúcar
- Mantequilla
- Agua potable

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1 Diseño estadístico

Se realizó un diseño experimental tomado como factor la formulación del pan (T1, T2, T3) con tres niveles de sustitución (5, 10 y 15) aparejadas a un estándar (T0) elaborado sin inclusión de la biomasa del Chontacuro. Las mezclas fueron determinadas, a través del programa D-optimal DX6. Las variables de respuesta fueron: Contenido de ácidos grasos insaturados (%) y Textura (gf). Se realizó la prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 5 % ( $p \leq 0,05$ ) mediante el programa Minitab 18® y a través del paquete de software estadístico STATGRAPHICS plusversión 5.1, utilizando el análisis de la varianza (ANOVA un factor) a un nivel de confianza del 95 %, con el fin de determinar si existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos.

**Tabla 8.** Corridas experimentales de mezclas de harina refinada e integral de trigo - Biomasa de larva Chontacuro.

Nº Tratamiento	Harina refinada (%)	Harina integral (%)	Biomasa Chontacuro (%)
<b>T0</b>	40	60	.....
<b>T1</b>	40	55	5
<b>T2</b>	30	60	10
<b>T3</b>	25	65	15

*Fuente:* Las autoras

### 3.2.2 Cromatografía de gases para la determinación del perfil lipídico

Para la determinación de grasas se utilizó un método de extracción por reactivos de derivatización. Las condiciones que variaron en dos niveles fueron: reactivo de derivatización, solvente, tiempo de reacción y cantidad de muestra. En la derivatización se utilizaron volúmenes de 250 y 500 µL de metóxido de Sodio 0,5 M (Sigma Aldrich); mientras que para el método de trifluoruro de boro (Sigma Aldrich) se utilizó 700 µL. Además, el tiempo de reacción fue de 45 minutos para metóxido de sodio y de 15 minutos para trifluoruro de boro.

**Tabla 9.** Métodos de los ensayos físico químico.

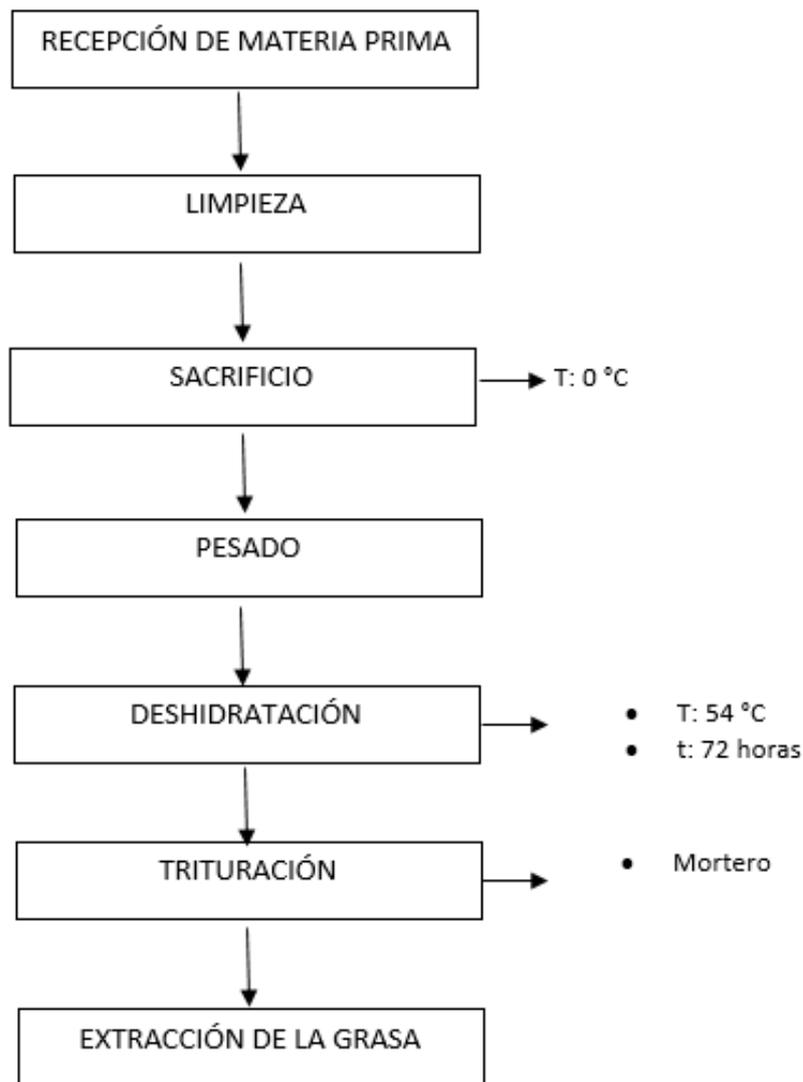
ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS	MÉTODO
Grasa total	M. INTERNO (AOAC 920.39)
Ácidos Grasos Saturados	CG-M.I
Ácidos Grasos Monoinsaturados	CG-M.I
Ácidos Grasos Polinsaturados	CG-M.I
Grasa trans	CG-M.I

*Fuente:* Las autoras

**Tabla 10.** Operacionalización de las variables.

VARIABLE	MARCO CONCEPTUAL	MARCO OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDAD	RANGO
<b>Contenido de ácidos grasos insaturados</b>	Los ácidos grasos insaturados tienen doble enlace en los que los átomos de hidrógeno adyacente se unen por lados contrarios de la cadena carbonada (Zuleta, et al., 2012).	Método Cromatografía de gases. De ionización de llama (FID), De conductividad térmica (TCD), termoiónico (TID), Captura de electrones (ECD) Emisión atómica (AED).	Ácidos grasos insaturados en pan funcional. Separación de los compuestos de acuerdo a la afinidad por la columna.	Se mide en porcentaje los ácidos grasos insaturados (%).	El contenido de ácidos grasos insaturados entre el 2,9 % - 18 % en productos funcionales.
<b>Textura</b>	Es la fuerza que ejerce el producto a la energía (Scanlon y Zghal, 2001).	Granulosidad, friabilidad, suavidad y plasticidad del pan. Medido con un Texturómetro.	Módulo de Young que se caracteriza por medio del comportamiento de una masa elástica, según la dirección en la que se aplica una fuerza.	La unidad del sistema técnico es (kg/f).	La textura de la miga del pan se clasifica en una escala que comprende los siguientes límites superior e inferior: suave y elástica, áspera y rígida. Con respecto a la estructura.

## Diagrama de flujo para la obtención de biomasa de Chontacuro



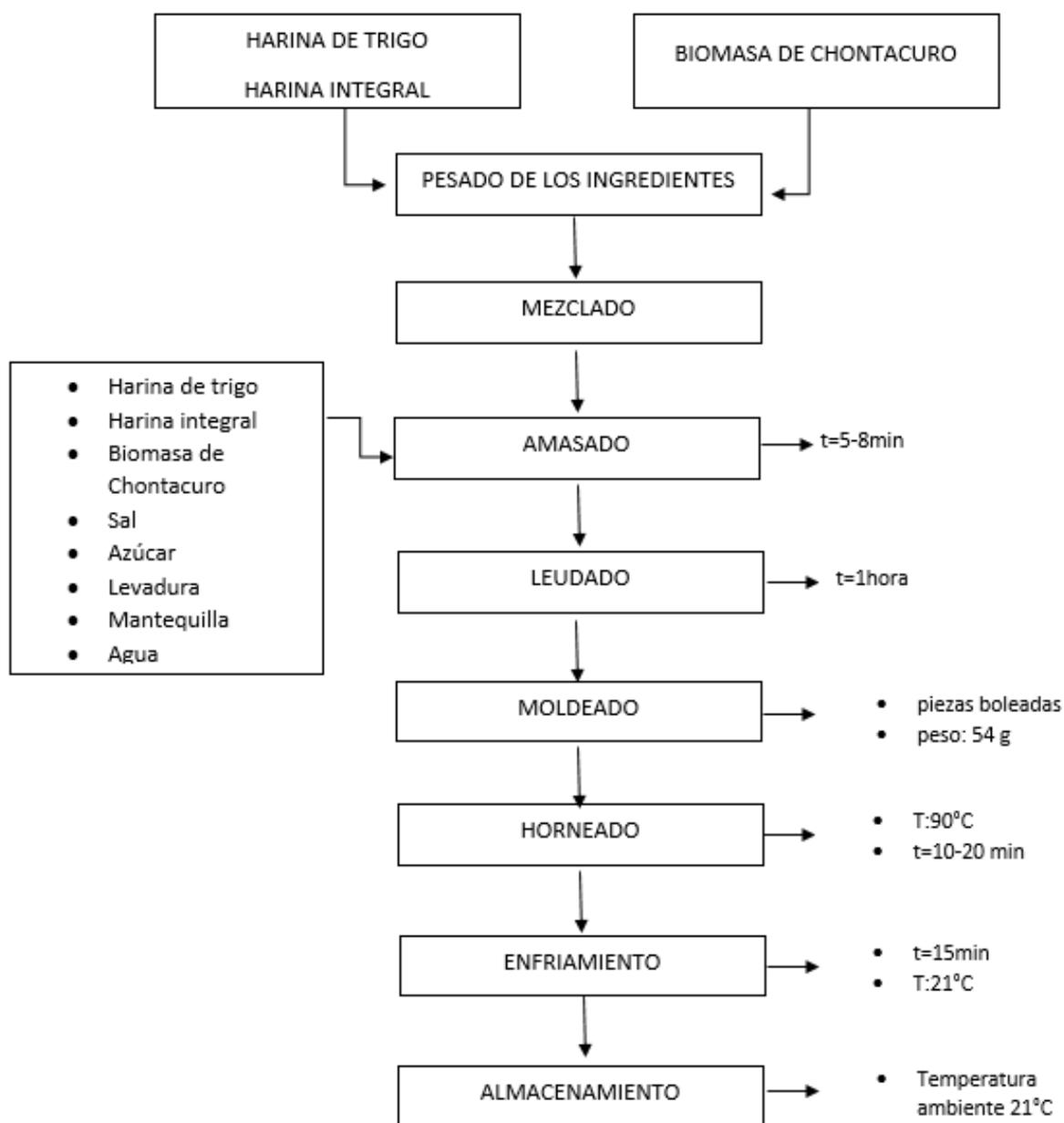
**Figuras 2:** Diagrama de flujo para la obtención de biomasa de Chontacuro.

**Fuente:** Las autoras

### Obtención de la larva Chontacuro

Para la recolección del Chontacuro, se espera un tiempo de 1 a 2 meses aproximadamente, en el cual la larva se alimenta de la palma, luego se recogieron los insectos y se procedió a sacrificarlos con agua helada a una temperatura 0 °C. Se lavó con agua potable la piel de la larva y se eliminó los intestinos, se cortaron en pedazos, para luego ser secado en una estufa, a 54°C por 72 horas. Una vez deshidratado, se procedió a triturarlos y así obtener la biomasa del Chontacuro.

## Diagrama de flujo para la elaboración de panes funcionales



**Figuras 3:** Diagrama de flujo para la elaboración de panes funcionales.

**Fuente:** Las autoras

### Descripción del proceso

Los materiales que se utilizaron fueron: bol de acero inoxidable, mesas de acero, rodillo, balanza, batidora eléctrica, amasadora industrial, molde de acero inoxidable, horno de convección forzada, levadura (*S. Cerevisae*), sal, harina de trigo, Biomasa de Chontacuro, azúcar blanca, mantequilla, agua, huevos.

Para la elaboración del pan común se usaron las siguientes formulaciones 1500 g HT, 900 g agua, 60 g de levadura fresca, 30 g de sal; para el pan especial que sirvió como pan patrón fue 568 g de harina de trigo, 28 g de levadura, 340,5 g de azúcar, 115 g de manteca industrial, 500 g de agua, y se utilizó para el pan patrón integral 600 g agua, 500 g Harina trigo, 70 g de mantequilla, 80 g de azúcar, 20 g de levadura, 15 g de sal, 100 g de masa madre, 500 g de Harina integral y con una sustitución al 10 % de Chontacuro, se necesitó, 400 g de harina trigo, 450 g de harina integral, 80 g azúcar, 15 g sal, 100 g masa madre, 20 g levadura, 600 g agua, 70 g mantequilla, 100 g Chontacuro. Para la Fabricación del pan se estableció el método sencillo de proceso. Se utilizó amansadora industrial, determinado las características propias de la masa, el método fue directo, se mezcló todos los ingredientes a la vez. El amasado duró en un tiempo aproximado de 5 a 8 minutos, tras el amasado se midió la temperatura de la masa. La masa obtenida se deja fermentar para que dé a la formación de CO<sub>2</sub>, una vez retenido por la masa ésta se esponje, y mejore el sabor del pan como consecuencia de las transformaciones que sufren los componentes de la harina en un tiempo de 30 minutos, sobre bandejas del horno engrasada.

Las piezas fueron boleadas manualmente, 54 gramos cada pieza de la masa, para luego llevarla a los moldes de acero inoxidable, dejándolo fermentar por unas horas hasta que la masa alcance la tercera parte del molde. Se procedió a la fermentación durante 180 minutos a 30 °C, la cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde 190 °C a 270 °C, entre 10 a 20 minutos.

### **3.3. Vida útil del pan funcional a través de la aplicación de la deshidratación de *Arrhenius*.**

Para establecer la vida útil del pan funcional con inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro se aplicó el método de deshidratación de *Arrhenius*. Se midió el parámetro peso, por un tiempo de 10 días a tres diferentes temperaturas (10, 21 y 28 °C), las condiciones ambientales del lugar de la investigación fueron: altitud de 4 m s. n. m., con una humedad relativa alrededor del 85 %.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Caracterización fisicoquímica

Un pan integral, provee nutrientes a la alimentación como un factor dietético preventivo para el desarrollo de enfermedades (Elichalt, et al., 2017).

Según la normativa Ecuatoriana INEN 616 el contenido de fibra dietética en panes integrales tiene un rango de 3,30 a 3,79 %.

Los resultados del perfil lipídico, encontrados en los panes funcionales con adición de biomasa de la larva del Chontacuro se muestran en la tabla 12.

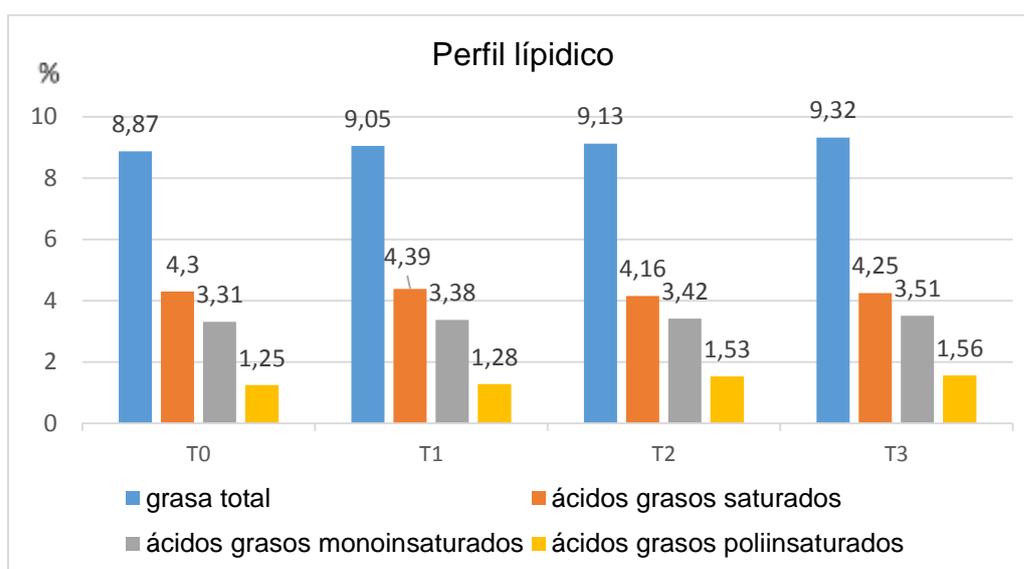
**Tabla 11.** Resultados del perfil lipídico del pan funcional con inclusión de biomasa del Chontacuro.

Análisis	Tratamientos			
	T0 (%)	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)
Grasa Total	8,87 <sup>a</sup> ±( 0,06)	9,05 <sup>b</sup> ±( 0,06)	9,13 <sup>c</sup> ±( 0,04)	9,32 <sup>d</sup> ±( 0,03)
Ácidos Grasos Saturados	4,30 <sup>a</sup> ±( 0,04)	4,39 <sup>b</sup> ±(0,08)	4,16 <sup>a</sup> ±(0,03)	4,25 <sup>a</sup> ±(0,07)
Ácidos Grasos Monoinsaturados	3,31 <sup>a</sup> ±( 0,11)	3,38 <sup>a</sup> ±( 0,41)	3,42 <sup>a</sup> ±( 0,28)	3,51 <sup>a</sup> ±(0,21)
Ácidos Grasos Polinsaturados	1,25 <sup>a</sup> ±( 0,08)	1,28 <sup>a</sup> ±( 0,07 )	1,53 <sup>a</sup> ±( 0,13)	1,56 <sup>a</sup> ±( 0,30)
Grasa trans	0,00	0,00	0,00	0,00

Resultados promedio n=3. ± Desviación estándar. Supra índices diferentes en una misma fila indican diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ).

El contenido de grasa insaturada total, en el pan funcional con inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro, muestra valores cercanos al pan integral que, según SENC, (2011); FAO/WHO, (2008); EFSA, (2009) ésta no deberá ser mayor del 30 al 35 % de la grasa total ingerida por día en una dieta balanceada. La grasa total aumentó significativamente ( $p \leq 0,05$ ) en los distintos tratamientos con la adición de biomasa de la larva del Chontacuro. En el tratamiento control T0, se obtuvo un porcentaje de 4,30 de ácidos grasos saturados, a medida que se aumenta el porcentaje de inclusión de la biomasa del Chontacuro, este tipo de grasa disminuye levemente hasta el T3 con el 4,25 % (Tabla 12).

### 4.1.1 Comportamiento del perfil lipídico del pan funcional



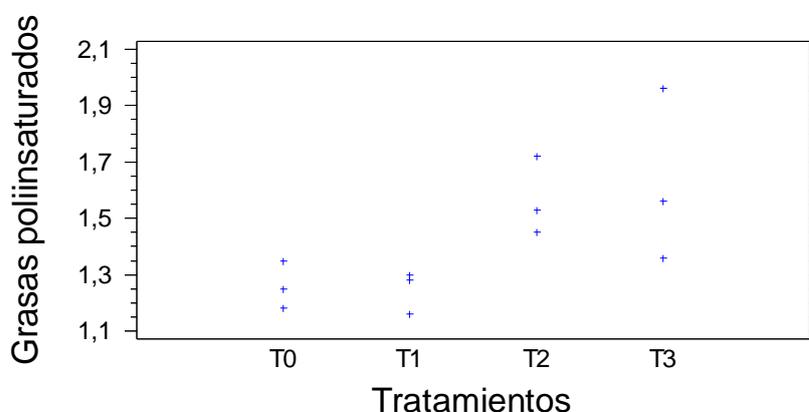
**Figuras 4:** Comportamiento del perfil lipídico del pan funcional.

**Fuente:** Las autoras

El consumo de altas cantidades de grasas saturadas y grasas trans elevan los niveles de lipoproteína de baja densidad LDL, reducen los niveles de lipoproteína de alta densidad HDL, aumentan los niveles de triglicéridos sanguíneos y reduce el tamaño de las partículas del LDL, además, tienen un gran impacto en las enfermedades cardiovasculares (Elichalt, et al., 2017). Los ácidos grasos Monoinsaturados y Polinsaturados aumentan, a medida que se adiciona biomasa de la larva del Chontacuro hasta el T3, pero no de manera significativa ( $p \geq 0,05$ ).

Según los resultados estadísticos del Análisis de Varianza (ANOVA) aplicada a la media de los ácidos grasos poliinsaturados de los diferentes tratamientos, se aceptó las hipótesis nula, es decir que, la inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) no afecta el nivel de ácidos grasos poliinsaturados en panes funcionales. La prueba de hipótesis nos dio un p -valor mayor a 0,05 ( $p \geq 0,05$ ).

#### 4.1.2 Ácidos grasos poliinsaturados



**Figuras 5:** Tratamientos VS Grasas Poliinsaturados.

**Fuente:** Las autoras

En la gráfica de ácidos grasos poliinsaturados se indica los intervalos de cada media. La prueba de comparación múltiple de medias Pos Hoc utilizada, fue la de Tukey, con un nivel de significancia del 5 %.

#### 4.2 Análisis de textura

Se efectuó pruebas de texturometría con el equipo TVT 6700 de Perten, empleando el perfil 01-02.01 AIB White Pan Bread Firmness, mediante el cual se realizaron ensayos de determinación de firmeza de la miga de pan por compresión de ciclo simple.

Las muestras se colocaron en el plato base, sobre el cual se ejerció una fuerza mediante una sonda. Esta fuerza máxima requerida para medir la firmeza de la miga es cuantificada por el equipo.

**Tabla 12.** Resultados del perfil lipídico del pan funcional con inclusión de biomasa del Chontacuro.

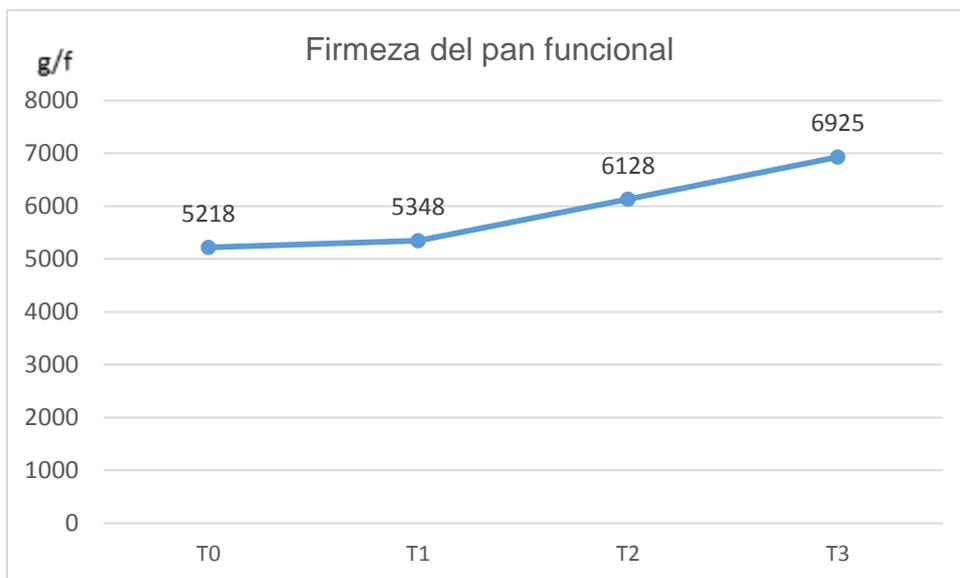
Tratamientos	Textura	Peso
T0	5218 <sup>a</sup> ±(312,2)	19,6 <sup>a</sup> ±(2,150)
T1	5348 <sup>b</sup> ±(316,8)	12,7 <sup>b</sup> ±(2,606)
T2	6128 <sup>c</sup> ±(298,2)	14,9 <sup>b</sup> ±(2,259)
T3	6925 <sup>d</sup> ±(7192,7)	22,5 <sup>b</sup> ±(2,346)

Resultados promedio n=3 ± Desviación estándar. Supra índices diferentes en una misma columna indican diferencia significativa (p≤0,05).

El ANOVA indicó que existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) de la textura, entre la media de los tratamientos estudiados. La inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro, presentó una firmeza que va entre 5.348 y 6.925 gf; los valores se alejan a los presentados por Vera, et al., (2016) en la evaluación de las propiedades elásticas y mecánicas de una masa de pan con sustitución de harina de camote (*Ipomoea Batatas*), quienes establecieron que panes elaborados con harinas de éste tubérculo presentan una dureza que va entre 1.613,3 a 1.889,1 gf, la diferencia se debe a que la biomasa de la larva del Chontacuro presenta valores de proteína mayores a la harina de Camote y, esta composición, afecta a la textura de este derivado farináceo. Así mismo, el valor obtenido de textura en el pan funcional, es mayor a la textura de los panes tradicionales 1.121 gf, que utilizan exclusivamente harina de trigo en su formulación (Vera, et al., 2016).

De acuerdo al ANOVA de textura, se rechaza la hipótesis nula y se acepta hipótesis alternativa, es decir que, la inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum L.*) afecta la textura en el pan funcional. La prueba de hipótesis nos dio un p-valor menor a 0,05 ( $p \leq 0,05$ ), además, se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias Pos Hoc de Tukey, con un nivel de significancia del 5 %, y se pudo demostrar que, al aumentar la biomasa de la larva del Chontacuro, en la elaboración del pan funcional, se incrementa la firmeza.

#### 4.2.1 Comportamiento de la textura de los diferentes tratamientos



**Figuras 6:** Comportamiento de la textura de los diferentes tratamientos.

**Fuente:** Las autoras

Se midió la firmeza en la miga del pan funcional después de siete días, máximo tiempo de vida útil. Se pudo observar que el pan presentó firmeza en la corteza durante todo este tiempo. El ANOVA de un factor indicó que, la textura del pan funcional presento diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) a medida que se aumenta la inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro.

**Tabla 13.** Resultados de la vida útil del pan funcional a través de la aplicación de la deshidratación de *Arrhenius*.

Días	T1 (10 °C)	T2 (21 °C)	T3 (28 °C)
0	55	55	55
1	54	53	54
2	53	52	53
3	52	51	51
4	50	50	50
5	49	49	48
6	48	48	47
7	47	47	46
8	46	46	45
9	45	44	43
10	43	42	41
A	55,136	54,682	55,318
B=K	1,172	1,172	1,372
R	0,994	0,984	0,993

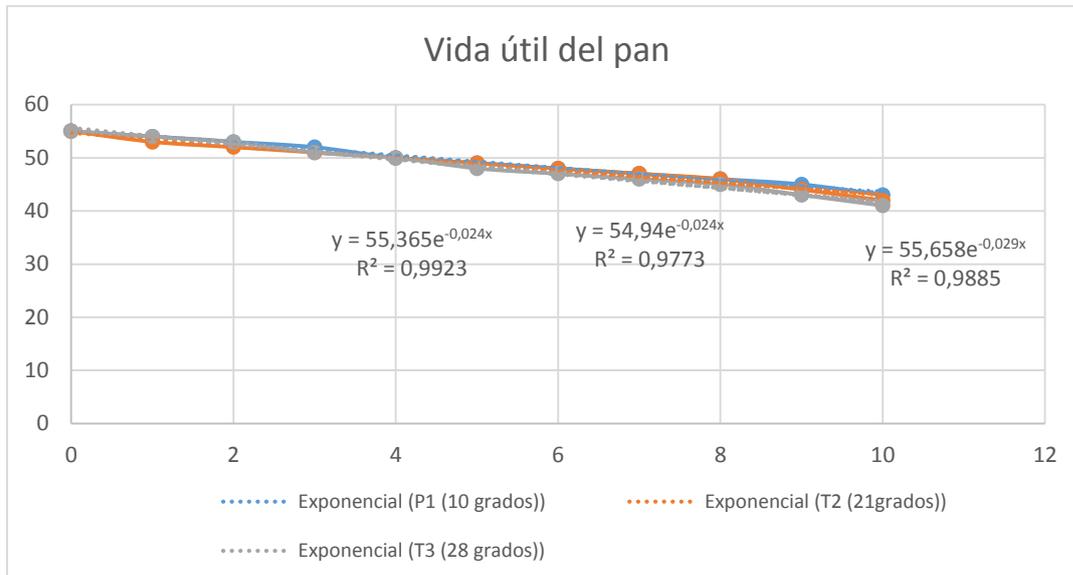
$$Ci = Ai * e^{-kt}$$

La ecuación es exponencial por tener mayor R

Días	PESO (30 °C)
0	55,045
1	54,385
2	53,725
3	53,065
4	52,405
5	51,745
6	51,085
7	50,425
8	49,765
9	49,105
10	48,445

**Fuente:** Las autoras

### 4.3 Determinación de la tendencia de deterioro del pan funcional

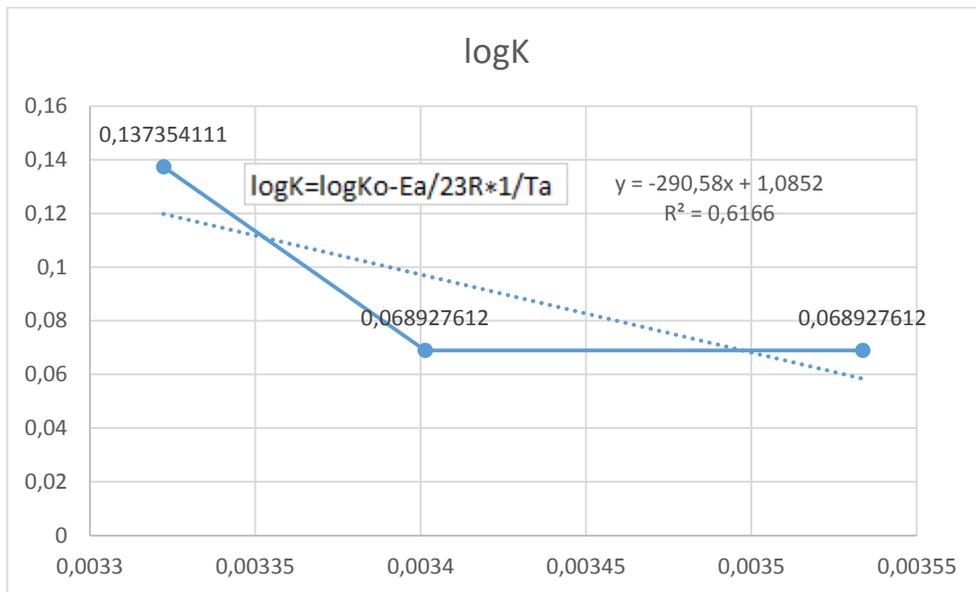


**Figuras 7:** Determinación de la tendencia de deterioro del pan funcional.

**Fuente:** Las autoras

El modelo de *Arrhenius* describe la relación de la constante de velocidad de reacción con la temperatura, al utilizar logaritmos a los dos lados, se logra la ecuación de una línea recta con pendiente  $Ea/R$ , y se despeja el término  $Ea$  para alcanzar el valor de la energía de activación:  $k$  constante de velocidad de reacción,  $A$  factor de frecuencia,  $Ea$  energía de activación,  $R$  constante de los gases ideales,  $T$  temperatura absoluta (K) (García, Chacón, y Córdoba, 2011).

### 4.3.1 Logaritmo de la vida útil del pan funcional con inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro



**Figuras 8:** Logaritmo de la vida útil del pan funcional.

**Fuente:** Las autoras

Los panes funcionales fueron almacenados a diferentes temperaturas 10°C, 21°C, 28°C por 10 Días. Para establecer el tiempo de vida útil del pan funcional en la ciudad de Machala, se ajustó el modelo matemático encontrado a una temperatura de 30 °C, temperatura en época de invierno. El color y el aroma no sufrió cambios durante los cinco primeros días, sin embargo, el sabor y la textura tuvieron un gran descenso alcanzado el día 7, concluyéndose de que, éste el tiempo de vida útil del pan.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIÓN

- La inclusión de biomasa de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum* L.) no afecta significativamente ( $p \geq 0,05$ ) el nivel de ácidos grasos poliinsaturados en panes funcionales.
- Se demostró que, al aumentar la biomasa de la larva del Chontacuro, en la elaboración de panes funcionales, la textura se ve afectada significativamente ( $p \leq 0,05$ ).
- El contenido de grasas mono y poliinsaturados en el pan funcional, alcanzó el 5,07 % valor muy aceptable, contribuyendo a lo que sugiere la FAO (2008); EFSA (2009) sobre el consumo de grasas insaturadas por día, en reemplazo de las saturadas.
- La estimación de la vida útil del pan funcional es de 7 días a temperatura de almacenamiento de 30 °C, a partir de estas coordenadas, su textura se ve afectada.

## RECOMENDACIÓN

- Realizar investigaciones de usos de la larva del Chontacuro (*Rhynchophorus palmarum L.*) y aprovechar los beneficios que pueden proporcionar a la salud de las personas.
- Continuar con la investigación de esta materia prima, que puede ser utilizada como suplemento nutricional, debido a su alto valor de proteico y de grasas insaturadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvis, A., Pérez, L., & Guillermo, A. (27 de Febrero de 2011). Elaboración de Panes con Agregado de Harina de Arroz Integral y Modelación de sus Atributos Sensoriales a Través de la Metodología de Superficie de Respuesta Elaboration Bread with Added Rice Flour and Modeling of Sensory Attributes Through Response Surfa. *Información Tecnológica*, 22, 29-38.
- Bhupendra, G., Gautamraj, D., Devendra, G., & Snehasis, C. (2019). Functional whole wheat breads: Compelling internal architecture. *LWT - Food Science and Technology*, 8-29.
- Cabezas, C., Hernández, B., & Vargas, M. (2016). Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. *Revista Facultad de Medicina*(4), 761.
- Cartay. (2018). El consumo de insectos en la cuenca amazónica. Entre el asombro y el asco: El consumo de insectos en la cuenca amazónica. *Revista colombiana de antropología*, 54, 143-169.
- Edel, A., & Rosell, C. (2007). Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. (H. Baéz, Ed.) *Revista de ciencia y tecnología*, 480.
- Eliana Torres, E. P. (2007). Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo, yuca y queso llanero. *Revista chilena de nutrición*, 133-141.
- Elichalt, M., Russo, M., Vázquez, D., & Suburú, G. (2017). Lípidos, sodio y fibra dietética en harina de trigo y pan artesanal en Uruguay: aporte nutricional según recomendaciones para distintos grupos de población. *Revista Chilena*, 44, 71.
- García, C., Chacón, G., & Córdoba, M. (2011). Evaluación de una vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperaturas. *ISSN*;, 31-38.
- Griguol, V., y Vicario, I. M. (2007). Revisión de los niveles de ácidos grasos trans encontrados en distintos tipos de alimentos. *Nutricion y Bromatología*, 58, 87-98.
- Gutiérrez, G. (Enero-junio de 2005). Los insectos : Una materia prima alimenticia promisorio contra la hambruna. *Lasallista de investigación*, 2, 33-37.
- Gutierrez, M., & Droguet, M. (2002). LA Cromatografía de gases y la espectrometría de masas. *Boletín Intexter (U.P.C.)*(122), 6
- Horra, A., Seghezzo, M. L., Molfese, E., & León, P. D. (2012). Indicadores de calidad de las harinas de trigo : índice de calidad industrial y su relación con ensayos predictivos. *Agriscientia*, 29, 81-89.
- Jatish C, B., Manirruzaman, M., M Muinnuddin, M., M M, R., & Naveen, k. (2018). Agriculture , Ecosystems and Environment Optimizing sowing window for

wheat cultivation in Bangladesh using CERES-wheat crop simulation model. *Agriculture, Ecosystems*, 258, 23-29.

Jimenez, M., & Salgado, A. (2012). Métodos de control de crecimiento microbiano en el pan. *Departamento de Ingeniería Ambiental*, 160-172.

Martins, Z. E., Pinho, O., y Ferreira, I. M. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 106-128.

Mingfu, H., Jiugao, Y., & Xiaofei, M. (17 de Mayo de 2005). Ethanolamine as a novel plasticiser for thermoplastic starch. *Polymer Degradation and Stability*, 90, 501-507.

NTE INEN 616. (2015). Harina de Trigo. Requisitos. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 6-11.

Perez, D., y Iannacone, J. (2008). ciclo biológico , comportamiento y censo del picudo del camu camu , *Conotrachelus dubiae* O ' Brien 1995 ( Coleoptera : Curculionidae ). *Acta Amazónica*, 38(1), 145-152.

Piechowiak, T., Balawejder, M., y Balawejder, M. (2018). Impact of ozonation process of wheat flour on the activity of selected enzymes . *Departament of Chemistry and Food Toxicology*, 35-601.

Prieto, J., Trejo, C. L., Prieto, F., Bello, L. A., y Rom, A. D. (2010). Acetilación y caracterización del almidón de cebada. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 6, 32-43.

Rubio, A. I., Macritchie, F., Gandikota, S., y Hou, G. (2005). Relaciones de la composición proteínica y mediciones reológicas en masa con la calidad panadera de harinas de trigo. *Fitotec*, 243-251.

Scanlon, M. G., y Zghal, M. C. (2001). Bread properties and crumb structure. *Food Research international*, 34, 841-864.

Sancho, D., Landívar, D., Sarabia, D., y Álvarez, M. d. (2015). Caracterización del extracto graso de larvas de *Rhynchophorus Palmarum* L. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 39-44.

Settakorn Upasen., y Piyachat W. (2018). Packaging to prolong shelf life of preservative-free white bread. *Heliyon*, 21.

Sirbu, A., y Arghire, C. (2017). Functional bread: Effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 1-21.

Trescaso, E., y Bernabeu, J. (2015). Nutrición humana y dietética. *Alimentos funcionales*, 1-3.

Torre, R., Torre, J., y Oscar, M. (2011). Manejo del picudo *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Línea agrícola*, 5-51.

- Valverde, M., & Picado, J. (2013). Estrategias mundiales en la reducción de sal/sodio en el pan. *Costarr Salud Pública*, 22, 61-67.
- Vargas, g., Espinoza, G., Ruíz, C., & Rojas, R. (2013). Valor Nutricional de la larva *Rhynchophorus palmarum* L.: Comida tradicional en la amazonía peruana. *Revista Química*, 79, 64-70.
- Vera, E., Gema, R., Alex, R., Ulbio, A., José, Z., & Nancy, L. (Diciembre de 2016). Evaluación de propiedades elásticas y mecánicas de una masa de pan con sustitución de harina de camote( *Ipomea batata*). *Centro azúcar*, 43, 42-49.
- Zuleta, Á., Binaghi, J., Greco, B., Aguirre, C., & Tadini, C. (20 de Mayo de 2012). Design of functional breads based on non-traditional flours. *Revista Chilena*, 39, 3-9.

## ANEXOS

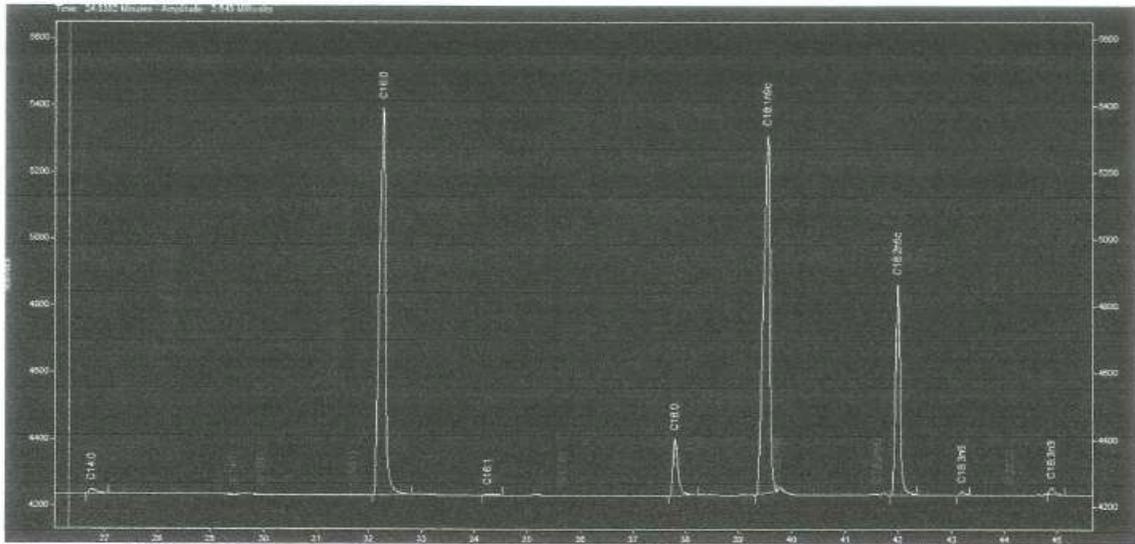
### Anexo 1. Obtención de biomasa de la larva del Chontacuro.



**Anexo 2.** Elaboración del pan integral con inclusión de biomasa del Chontacuro.



### Anexo 3. Cromatografía del perfil lipídico del pan integral.



### Anexo 4. Cromatografía del perfil lipídico del pan funcional.

