

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**



Adición de harina de *Eisenia foetida* a pan dulce para mejorar el contenido proteico.

POR:

**BENJAMIN BRAVO ROBLERO**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener Título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA, MEXICO**

**ABRIL, 2011**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

"Adición de harina de *Eisenia foétida* a pan dulce para mejorar el contenido proteico."

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Presentada por:

BENJAMIN BRAVO ROBLERO

APROBADA

M.C. Xochitl Ruelas Chacón  
Presidente del jurado

Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque

VOCAL

M.C. Felipa Morales Luna

VOCAL

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

Dr. Ramiro López Trujillo  
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, saltillo, Coahuila, México. Abril del 2011



COORDINACION DE  
CIENCIA ANIMAL

## AGRADECIMIENTOS

*A DIOS. Por prestarme la vida, por permitirme alcanzar mis más grande sueños por estar con migo siempre en las buenas en las malas.*

*A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (MI ALMA TERRA MATER), Por abrirme sus puertas y darme la oportunidad para realizar mis estudios de licenciatura. Por brindarme todos sus conocimientos para mi formación profesional.*

*A la M.C. Xochitl Ruelas Chacón, por confiar en mí para la realización de este proyecto, por su amistad, disponibilidad, comprensión gracias.*

*A la M.C. Felipa Morales Luna, por su valiosa cooperación para concluir este proyecto, y por su confianza y disposición gracias.*

*Al Ing. Rodolfo Oscar Baumbach Ceballos y a su empresa Vermi Organicos. Por la donación de las lombrices.*

*Al T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo San Miguel, por su amistad y apoyo brindado durante la realización de este proyecto de investigación.*

*Al Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque, por su apoyo y colaboración en la realización de este proyecto.*

*A la M.C Carmen Julia, por su amistada, confianza y apoyo en este trabajo*

*A los profesores del departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos que compartieron sus conocimientos y contribuyeron en mi formación académica.*

*A mis amigos y amigas de la generación, con los que pase momentos agradables. Diego, Alfredo, Eric, Antonio, Octavio, Marco Antonio, Juan, Ignacio, Dalia (mejor amiga), Yaribeth, Claudia, Ivon, Naye Ana Lilia, Karina, Elena, Cintia, Tania, Gabriela, Ana Lilia Rodríguez,*

*A mis amigos de la universidad. Celso, Rudix, Alex, Roger, David, Berna, Adolfo, Donis, Javier, Adelfmar, Rosenberg, Guiller, Daniel, Miguel, Marco Antonio, Bocho,*

*Al Profesor **Aristeo Torres Ovando**, por su amistad y por sus palabras de motivación para seguir adelante y ser alguien en la vida. Gracias profe.*

*A **Leonel** y **Hugo** por ser buenos amigos y compartir momentos bonitos de la vida. Gracias.*

## DEDICATORIA

*Este trabajo es dedicado para las personas que más quiero y amo en esta vida, que es mi familia, gracias por creer en mí.*

*A MIS PADRES:*

*Héctor Bravo por el apoyo que siempre me has dado en todo momento de mi existencia y por la confianza y comprensión que me has tenido por tus consejos que siempre los llevo en mi mente gracias a tu esfuerzo he logrado sobresalir en la vida, esto es la mejor herencia que me has dado, este logro es también tuyo te quiero mucho papa.*

*Dominga Roblero gracias por estar conmigo siempre, siempre y apoyarme en las buenas y en el malas, porque nunca dejaste de confiar en mí, por el sacrificio que has hecho para verme triunfar por tus consejos regaños, gracias por todo mana te quiero mucho, este logro es también tuyo.*

*A mis hermanos. Reyder, Dali Villalba y Tovid Ramon, gracias por todo su apoyo y confianza que me brindaron, fueron parte importante para terminar esta etapa de mi vida, este logro también es de ustedes, los quiero mucho.*

*A mi abuelo Pedro Bravo. Por su cariño Por sus consejos y palabras de motivación .*

*A ti Elvia Sampayo Hernández, por tu amor , cariño, por estar siempre a mi lado y apoyarme en las buenas y en las malas. Y por todos los momentos felices que vivimos eres una persona muy linda TQM.*

## INDICE GENERAL

	Páginas
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria.....	v
Índice general.....	vi
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xi
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.2 Objetivo.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
1.4 Justificación.....	4
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Descripción general del trigo.....	5
2.1.1 Clasificación según su fuerza.....	5
2.1.2 Consumo del trigo.....	6
2.1.3 Producción del trigo.....	7
2.1.4 Composición aproximada del trigo.....	8
2.2 La composición de la harina.....	8
2.3 Producción y consumo del pan.....	9
2.3.1 Calidad del pan.....	10
2.4 Lombricultura.....	11
2.4.1 Historia de la lombricultura.....	11
2.4.2 Lombriz roja californiana.....	12
2.4.3 Características comunes de lombriz.....	17
2.4.4 Harina de lombriz.....	17
2.4.5 Ventajas del uso de la harina de lombriz.....	18
2.4.6 Propiedades nutrimentales de la lombriz.....	19

2.5 Antecedentes de la evaluación sensorial.....	20
2.5.1 Evaluación sensorial.....	20
2.5.2 Usos de la evaluación sensorial.....	21
2.5.3 Propiedades sensoriales.....	22
2.5.3.1 Color.....	22
2.5.3.2 Olor.....	22
2.5.3.3 Sabor.....	23
2.5.3.4 Aroma.....	23
2.5.3.5 Textura.....	23
2.5.4 Importancia de la evaluación sensorial.....	24
2.6 Tipos de jueces.....	24
2.6.1 Juez consumidor.....	24
2.7 Pruebas afectivas.....	25
2.8 Pruebas de preferencia.....	25
3. MATERIALES Y METODOS.....	26
3.1 Materia prima.....	26
3.2 Equipo utilizado.....	26
3.3 Material utilizado.....	27
3.4 Obtención de la harina de lombriz.....	27
3.5 Formulación de quequitos con harina de lombriz <i>Eisenia foetida</i> .....	28
3.5.1 Elaboración de los quequitos.....	29
3.5.2 Cocción de la masa.....	29
3.6 Análisis bromatológico.....	30
3.6.1 Determinación de materia seca total.....	31
3.6.2 Determinación de cenizas.....	31
3.6.3 Determinación de grasa por el método de soxhlet.....	31
3.6.4 Determinación de fibra cruda.....	32
3.6.5 Determinación de proteína por el método de kjeldhal.....	33
3.7 Evaluación sensorial.....	34
3.8 Pruebas de preferencia.....	36
3.9 Análisis estadístico.....	36

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	37
4.1 Resultado del análisis bromatológico de los quequitos de la técnica de A.O.A.1990.....	42
5. CONLCLUSIONES.....	44
6. RECOMENDACIONES.....	45
7. LITERATURA CITADA.....	46
8. ANEXOS.....	50

## INDICE DE CUADROS

	páginas
<b>Cuadro 1.</b> Denominación de los trigos.....	6
<b>Cuadro 2.</b> Principales países productores de trigo.....	7
<b>Cuadro 3.</b> Composición aproximada del trigo.....	8
<b>Cuadro 4.</b> Clasificación química de la harina de trigo.....	9
<b>Cuadro 5.</b> Clasificación taxonómica de la lombriz.....	16
<b>Cuadro 6.</b> Propiedades nutrimentales de la harina y carne de lombriz.....	19
<b>Cuadro 7.</b> Impresiones que se perciben a través de los sentidos en el análisis sensorial.....	22
<b>Cuadro 8.</b> Resultado de la evaluación sensorial por el método de Duncan.....	37
<b>Cuadro 9.</b> Resultados bromatológico de los quequitos con harina de lombriz.....	42

## INDICE DE FIGURAS

	Páginas
<b>Figura 1.</b> Anatomía interna de lombriz.....	13
<b>Figura 2.</b> Diagrama de proceso para la elaboración de harina de lombriz.....	28
<b>Figura 3.</b> Proceso de panificación.....	30
<b>Figura 4.</b> Cubículo para la evaluación sensorial.....	34
<b>Figura 5.</b> Evaluación de quequitos.....	35
<b>Figura 6.</b> Comportamiento del color respecto a la concentración de la harina de lombriz.....	38
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de la textura respecto a la concentración de la harina de lombriz.....	39
<b>Figura 8.</b> Comportamiento del olor respecto a la concentración de la harina de lombriz.....	40
<b>Figura 9.</b> Comportamiento del sabor respecto a la concentración de la harina de lombriz.....	41

## RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de aumentar el contenido proteico de quequitos a base de harina de trigo y harina de lombriz. Se evaluaron tres concentraciones de harina de lombriz 5,7 y 10 %, mezcladas con harina de trigo, utilizando como testigo un quequito elaborado al 100 % de harina de trigo.

Se realizó un análisis bromatológico para determinar las propiedades nutrimentales de los productos obtenidos en las diferentes formulaciones de acuerdo a los métodos de A.O.A.C. 1990 (Association of Official Analytical Chemists), con este método se evaluaron humedad, cenizas, proteína, grasa y fibra cruda.

En base a análisis químico de los quequitos se determinó que el testigo, el cual fue elaborado a base de harina de trigo tuvo un contenido de proteína de 13%, en cuanto a las formulaciones elaboradas, el mejor nivel fue la concentración de 10% de harina de lombriz y 90% harina de trigo, con un contenido proteico de 17.60%. Seguido de la formulación de 93 % de harina de trigo y 7% de harina de lombriz con un contenido de proteína de 16.60%, y por último la formulación de 95 % de harina de trigo y 5% de harina de lombriz con 15.07 de proteína.

Se evaluó la preferencia de los tratamientos considerando las características de, color, textura, olor y sabor. Mediante una prueba de preferencia por ordenamiento se les pidió a los jueces que ordenaran de menor a mayor según su preferencia. Los resultados obtenidos mostraron que las muestras más preferidas fueron la de 7% de harina de lombriz y la de 5% en todos los atributos, en tercer lugar tenemos al testigo y en último lugar la formulación 10% de harina de lombriz.

**Palabras claves:** Harina de lombriz, mejorar contenido proteico, quequitos, evaluación sensorial.

## 1. INTRODUCCION

Uno de los problemas a los que se enfrenta la sociedad actual, resultado del crecimiento de la población, es la producción de alimentos, son necesarias cantidades cada vez mayores, y que además son difíciles de obtener, pues los requerimientos son en plazos cada vez más cortos. Durante los últimos años, investigadores de todo el mundo proponen y ensayan diferentes opciones alimenticias para las comunidades. Dentro de éstas, destaca la producción de diversos materiales alimentarios utilizando a la lombriz *Eisenia foetida*.

Se sabe que las lombrices eran conocidas en la antigüedad como arado, porque facilitaba la oxigenación y permeabilidad del agua. La lumbricultura como hoy se le conoce, es el proceso de la reproducción y cría de las lombrices, en forma económica para obtener el máximo beneficio. Las lombrices pueden crecer y reproducirse ingiriendo sustancias orgánicas, paja triturada, papel o cartón. Este tipo de cultivo ofrece una serie de ventajas como:

- Una fuente de proteína de excelente calidad (68-82 % de proteína).
- La lombriz está exenta totalmente de enfermedades.
- Degrada las sustancias orgánicas ayudando así a proteger el medio ambiente.
- Permite una reutilización de subproductos.

Las ventajas que las lombrices nos brindan son muchas ya que no solo son altas en proteína sino que también en otros minerales como el fósforo, y potasio entre otros minerales, además de que no se enferman ni transmiten enfermedades.

La carne de lombriz se emplea en la alimentación humana como en la animal. Aunque su riqueza en minerales es inferior a la harina de pescado y su contenido en fibra es muy reducido.

El consumo de la carne de lombriz es un recurso económico importante al tratarse de un alimento rico en proteína y fácil de producción. Este alimento podría ser considerado como un alimento para los países en vía de desarrollo,

ya que una parte puede ser destinada a la continuidad del criadero y la otra a la elaboración de harina .

## **1.1 Objetivos**

### **1.2 Objetivo general**

- Mejorar el contenido nutrimental de quequitos con la adición de harina de lombriz *Eisenia foetida* conservando los parámetros de calidad definidos por el consumidor.

### **1.3 Objetivos específicos**

- Obtener la harina de *Eisenia foetida*
- Analizar contenido nutrimental de la harina.
- Añadir en diferentes niveles la harina de lombriz a la masa de los quequitos
- Analizar contenido nutrimental de cada uno de los quequitos con las diferentes concentraciones de harina de lombriz.
- Elaborar el quequito de manera normal.
- Evaluar sensorialmente mediante una prueba de preferencia.

### **1.4 Hipótesis**

- El añadir la harina de lombriz *Eisenia foetida*, al quequito mejora el contenido nutrimental de la misma.

## **1.5 Justificación**

En aumento de la población ha traído como consecuencia el aumento de alimentos y la demanda, es por ello que los alimentos con alto valor nutritivo tienen un alto costo. Y las personas de escasos recursos no pueden adquirir este tipo de productos. En México existe un alto grado de índice de desnutrición especialmente en niños. Ante esta situación y ante los beneficios que ofrece el consumo de harina de lombriz, es lo que permite dar alternativas para disminuir la desnutrición.

El pan es el producto alimenticio más importante y consumido en los hogares, siendo en los estratos sociales más bajos su principal fuente nutritiva, ya que está al alcance de cualquier persona por su bajo costo. Por esto la industria de los alimentos se ha preocupado de la tecnología empleada en el área de panificación así como de aumentar valor nutricional; los ingredientes básicos en la elaboración de pan son: harina, leche, sal y levadura, entre otros (Fierro y Jara, 2010); hay que destacar que estos ingredientes pueden ser cambiados o combinados dando lugar a ricos, apetitosos y nutritivos panes.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Descripción general del trigo**

La planta del trigo es un miembro de la familia de las gramíneas, que comprende unos 600 géneros y más de 5000 especies. Aunque las gramíneas tienen gran diversidad de aspecto, presentan gran número de similitudes en la estructura de las raíces, los tallos y las hojas. Los principales cereales consumidos por el hombre son: trigo, arroz, maíz, cebada, avena, centeno, sorgo y mijo (Aykroyd y Joyce, 1970).

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. *Triticum* significa, por lo tanto, “(el grano) que es necesario trillar (para poder ser consumido).

El trigo, cuyo cultivo se remonta probablemente a los días prehistóricos, es el cereal que presenta mayor importancia. Puede desarrollarse en casi en todos los terrenos y en cualquier clima templado, siendo por ello uno de los más cosechados (Kent y Amos, 1956).

#### **2.1.1 Clasificación según su fuerza**

##### **Trigos fuertes**

Los trigos que tienen la facultad de producir harina para panificación con piezas de gran volumen, buena textura de la miga y buenas propiedades de conservación, tienen por lo general alto contenido de proteína. La harina de trigo fuerte admite una proporción de harina floja (Cuadro 1), así la pieza mantiene su gran volumen y buena estructura de la miga aunque lleve cierta proporción de harina floja; también es capaz de absorber y retener una gran cantidad de agua (Mangelsdorf, 1973).

## Trigos flojos

Los trigos que dan harina con la que solamente se pueden conseguir pequeños panes con miga gruesa y abierta y que se caracterizan por su bajo contenido en proteína. La harina de trigo flojo es ideal para galletas y pastelería (cuadro1), aunque es inadecuada para panificación a menos que se mezcle con harina más fuerte (Mangelsdorf, 1973).

**Cuadro 1. Denominación de los trigos**

Denominación	Características
Fuerte	Gluten fuerte y elástico apto para la industria mecanizada de panificación. Usados para mejorar la calidad de trigos débiles.
Medio-Fuerte	Gluten medio-fuerte apto para la industria artesana de panificación.
Suave	Gluten débil o suave pero extensible apto para la industria galletera. Usado para mejorar las propiedades de trigos tenaces.
Tenaz	Gluten corto o poco extensible pero tenaz, apto para la industria pastelera y galletera
Cristalino	Gluten corto y tenaz, apto para la industria de pastas y sopas.

Fuente. Mangelsdorf, 1973.

### 2.1.2 Consumo del trigo

Casi todo el trigo se destina a la fabricación de harinas para panificadoras y pastelería. En general, las harinas procedentes de variedades de grano duro se destinan a las panificadoras y a la fabricación de pastas alimenticias, y las procedentes de trigos blandos a la elaboración de masas pasteleras. El trigo se usa también para fabricar cereales de desayuno y, en menor medida, en la elaboración de cerveza, whisky y alcohol industrial.

### 2.1.3 Producción del trigo.

La producción promedio anual de trigo en el mundo asciende a 592 millones de toneladas. China produce el 19%, Estados Unidos y la India el 11% respectivamente, Francia y Rusia el 6% cada uno y Canadá y Australia el 4%. En conjunto dichas naciones producen el 62% y los tres principales países el 42%. En el siguiente (Cuadro 2) se muestra los principales países productores de trigo (Anónimo 1, 2005).

**Cuadro 2. Principales países productores de trigo.**

<b>PAISES PRODUCTORES</b>	<b>PRODUCCION TONELADA</b>
China	457,565
India	268,577
E.U.A	261,503
Rusia	197,100
Francia	146,501
Canadá	105,007
Australia	89,927
Turquía	67,000
Ucrania	60,391
Argentina	57,900

Fuente. Anónimo 1, 2005.

A nivel nacional, Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción total mexicana de trigo durante los últimos diez años (1991- 2000) fue de 35.7 millones de toneladas concentrándose cerca del 85% de la producción en los estados de Sonora (35%), Guanajuato (17.5%), Baja California (11.5%), Sinaloa (9.2%) Michoacán (6.4%) y Jalisco (4.4%) (Anónimo 2, 2005).

#### 2.1.4 Composición aproximada del trigo.

Teniendo en cuenta el gran número de variedades de trigo, resulta sorprendente que la composición del grano varíe tan poco (Cuadro 3). De los datos aportados por distintos investigadores se deducen los siguientes límites aproximados (Wong, 1995).

**Cuadro 3. Composición aproximada del trigo**

Propiedades	Harina de trigo
Humedad	13-15
Proteína	10-15
Grasa	1.5-2.5
Hidratos de carbono	60-68
Fibra	1.8-2.5
Cenizas	1.2-2.0

Fuente. Wong 1995.

#### 2.2 Composición de la harina

La harina de trigo tiene las siguientes propiedades (Cuadro 4).

**Almidón:** es el elemento principal que se encuentra en todos los cereales. Es un glúcido que al transformar la levadura en gas carbónico permite la fermentación.

**Gluten:** otorga elasticidad a las masas reteniendo la presión del gas carbónico producido por la levadura.

**Azúcares:** están también presentes en la harina pero en un porcentaje mínimo, ayudan a la levadura a transformar el gas carbónico.

**Materias grasas:** están localizadas en el germen y en las cáscaras del grano de trigo.

Es importante destacar que parte de estas materias desaparecen durante el envejecimiento de las harinas y se convierten en ácidos grasos que alteran la calidad de la harina.

Vitaminas: contiene vitaminas B1, B2 y E.

**Cuadro 4. Composición química de la harina de trigo**

	<b>Integral</b>	<b>Refinada</b>
Agua	10.27 g	11.92 g
Energía	339 Kcal	364 Kcal
Grasa	1.87 g	0.98 g
Proteína	13.70 g	15.40 g
Hidratos de carbono	72.57 g	73.31 g
Fibra	12.2 g	2.7 g
Potasio	405 mg	107 mg
Fósforo	346 mg	108 mg
Hierro	3.88 mg	4.64 mg
Sodio	5 mg	2 mg
Magnesio	138 mg	22 mg
Calcio	34 mg	15 mg
Cobre	0.38 mg	0.14 mg
Zinc	2.93 mg	0.70 mg
Manganeso	3.79 mcg	0.682 mcg
Vitamina B1 (tiamina)	0.4 mg	0.1 mg
Vitamina B2 (riboflavina)	0.215 mg	0.04 mg
Vitamina B3 (niacina)	6.365 mg	----
Vitamina B6 (piridoxina)	0.341 mg	0.2 mg
Vitamina E	1230 mg	0.060 mg
Acido fólico	44 mcg	----

Fuente. Anónimo 3, 2011.

### **2.3 Producción y consumo del pan**

Como todos los alimentos que provienen de los cereales, el pan se consume principalmente como una fuente de bajo costo. El pan contiene alrededor de 40 a 45 por ciento de hidratos de carbono disponibles y tiene un

valor energético de 900 a 1000 Kj / 100 g debido al hecho de que se consumen cantidades considerables de pan, sus otros constituyentes contribuyen también en forma notable a la diaria ingestión de nutrientes. El pan contiene de 8 a 9 por ciento de proteínas y cantidades significativas de minerales y vitaminas (Brian, 1999).

El pan es un producto que se elabora a partir de harina, agua, sal, levadura y aditivos, a medida que el proceso de panificación ha evolucionado, se ha agregado ingredientes funcionales para mejorar el proceso de control del mismo. La ausencia de muchos aditivos en la panificación, hace que no dé el mismo resultado preparar un pan en casa, que en la industria alimentaria (Badui, 1999).

El pan puede ser acompañado con leche, chocolate, licuados o café, usualmente se vende suelto o empacado, ya sea en supermercado o en panaderías.

Actualmente, se estima que, a nivel nacional, existen más de 30.000 unidades de producción, nueve de cada diez operan en la elaboración de pan y pasteles (92.1 %), galletas y pastas con el 7.4 % y molienda de trigo con el 0.5%. el mito de que el pan “engorda” y la proliferación de “comida rápida” provocan que el consumo per cápita de este alimento cayera de 33 a 32 kilogramos al año (Brian, 1999).

### **2.3.1 Calidad del pan**

Para tener un pan de buena calidad, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: una buena harina, un buen amasado durante el cual se evitará toda oxidación excesiva y además perjudicial, una primera fermentación adecuada, una cuidadosa división y formato de las piezas, una segunda fermentación con un buen nivel medio y una cocción conveniente con una coloración adecuada (Reyes, 2002).

## **2.4 Lombricultura**

Se entiende por lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices, y el tratamiento, por medio de éstas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas. Es una tecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz.

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización del residuo, obteniendo un producto de alta calidad.

### **2.4.1 Historia de la lombricultura**

Si nos remontamos a la historia, sociedades antiguas utilizaban a la lombriz como criterio de clasificación de suelos. Los egipcios guardaban gran respeto a la lombriz, rindiéndole honores como agradecimiento por el incremento en la fertilidad de las tierras del Nilo (Martínez, 1999).

Aristóteles, 500 A.C. se refería a la lombriz como el intestino de la tierra y realizó una descripción morfológica de ella. Posteriormente, en 1758 Linneo hizo la clasificación de la lombriz. Más tarde, en los primeros años del siglo XIX, Darwin dedica 40 años de su vida al estudio de la lombriz que concluye con la escritura del libro "La formación de la tierra vegetal por la acción de las lombrices" en 1881. Establece además, que la lombriz es el animal que juega el rol más importante dentro de las criaturas, porque cierra el circuito de la vida y de la muerte. Debido al trabajo relevante que realizó sobre la lombriz de tierra, a Darwin se le considera el padre de la lombricultura (Martínez, 1999).

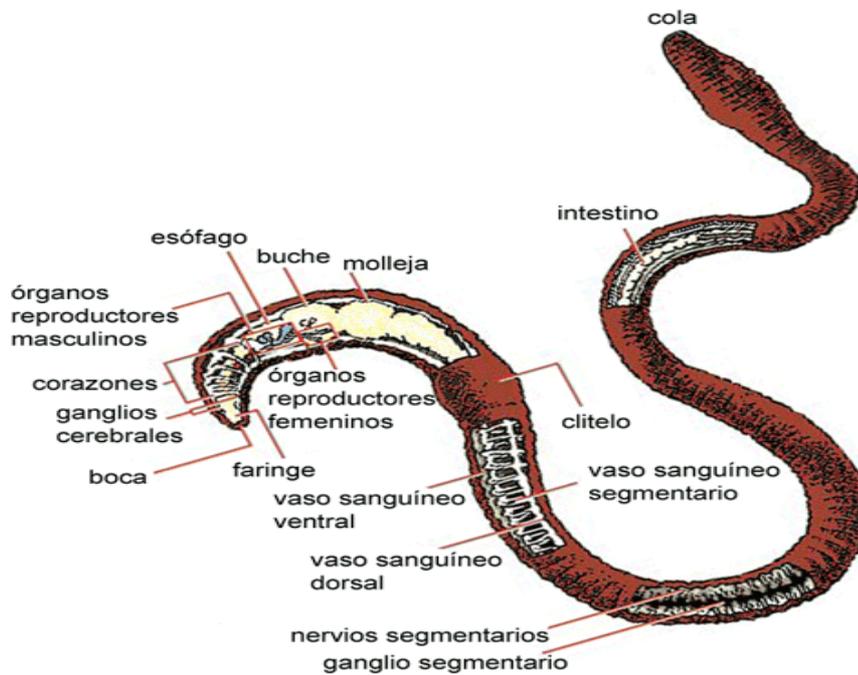
La palabra lombricultura nace como razón social de un grupo de investigadores en Sudamérica en la década de los 70, cuando aparecen nuevas técnicas de crianza y se comienza a extender su uso. En la segunda mitad de la década de los 80, se marca la mayor época expansiva de la lombricultura en Latinoamérica, quizás más acertadamente en Sudamérica: Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, Brasil, son países que ven crecer criaderos de lombrices. En Cuba la situación político-económica que impidió seguir importando fertilizantes químicos, coadyuvó al desarrollo de la lombricultura en gran escala. España, Italia, Australia, India, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá se cuentan entre los países donde la lombricultura se mantenía y extendía con mayor interés (Carrera, 2003).

En México el desarrollo de la lombricultura como una actividad productiva se inicia a partir de 1996, sin olvidar que se realiza investigación desde 1980 (Martínez, 2000).

#### **2.4.2 Lombriz roja californiana**

La lombriz de tierra, es un anélido invertebrado, que tiene el cuerpo formado por numerosos anillos (figura 1). Es un animal con un organismo adecuado para biodegradar desechos orgánicos. Es muy voraz, prolífico y dócil, capaz de vivir en grandes concentraciones y adaptable a distintos climas.

## Anatomía interna de la Lombriz



**Figura 1. Anatomía interna de la lombriz (Barbado, 2004)**

Existe una amplia gama de especies de lombrices de tierra <aproximadamente 8000>, de las cuales se emplean con fines industriales y comerciales, las lombrices mejoradas por selección genética: la variedad (*Eisenia foetida Andrei*) o lombriz roja de California, y la *Lumbricus rubellus*. Ello, debido a que estas especies pueden ser criadas en cautiverio.

La importancia de la crianza de la lombriz de tierra, radica particularmente en el sector agroindustrial y en el de la alimentación. En el sector agroindustrial, la acción mecánica de excavación de galerías que realiza la lombriz bajo la superficie del terreno, acelera el proceso de oxidación y la nitrificación del suelo. Esta operación permite la penetración y retención de agua necesaria para dar humedad al terreno. Las galerías pueden llegar a tener una profundidad de dos metros o más (Barbado, 2004).

La acción química que realiza la lombriz, de reciclar desechos orgánicos convirtiéndolos en humus, sirve para enriquecer la fertilidad del suelo. Al tragar grandes cantidades de tierra, aprovecha para alimentarse de cualquier residuo orgánico. No come las raíces de las plantas mientras estén vivas, por lo que no perjudica los cultivos.

Del alimento ingerido por la lombriz, cerca del 60% es convertido en humus o excremento de lombriz, y el 40% restante, es asimilado y utilizado como fuente de energía para sus propias funciones vitales.

En el sector alimenticio, la lombriz es empleada básicamente como alimento directo para animales de crianza, como aves, peces y otros, o como parte integrante de la dieta alimentaria de estos animales. Sin embargo, debido al alto contenido proteico de este tipo de carne, es una fuente de alimentación alternativa o complementaria del ser humano. También se le procesa convirtiéndola en harina, la cual, contiene alto contenido proteico ya señalado, contiene aminoácidos esenciales para la nutrición humana.

La lombriz roja californiana (cuadro 4) es una variedad obtenida mediante cruza genéticas con diversas lombrices. Es hermafrodita incompleta <posee ambos sexos>, se aparea cada siete días, es muy fecunda: pone una cápsula <ooteca> cada siete días, de la que nacen de una a veinte lombrices. El promedio anual es de tres mil lombrices considerando las generaciones que se consiguen en el período. La incubación es de 14 a 21 días, maduran sexualmente a los 90 días. Tienen un peso de 0.5 a 1.0 gramos, una vida útil de 4 a 16 años. Densidad: hasta 40.000 por m<sup>2</sup>, no contrae ni transmite enfermedades. Come con mucha voracidad, todo tipo de desechos agropecuarios < estiércoles, rastrojos de cultivos, residuos de hortalizas y frutas, malezas, etc. También puede utilizar desechos orgánicos de la industria, la ciudad, es decir que soluciona un problema: “El ambiente producido por la acumulación de los residuos y el proporcionar el mejor fertilizante orgánico conocido”.

Estas amigas del hombre contribuyen al cuidado del medio ambiente para reciclar y descontaminar la tierra. Reciclando en cada hogar con los desechos orgánicos producidos en la cocina, puede criar y mantener estas lombrices (Bioagro, 2010).

La posibilidad de transformar en carne de valor proteico los desechos orgánicos, que en muchos casos hoy constituye un problema ecológico, es tal vez uno de los aspectos más fascinantes de la lombricultura. La carne de lombriz roja de California se trata de una carne roja, siendo una fuente de proteínas de bajo costo, de la que se obtiene harina con un 73% de proteína y una gran cantidad de aminoácidos esenciales.

La carne de lombriz se emplea tanto en la alimentación humana como en la animal. Aunque su riqueza mineral es inferior a las harinas de pescado y su contenido en fibra es muy reducido.

El consumo de la carne de lombriz es un recurso económico importante al tratarse de un alimento rico en proteínas y fácil de producción. Este alimento podría ser considerado como un alimento para los países en vías de desarrollo, ya que una parte puede ser destinada a la continuidad del criadero y la otra a la elaboración de harina.

Las ventajas que las lombrices nos brindan son muchas ya que no solo son altas es proteína sino que también en otros minerales como el fósforo, y potasio ente otros minerales, además de que no se enferman ni transmiten enfermedades.

El investigador Rubén Isaac Almonte de la Universidad de Santo Domingo menciona que “vivimos es un mundo en crisis, desde el punto de vista alimenticio. Para atacar la pobreza, el uso de la carne de lombriz puede ser una alternativa” (Almonte, 2010).

Uno de los problemas a los que se enfrenta la sociedad actual -resultado del crecimiento de la población, es la producción de alimentos, son necesarias cantidades cada vez mayores, y son difíciles de obtener, pues los requerimientos son en plazos cada vez más cortos. Durante los últimos años, investigadores de todo el mundo proponen y ensayan diferentes opciones alimenticias para las comunidades. Dentro de éstas, destaca la producción de diversos materiales alimentarios utilizando a la lombriz *Eisenia foetida*.

Hay comentarios en cuanto que se está utilizando carne de lombriz en la preparación de alimentos para consumo humano utilizados en forma comercial, específicamente hamburguesas y desayunos escolares, pero no hay pruebas científicas de esto (Agromeat, 2009).

La taxonomía de la lombriz de tierra *Eisenia foetida* se clasifica dentro del reino animal (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Clasificación taxonómica de la lombriz**

Reino	Animal
Subreino	Metazoos
Phylum	Protostomia
Grupo	Anélido
Orden	Oligochaeta
Familia	Lumbricidae
Género	Eisenia
Especie	Foetida

Fuente: Barbado, 2004.

### **2.4.3 Características comunes de la lombriz**

- Es un anélido hermafrodita.
- Mide de 6 a 8 cm.de longitud.
- Cada segmento contiene 5 pares de corazones y un par de riñones.
- Clitellium situado en la pared anterior del cuerpo.
- Tiene un sistema circulatorio.
- Tiene un sistema nervioso.
- Tiene un sistema muscular (longitudinal y circular).
- Cuenta con un aparato genital femenino y uno masculino.
- Es extraordinariamente prolífera: Madura sexualmente entre el segundo y el tercer mes de vida.
- Deposita de cada 7 a 10 días una cápsula con un contenido entre 2 y 21 organismos por cápsula.
- Viven en zonas templadas.
- Su temperatura corporal oscila entre los 19 y 20 grados centígrados.
- Es de color rojo oscuro.
- Su peso aproximado es de un gramo.
- Respira a través de la piel.
- No tiene dientes.
- Glándulas segregadoras de líquido que protegen a los huevos.
- Succiona la comida a través de su boca.

### **2.4.4 Harina de lombriz**

La harina de lombriz se caracteriza por un elevado contenido de proteínas (> 60% p/p, base seca) de interés nutricional; ya que proporciona aminoácidos esenciales para la dieta humana. La obtención a un bajo costo de la harina de lombriz rica en proteínas se debe a que las lombrices se alimentan de desechos orgánicos, crecen a una alta velocidad y se multiplican rápidamente.

Sin embargo, a lo largo de la historia contemporánea, es importante resaltar que el prejuicio cultural y la falta de información de los beneficios que presenta, son los que no han permitido su utilización oficial en el campo alimenticio humano. Sin embargo, algunos países orientales tales como China, Japón, Filipinas, Taiwán, etc., la han incorporado al consumo humano

De acuerdo a varios investigadores, de la lombriz roja californiana, no sólo se obtiene carne rica en proteínas, sino también los aminoácidos esenciales, entre ellos es importante mencionar a la lisina, aminoácido que suele estar ausente en los alimentos básicos. El contenido de este aminoácido en la harina de lombriz es significativo (5,9% p/p), ya que satisface los requerimientos para niños entre 2-5 años exigidos por la FAO/OMS.

#### **2.4.5 Ventajas del uso de la harina de lombriz**

- Fortalecer los órganos musculares (por ejemplo el corazón)
- Mejorar las capacidades de las masas musculares
- Estimular, por equilibrio bioquímico, las funciones vitales (cerebral, cardiaca, hormonal)
- Proporcionar alivio a fatigas físicas y mentales
- Ayudar en la formación de colágeno, enriquecimiento de los tejidos
- Recuperar los tejidos lesionados, inflamados (histamina)
- Asistir positivamente al sistema inmunológico
- Regenerar la epidermis y el pelo (melanina)
- Retardar el envejecimiento o desgaste orgánico
- Aumentar la actividad cerebral
- Mejorar el proceso de crecimiento e impide anemias
- Participar en la eliminación de toxinas (urea)
- Impedir o eliminar los procesos convulsivos
- Auxiliar en terapias del sueño

### 3.5.6 Propiedades nutrimentales

La carne y harina de lombriz es uno de los mejores alimentos, ya que tiene un alto contenido de proteínas, del 65 % a 75%. Y 20 aminoácidos con los 10 esenciales y un amplio espectro de vitaminas. Como se muestra en a continuación (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Propiedades nutrimentales de la harina y carne de lombriz**

<b>AMINOACIDOS En % promedio</b>	<b>Mg</b>	<b>VITAMINAS Y MINERALES</b>	<b>Mg</b>
Alanina	5.53	Vit. A (Retinol/ Caroteno)	Vest. Var.
Arginina	6.51	Vit. B1 (Tiamina)	16
Ác. Aspártico	11.60	Vit. B3 (Niacina)	36
Cisteína	1.83	Vit. B12 (Cobalamina)	6
Ác. Glutámico	14.20	Vit. B6 (Piridoxina)	6
Ác. Glutámico	14.20	Vit. B6 (Piridoxina)	6
Glicina	5.00	Biotina (Vit. H)	32
Histidina	2.57	Aminobenzoic	30
Isoleucina	4.69	Ácido Pantotenico	10.3
Leucina	7.59	Ácido Fólico (Vit. M)	2.1
Lisina	2.57	Colina (Complejo B)	275
Metionina	2.20	Inositol (Complejo B)	350
Fenilalanina	4.01	Ácido Lipoico	Vest. Var.
Prolina	5.30	Vit. D	Vest. Var.
Serina	5.03	Hierro	2.7
Triptofano	1.40	Selenio	Vest. Var.
Treonina	5.20	Cromo	Vest. Var.
Tirosina	2.97	Calcio	Vest. Var.
Valina	5.00	Fósforo	Vest. Var.

Fuente: Bárcena, 2010.

## **2.5 Antecedentes de la evaluación sensorial**

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre, desde su infancia y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos. De esta forma se establecen unos criterios para la selección de los alimentos, criterios que inciden sobre una de las facetas de la calidad global del alimento, la calidad sensorial. La evaluación de esta calidad se lleva a cabo mediante una disciplina científica, el análisis sensorial, cuyo instrumento de medida es el propio hombre.

### **2.5.1 Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales evaluados a través de los sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus* que significa *sentido*, es una técnica de medición tan importante como los métodos físicos, químicos y microbiológicos, teniendo como ventaja que la persona que efectúa las mediciones lleva consigo los instrumentos de trabajo, es decir sus cinco sentidos (Anzaldúa, 1994). Esta ciencia se ocupa de medir y cuantificar las características de un producto como son apariencia, olor, sabor y textura tal y como son percibidas por los sentidos humanos (Pedrero, 1989).

La División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de los Alimentos (IFT), define el análisis sensorial como la rama de la ciencia utilizada para obtener, medir, analizar e interpretar las reacciones percibidas por los sentidos a determinadas características de los alimentos. Esta es la única ciencia que hace uso de seres humanos como instrumento de medición.

El análisis sensorial abarca a un conjunto de técnicas que, aplicadas de una manera científica, permiten obtener unos resultados fiables sobre las respuestas que nos dan nuestros sentidos a los alimentos. Para ello, se acude a la experiencia de catadores o panelistas entrenados, quienes trabajan como si se tratara de instrumentos, al ser capaces de establecer diferencias objetivamente (De La Presa, 2001).

## **2.5.2 Usos de la evaluación sensorial**

Las pruebas sensoriales son utilizadas en diversos tipos de industrias, tales como la industria alimentaria, la perfumera, la farmacéutica, la industria de pinturas y tintes, etc., (Anzaldúa, 1994).

La evaluación sensorial en la industria alimentaria se aplica en: el desarrollo de nuevos productos; la comparación, clasificación y mejoramiento de productos; la evaluación del proceso de producción; la reducción de costos y/o selección de una nueva fuente de abastecimiento; el control de calidad; el estudio de la estabilidad del alimento durante su almacenaje; determinación de la aceptación, preferencias y gustos del consumidor; la formación de jurados y en la correlación de las medidas sensoriales con las obtenidas por métodos físicos y/o químicos (Ureña y Arrigo, 1999).

El papel de la evaluación sensorial se torna de gran importancia prácticamente en todas las etapas de producción y desarrollo de la industria alimentaria, para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto (Ibáñez y Barcina, 2001).

En nuestros días, la selección de los alimentos se basa en la calidad del producto que es un concepto muy complejo en el que intervienen distintos aspectos como la aceptación de los consumidores y la opinión de los expertos, en las que influyen mucho las características organolépticas del preparado alimenticio (Sancho, 2002).

Las pruebas sensoriales proporcionan información útil acerca de la percepción humana en un producto, así como los cambios debido a los ingredientes, elaboración, envasado, o vida útil (Lawless y Heymann, 1999).

El primer contacto del ser humano con un producto alimenticio se produce habitualmente a través de la vista, el olfato, el oído, el tacto, el gusto, como se muestra a continuación (cuadro 7) .

**Cuadro 7. Impresiones que se percibe a través de los sentidos en el análisis sensorial.**

<b>Vista</b>	<b>Olfato</b>	<b>Tacto</b>	<b>Sabor</b>	<b>Oído</b>
Color Brillo Tamaño Forma	Olor	Textura Temperatura Dureza Peso	<b>Sabor</b> Acido Dulce Salado Amargo	Sonido

Fuente. Sancho, 2002

### **2.5.3. Propiedades Sensoriales**

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades (atributos) que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos (Anzaldúa, 1994).

A continuación se describen algunos atributos:

#### **2.5.3.1 Color**

puede ser discutido en términos generales del estímulo luminoso, pero en el caso específico del color de los alimentos es de más interés la energía que llega al ojo desde la superficie iluminada, y en el caso de los alimentos transparentes, a través del material (Wittig, 2001).

#### **2.5.3.2 Olor**

El olor es la percepción, por medio de la nariz, de sustancias volátiles liberados en los objetos. En el caso de los alimentos y la mayoría de las sustancias olorosas esta propiedad es diferente para cada uno y no ha sido posible establecer clasificaciones ni taxonomías completamente adecuadas para los olores (Anzaldúa, 1994). Otra característica del olor es

la intensidad o potencia de éste. Además, de su relación con el tiempo.

### **2.5.3.3 Sabor**

El sabor se percibe principalmente por la lengua, aunque también por la cavidad bucal (por el paladar blando pared posterior de la faringe y la epiglotis). Las papilas gustativas de la lengua registran los 4 sabores básicos: dulce, ácido, salado y amargo, en determinadas zonas preferenciales de la lengua, así, lo dulce en la punta, lo amargo en el extremo posterior y lo salado y ácido en los bordes (Sancho, 2002).

### **2.5.3.4 Aroma**

Esta propiedad consiste en la percepción de las sustancias olorosas o aromáticas de un alimento después de haberse puesto éste en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, y llegan a través de la trompa de Eustaquio- a los centros sensores del olfato El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos (Anzaldúa, 1994).

### **2.5.3.5 Textura**

Es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Anzaldúa, 1994).

Es la percepción de características mecánicas (resultantes de la presión ejercida por dientes, lengua y paladar), características geométricas (provenientes del tamaño y forma de las partículas) y características relacionadas con las propiedades lubricantes (humedad y grasa), (Wittig, 2001).

#### **2.5.4 Importancia de la evaluación sensorial**

La evaluación sensorial es prácticamente importante en todas las etapas de producción y desarrollo en la industria alimentaria, para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto.

También es importante porque tiene funciones de control de calidad y estandarización de un alimento. Una vez aseguradas la calidad nutricional y sanitaria, la calidad sensorial y aceptabilidad para el consumidor pueden ser evaluadas controlando sensorialmente la calidad de la materia prima el almacenamiento o las estrategias de mercado.

La evaluación sensorial es de gran utilidad ya que se aplica para la mejora de un producto mediante el estudio de los defectos sensoriales o atributos deseable tras la modificación de la formula de un producto, ya sea por eliminación, sustitución, o adición de un nuevo componente o ya sea por la modificación de elaboración del producto.

#### **2.6 Tipos de jueces**

La ejecución del análisis sensorial requiere la colaboración de una serie de personas (jueces) que forman lo que se denomina el jurado de catadores. Según las pruebas utilizadas varía el número mínimo necesario de personas y el tipo de jueces que deben utilizarse (Ibáñez y Barcina, 2001).

##### **2.6.1 Juez consumidor**

Generalmente son personas tomadas al azar, en algún lugar público y que no tienen ninguna relación con el producto y que tampoco han recibido ningún tipo de preparación, solo participan en pruebas afectivas, pero es importante que las personas que participen sean consumidores habituales del producto a probar consumidores potenciales si se trata de un nuevo producto, para validar estadísticamente una prueba de este tipo se requieren mínimo 30 jueces consumidores (Anzaldúa1994).

## **2.7 Pruebas afectivas**

Las personas que participan en este tipo de pruebas no requieren de entrenamiento alguno y se aconseja que por lo menos deseen participar en dicha evaluación. En estas pruebas el juez-afectivo utiliza su propio criterio y gusto personal para juzgar a la muestra como aceptable o rechazable para el consumo. La población elegida debe corresponder a los consumidores potenciales o habituales del producto. El número de consumidores que participan es de un mínimo de 30 jueces no entrenados (Pedrero, 1989).

## **2.8 Pruebas de preferencia**

Esta prueba se realiza para conocer si los jueces prefieren una muestra sobre otra, es una prueba muy sencilla que consiste en pedirle al juez que diga cuál de las dos muestras prefiere, agregando además una sección para comentarios en la que el juez indique el porqué de su preferencia (Larmond, 1977).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materia prima

- Lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, fue proporcionada por la empresa VERMI ORGANICOS de Tamazula, Jalisco.
- Harina de trigo ( La Perla)
- Cocoa
- Leche (Entera Lala)
- Vainilla
- Mantequilla
- Rexal
- Sal
- Huevo
- Canela
- Agua

#### 3.2 Equipo utilizado

- Molino Marca Thomas Scientific, Modelo 3383-L10 Crisol
- Estufa de secado Marca Robert Shaw y opera a una temperatura de 55 a 60°C.
- Balanza granataria OHAUS 120g
- Balanza Analítica Explores OHAUS 400g
- Estufa Thelco Modelo 27 (T°: 100 a 103°C)
- Aparato de reflujo Marca Eseicon
- Aparato Soxleth Marca Eisecon
- Mufla Marca Thermolyne modelo 1500 y opera a una temperatura de 100 a 900°C para calcinado de muestras.

### **3.3 Material utilizado**

- Tubos de ensaye
- Espátulas
- Morteros
- Probeta de 500ml Probeta de 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de 500ml
- Bureta de 25ml
- Matraz bola
- Granillas
- Matraz Kjeldahal de 800ml M
- Vaso de Bercellius de 600ml

### **3.4 Obtención de la harina de lombriz**

Las lombrices fueron proporcionadas por la empresa VERMI ORGANICOS de Tamazula, Jalisco. Una vez llegado a las instalaciones del laboratorio de alimentos de la universidad, se procedió inmediatamente a lavarlas y luego se colocaron en charolas de aluminio, y des pues se introdujo en una estufa a una temperatura de 60 °C a 70 °C hasta que las lombrices se secaron por completo y posteriormente se molieron del cual se obtuvo una harina color café claro (figura 2).



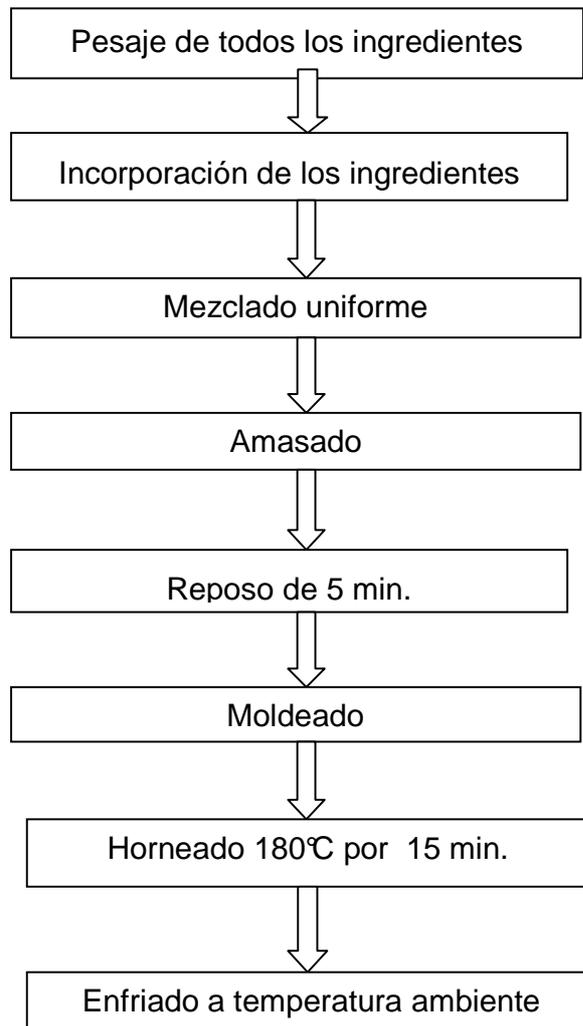
- Huevo            3 unidades
- Cocoa            10 g
- Agua

### **3.5.1 Elaboración de los quequitos**

Pesar cuidadosamente todos los ingredientes, hasta crear una distribución uniforme y formar la masa, des pues se dejo reposar 10 minutos, transcurrido el tiempo se vierte en los moldes y se colocan en un compartimiento apropiado para los panes, finalmente se pasan al horno previamente precalentados a una temperatura al iniciar la cocción de la masa a 180 °C por un periodo de tiempo de 15 minutos (figu ra 3)

### **3.5.2 Cocción de la masa**

El objetivo del horneado es cocer la masa, transformarla a un producto apetitoso y digerible. La temperatura adecuada para la cocción es de 180 a 220 °C. Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dure esta fase de la cocción.



**Figura 3. Proceso de panificación**

### **3.6 Análisis bromatológico**

Una vez elaborado los quequitos se realizó un análisis bromatológico de: materia seca total, cenizas totales, fibra cruda, extracto etéreo, proteína. Mediante análisis proximal (A.O.A.C, 1990).

### 3.6.1 Determinación de materia seca total

Se colocaron crisoles en la estufa (Marca Thelco, modelo 27) a 105 °C por 12 horas, transcurrido este tiempo se sacaron los crisoles de la estufa y se colocaron en un desecador de 10-20 min hasta peso constante y en seguida se pesaron en la balanza analítica y se registró el peso. Posteriormente se le agregaron 2 g de muestra y se colocaron en la estufa por 24 horas, por último se peso el crisol con muestra seca.

$$\% \text{MST} = \frac{\text{peso del crisol con muestra seca} - \text{peso crisol solo}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{Humedad} = 100 - \% \text{MST}$$

### 3.4.2 Determinación de contenido de cenizas

Después de haber determinado MST, el contenido de esta muestra se paso a una parrilla para pre-incineración, a baja temperatura para evitar salpicaduras, hasta que dejó de producir humo. El crisol se colocó en la mufla (marca Thermolyne modelo 1500), con temperatura de 600 °C, por un periodo de tiempo de 2-3 horas, se retiraron, se enfriaron por 30 minutos en un desecador, se pesó y se realizaron los calcular.

$$\%C = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{peso del crisol solo}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

### 3.6.3 Determinación de grasa por el método de Soxhlet

Se determinan de acuerdo al método Soxhlet, que consiste en la extracción de compuestos no polares por medio de calor. Se colocaron en una estufa los matraces bola fondo plano con tres perlas de vidrio por 12 h, transcurrido este tiempo se sacaron de la estufa y se colocaron en un

deseCADador de 10-20 min hasta peso constante. En un papel filtro se pesaron 4 g de muestra y se colocaron dentro de un dedal de celulosa. A los matraces bola, se les agregó 250 ml de hexano y se colocaron con el sifón Soxleth por 5 h, se dejó enfriar, posteriormente se retiró el dedal con pinzas y se recuperó el solvente excedente. Se colocaron los matraces en la estufa hasta peso constante, se sacaron, se enfriaron el desecador y se pesaron.

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{peso de matraz con grasa} - \text{peso matraz solo}}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

#### 3.6.4 Determinación de fibra cruda

Se pesaron 2 gramos de muestra desengrasada, se colocaron en un vaso de berzelius, se agregó 100 ml de solución de ácido sulfúrico al 0.225N, se colocó en el vaso digestor, y se abrió el sistema de enfriamiento, se encendió la parrilla y se calentó la parrilla, y cuando la muestra empezó a hervir se tomó el tiempo de 30 minutos. Se sacó la muestra se filtró sobre una tela de lino y se lavó con agua destilada caliente. Se pasó la fibra a la fibra al vaso de berzelius con 100 ml de solución de hidróxido de sodio al 0.313 N conectar nuevamente al aparato de reflujo por 30 min. Transcurrido el tiempo se retira la muestra, se filtró y lavó con agua destilada caliente, se colocó la muestra en crisol, dejándolo en la estufa por 12 horas a una temperatura de 100-103°C, se retiró el crisol de la estufa, enfriar y pesar. Pre incinerar la muestra en parrillas y meter en la mufla a 600°C por 3 horas, transcurrido el tiempo, sacar, enfriar y pesar

$$\% \text{ F.C} = \frac{\text{peso de crisol con fibra seca} - \text{peso de crisol fibra cenizas}}{g \text{ de muestra}} \times 100$$

### 3.6.5 Determinación de proteínas por método macro kjeldhal

Consistió en colocar 1 g de muestra seca y molida en un matraz Kjeldhal, se adicionó la mezcla de selenio (catalizador), 6 perlas de vidrio y 30 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó el matraz en el digestor Kjeldhal en la parrilla de calentamiento hasta que la muestra cambió de color café oscuro a verde claro (Sistema Kjeldhal, marca Labconco). Previamente en un matraz Erlenmeyer con 50 ml de ácido bórico, se añadieron 5 a 6 gotas de indicador mixto y se colocó la manguera de destilador dentro del matraz. Se agitó el matraz Kjeldhal con cuidado, se adicionó lentamente 110 ml de hidróxido de sodio al 45 % y 4 ó 5 granallas de zinc, con cuidado se llevó al aparato de destilación Kjeldhal y se recibió hasta 300 ml de solución en el matraz Erlenmeyer. La titulación se realizó con ácido sulfúrico 0.1 N (viraje a color rosa pálido).

$$\% N = \frac{(\text{ml gastados de la muestra} - \text{ml blanco})(\text{normalidad de ácido})(0.0014)}{\text{g de muestra}} \times 100$$

$$\%P = (\%N) (6.25)$$

\*6.25 = factor para convertir el nitrógeno en proteína

### 3.7 Evaluación sensorial

Estuvo formada por un panel de 60 jueces no entrenados, estudiantes de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a los cuales se le proporciono los material necesarios(figura 4) para que evaluaran los quequitos (figura 5) adicionados con harina de lombriz con las diferentes formulaciones y un testigo. Los jueces evaluaron los siguientes atributos: color, olor, textura y sabor.



**Figura 4. Cubículo para evaluación sensorial**



**Figura 5. Evaluación de quequitos**

### **3.8 Prueba de preferencia**

A cada uno de los jueces se le proporciono cuatro muestras de quequitos, tres de ellas con diferentes concentraciones de harina de lombriz y un testigo, y se les pidió a los jueces que ordenaran las muestras de menor a mayor preferencia, en la que se les asigno el número 1 como menor preferencia y el 4 como mayor preferencia, de acuerdo a los siguientes atributos: color, olor, textura y sabor (anexo 1).

### **3.9 Análisis Estadístico**

El análisis estadístico consistió en dos pruebas, la primera fue el diseño completamente al azar (con 60 repeticiones) y la segunda fue la separación de medias de Duncan. Se manejaron cuatro variables bajo los cuatro tratamientos. El paquete que se utilizó fue el SAS (2008).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el Cuadro 8 se muestra los resultados obtenidos da la separación de media de Duncan (SAS 2008) para la prueba sensorial, para determinar la preferencia de los consumidores en las propiedades como color, textura, olor y sabor, de los quequitos elaborados con harina de lombriz y el normal.

**Cuadro 8. Resultados de evaluación sensorial por el método de Duncan.**

Propiedades	Resultado de Evaluación sensorial tratamientos			
	1	2 – HL 5%	3- HL 7%	4- HL 10%
Color	2.81B	2.93BA	3.18A	2.23C
Textura	2.58B	3.06A	3.08A	2.15C
Olor	2.75BA	3.01A	3.01A	2.45B
Sabor	2.41B	2.76A	2.81A	1.9C

HL: Harina de lombriz.

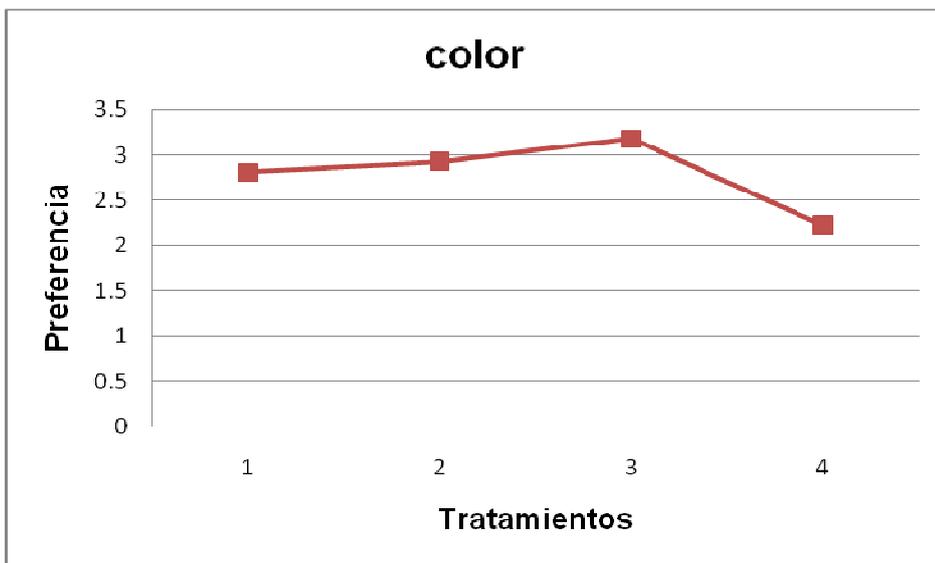
Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Color= $Pr>F=p<.0001$ , Textura= $Pr>F=p<.0001$ , olor  $Pr>F=p<0.0040$ , sabor  $Pr>F=p<.0001$

Siendo el tratamiento 3, que contiene un 7% de harina de lombriz , es superior al testigo así mismo para los demás tratamientos, para la propiedad textura y sabor estadísticamente, el tratamiento es igual al tratamiento 2, como para estas propiedades son altamente significativos superando al testigo y tratamiento 4.

Para la propiedad de color, existe una diferencia muy significativa ( $P<0.01$ ) entre los tratamientos, ya que los primeros tres tratamientos la calificación del color va aumentando según se agrega el concentrado de la harina de lombriz, sin embargo, el concentrado más alto (tratamiento 4) es el que recibe la calificación más baja.

La calificación más alta la tiene, el tratamiento 3 con una media de 3.18, el tratamiento 2 con media de 2.93, el tratamiento 1 con una media de 2.81, El tratamiento 4 es totalmente diferente y cuenta con la calificación más baja, 2.23.

En la figura 6 se observa los resultados obtenidos, donde se afirma que el tratamiento 3 fue superior para todas las propiedades del análisis sensorial y el menor fue el tratamiento 4. Esto se debe que el color de los quequitos va aumentando conforme se aumentan el concentrado de harina de lombriz y para los consumidores les agrado mas en tratamiento 3 ya que su color fue café claro mientras que el tratamiento 4 se torna a un color café oscuro y es desagradable a la vista.

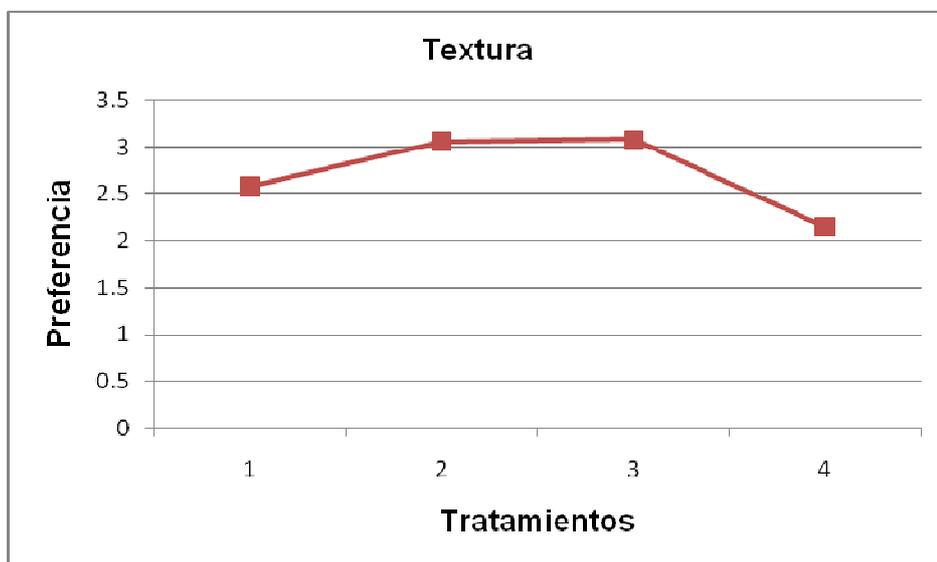


**Figura 6. Comportamiento del color respecto a la concentración de la harina de lombriz**

En lo que se refiere a la variable textura, existe una diferencia muy significativa ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos, Teniendo un comportamiento singular (figura 7), en donde los tres primeros tratamientos tienen un aumento en su calificación, para luego decaer en el cuarto tratamiento.

Los dos tratamientos con mayor calificación son el tres y el dos con 3.08 y 3.06 forman un grupo, y en segundo lugar está el tratamiento 1 con una media 2.58, y por separado y en último lugar el tratamiento 4 con una media de 2.15.

El comportamiento se puede deber los consumidores al momento de tocar los quequitos encuentra diferencias ya que unos son as suaves que otros

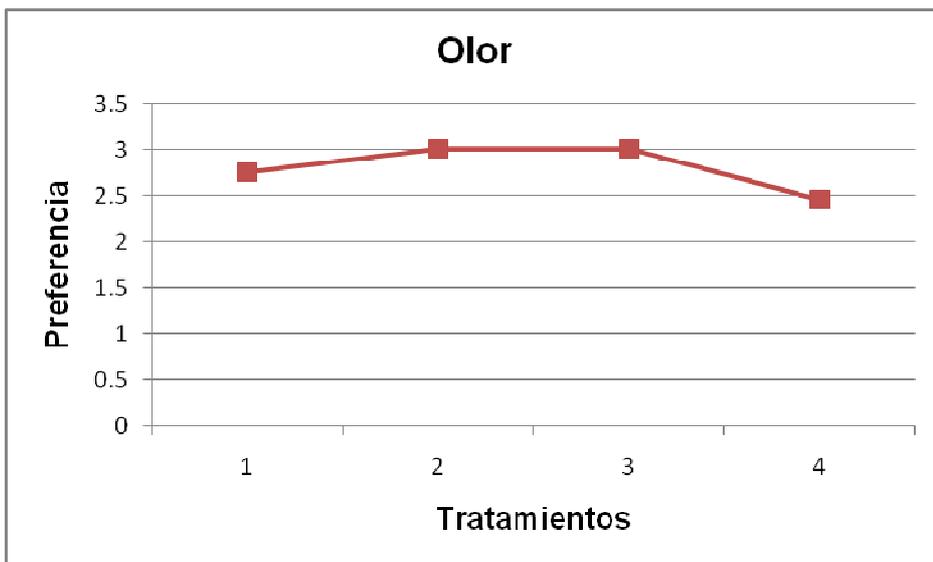


**Figura 7. Comportamiento de la textura respecto a la concentración de la harina de lombriz**

En la variable olor existe diferencia muy significativa ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos. Las medias también presentan un aumento en la calificación en los tres primeros tratamientos y decae en el cuarto tratamiento. El comportamiento no es de línea recta (figura 8).

Los tres primeros tratamientos forman grupo, es decir, son estadísticamente iguales, pero el tratamiento 1, que está en tercer lugar, puede

también caer en último lugar junto con el tratamiento cuatro, que tiene el nivel más bajo con una media de 2.25 . Al igual que las variables anteriores tiene un aumento en las calificaciones y decae en el tratamiento 4, esto es porque el tratamiento 4 tiene un olor más penetrante lo cual lo hace desagradable al olfato

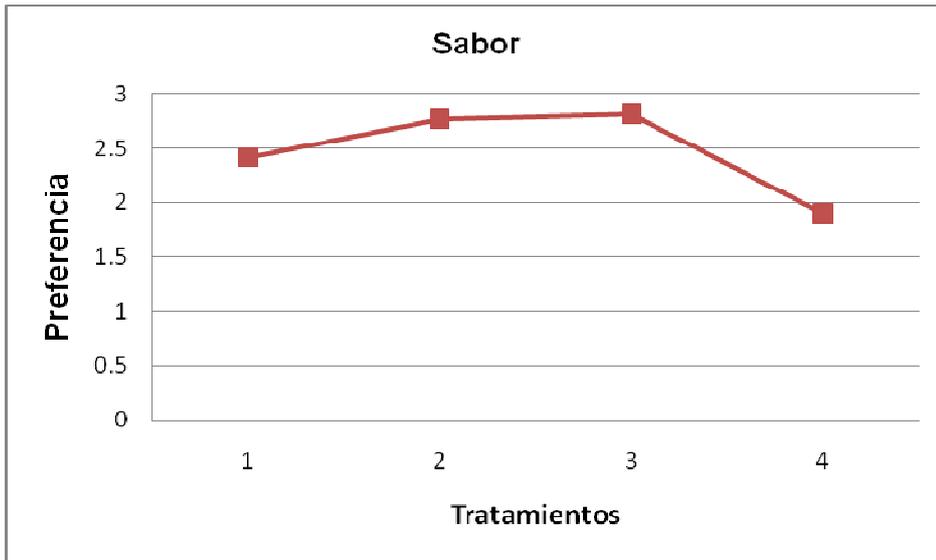


**Figura 8: Comportamiento del olor en las diferentes concentraciones de harina de lombriz.**

En la variable sabor también existe diferencia muy significativa ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos. Al igual que las otras variables, los tres primeros tratamientos van incrementando la calificación del sabor, para después caer en el tratamiento 4 y el comportamiento no es una línea recta (figura 9).

Los tratamientos 3 y 2 tienen los promedios más altos y forman grupo, es decir, son estadísticamente iguales, en tercer lugar está el tratamiento 1 con una media de 2.41 y finalmente el tratamiento 4 queda en último lugar con una media de 1.9.

En la siguiente grafica 9 se puede observar el aumento de los tres primeros tratamientos y el descenso del tratamiento 4, este se puede deber a que el tratamiento 3 es la mezcla ideal y el sabor es más agradable, ya que los consumidores la prefirieron más.



**Figura 9. Comportamiento del sabor respecto a la concentración de la harina de lombriz.**

En el Instituto Politécnico Nacional (I.P.N), Iliana Méndez Barajas (2005), elaboro galletas con harina de lombriz, utilizando 140 gramos de harina de trigo por cada 40 gramos de harina de lombriz, leche, azúcar, cocoa, nuez y huevo. Méndez realizo varias pruebas sensoriales donde comprobó que las galletas tienen buena aceptación entre la población, ya que las personas no distinguieren entre unas galletas normal y las que tenias harina de lombriz.

En este trabajo se realizo una prueba de preferencia de evaluación sensorial, de acuerdo a los resultados se puede decir que hay cierta preferencia ya que se manejaron 4 muestras, y la mas preferida por los consumidores fue 7% de harina de lombriz.

#### 4.1. Resultados del análisis bromatológico de los quequitos de la técnica A.O.A.C. 1990.

En el Cuadro 9 se indican los resultados del análisis bromatológico y las diferencias que hay en cada una de las pruebas y en las diferentes formulaciones y del testigo.

**Cuadro 9. Resultado bromatológico de los quequitos con harina de lombriz y el testigo**

	<b>Quequito Testigo</b>	<b>Quequito HL 5%</b>	<b>Quequito HL 7%</b>	<b>Quequito HL 10%</b>
Humedad	28. %	26%	24%	20%
Cenizas	2.66%	3.39%	3.48%	4.0%
Proteína	13 %.	15.07%	16.30%	17.60%
Grasa	5.39%	5.45%	5.57%	5.69%
Fibra cruda	0.27%	0.37%	0.40%	0.41%

**HL: Harina de Lombriz**

En cuanto humedad existen diferencias entre las muestras, el testigo es el que presenta mayor humedad esto pudiera deberse a que se elaboro con harina de trigo, y los demás tratamientos se les agrego las diferentes concentraciones de harina de lombriz.

En lo que obedece a la variable a cenizas si se presentaron diferencia entre tratamientos superando al testigo hay diferencias. El testigo presenta en menor cantidad de cenizas, entre las muestras 5 y 7 % de harina de lombriz hay una ligera variación, y la muestra con 10% de harina de lombriz es el que tiene mayor cantidad de cenizas. Esto quiere decir que el aumento de la harina

de lombriz aumenta en contenido de cenizas ya que la lombriz contiene 13 % de cenizas, por lo tanto aumenta en contenido de la misma.

En proteína hay diferencia entre las muestras, el testigo presento menor cantidad de proteína, mientras que en las tres muestras el contenido de proteína va aumentando según se agregue harina de lombriz. Esto se debe a que la harina de lombriz presenta tiene un alto contenido de proteína.

En cuanto a grasa la diferencia que existe entre las muestras y el testigo es muy poca aumenta muy poco conforme se agrega harina de lombriz. Esto se debe a que la harina de lombriz contiene poco grasa lo que hace que no aumente el contenido de grasa ya que los ingredientes son los mismos.

El contenido de fibra el testigo presenta menor cantidad de fibra, mientras que en las otras 3 muestras van en aumento según se agrega el contenido de harina de lombriz mayor será la cantidad de fibra.

De acuerdo con los resultados bromatológicos de los quequitos que se observan en Cuadro 9, a mayor cantidad de harina de lombriz que se agrega se incrementa los parámetros analizados. Resultados similares Cruz (2010) al elaborar un pan con harina de trigo y harina de amaranto. En este trabajo el contenido de proteína con la concentración más alta de harina de lombriz que fue de 10% presentó 17.60 % de proteína, mientras que en el trabajo de Cruz (2010) la concentración más alta de harina de amaranto fue de 20% presento 8.91 %de proteína. Esto se debe a que la harina de lombriz presenta 54 % de proteína mientras que el amaranto presenta 17.97 % de proteína.

## 5. CONCLUSIONES

- En base a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos del presente trabajo se concluye lo siguiente:
- Se obtuvieron quequitos con un alto valor nutricional utilizando mezclas de harina de trigo y harina de lombriz, del cual se mantuvo sus características físicas y similares a las de un producto de panificación normal.
- De acuerdo al análisis bromatológico de los quequitos, el que tuvo un alto contenido de proteínas fue la formulación con 10 % de harina de lombriz con 17.60% de proteína. En segundo lugar tenemos a la formulación de 7% de harina de lombriz con un contenido de proteína de 16.30%, y en la formulación de 5% de harina de lombriz se obtuvo un contenido proteico de 15.07 %. Y el testigo que presento un contenido proteico de 13 %.
- Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial se concluye que el tratamiento 3 fue el más preferido por los consumidores en todos los atributos, color, textura, olor y sabor.
- Se puede concluir que la adición de harina de lombriz, mejora la calidad nutrimental de los quequitos y además es preferido por los consumidores. Esto puede ser una alternativa para mejorar la desnutrición en México.

## 6. RECOMENDACIONES

- Darles una alimentación apropiada a las lombrices, este es un factor importante al obtener la harina ya que se refleja en el color, sabor y olor, y tener un buen manejo al momento del sacrificio no estresarlas.
- Al momento de deshidratar las lombrices se debe tener mucho cuidado con la temperatura, ya que si la temperatura es muy alta puede afectar el olor y sabor de la harina.
- Formular nuevas concentraciones utilizando mayor contenido de harina de lombriz y lograr que los consumidores no lo detecten.
- Aprovechar esta fuente de proteína y desarrollar nuevos productos alimenticios. Y utilizarlo con doble propósito, primero como una alternativa de reciclaje de desechos orgánicos y segundo como una fuente de proteína.

## 7. LITERATURA CITADA

**A.O.A.C. (1990)** METODOS OFICIALES DE ANALISIS. Decimo cuarta edición. Association of Oficial analytical Chemists. Washington, D.C.U.S.A

**Anzaldúa Morales Antonio** 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Facultad de Ciencias Químicas Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

**Aykroyd W. R. y Joyce Doughty.** 1970. El trigo en la alimentación humana. Editorial Roma,

**Badui, Salvador.** 1999. Química de los alimentos. 3era Ed. Longman de México editores, S.A. 648pp.

**Barbado, José Luis,** Cría de lombrices. 1ª edición.- Buenos Aires: Albatros, 2004.

**Fox Brian A., Cameron Allan G. 1999.** Ciencia de los alimentos, Nutrición y salud. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F.

**Fierro, P. H y Jara, V. J** 2010. Estudio de vida útil del pan molido blando. (Tesina)Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil Ecuador. 3pp

**Ibáñez Francisco C., Barcina Angulo Yolanda,** 2001, Análisis sensorial de alimentos, Métodos y aplicaciones, Editorial Springer, España.

**Kent Jones D.W. y Amos a. J. (1956).** Química moderna de los cereales. Editorial Aguilar, España

**Larmond, E. (1977).** Laboratory methods for sensory evaluation of foods. Can Dept. Agr. Publ. 1637.

**Lawlees Harry T. y Heymann Hildegarde.** Sensory Evaluation of food. Principles and practices. United Status of America. Ed. KA/PP. 1999.

**Martínez C. C.** 1999. Potencial de la Lombricultura. Técnica Mexicana. Texcoco, Estado de México, México.

**Martínez C. C.** 2000. Lombricultura y Agricultura Sustentable. Compiladores: Martínez C. C. y L. Ramírez. Sin Pie de Imprenta. México.

**Mangelsdorf, Paul.** "Los alimentos en cuestiones de bromatología" Editorial Acribia. Madrid, 1973.

**Méndez Barajas Iliana.** Fabrican en IPN con lombrices de tierra galletas tan nutritivas como un filete de res. Periódico la Crónica de Hoy. 18 de Enero 2005.

**Pedrero F. Daniel L. y Rose Marie Pangborn** 1989. Evaluación sensorial de los alimentos métodos analíticos. Editorial Alhambra Mexicana, S.A. DE C.V. México D.F. Pp. 15.

**Reyes, M.** 2002. *Desarrollo de un producto de panificación apto para el adulto mayor.* (Tesis) Universidad del Valle de Guatemala. 96pp.

**Sancho Valls J., Bota E., de Castro J.J.** 2002. Introducción al Análisis de los Alimentos. Edición de la Universidad de Barcelona España.

**Ureña Peralta Milber O. y Arrigo Matilde D.** 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos Aplicación Didáctica. Lima Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.

**Wong Dominic w.,** 1995. Química de los alimentos, mecanismos y teoría. Editorial Acribia, España

## PAGINAS WEB.

**Anónimo 1.** En línea, fecha de consulta 25 de febrero 2010 alas 18 hrs. Disponible en la siguiente dirección, <http://www.Slap.Sagarpa.gob.mx/Infomer/análisis/antrigo.html#prodmexico>.

**Anónimo 2.** En línea, fecha de consulta 25 de febrero 22. 30 pm. Disponible en: <http://www.economia.gob.mx/pics/p/p1763/maiz270304pdf>.

**Anónimo 3.** En línea, fecha de consulta 24 de febrero 2010 alas 22 hrs. Disponible en la siguiente dirección, <http://www.botanical-online.com/harina.htm>

**Agromeat,** “LOMBRICULTURA: Lombrices como carne rica en proteína”  
En línea [<http://www.agromeat.com/>] Consultado el 10 de Enero, 2010 a las 18:30 hrs.

**Almonte, Rubén I.** “Lombrices como carne rica en proteína”. En línea [<http://www.agromeat.com/index.php?idNews=85170>] Consultado el 10 de febrero, 2010 a las 12:00 hrs.

**BIOAGRO,** “LOMBRICES ROJAS” En línea [<http://www.bioagro.com.uy/lrojas.htm>] Consultado el 2 de febrero, 2010 a las 16:00 hrs.

**Carrera S. M.** 2003. Una Nueva Visión de Lombricultura. Información disponible en la siguiente dirección. <http://www.ipes.org/aguila/publicaciones/lombricultura.htm>

**De la Presa, Owens Cristina,** 2001 “aplicación del análisis sensorial de la industria vitivinícola”. En línea consulado el 20 de Febrero del 2011. Disponible en: [http://www.acenologia.com/ciencia60\\_02.htm](http://www.acenologia.com/ciencia60_02.htm).

**Wittig de Penna Emma. 2001.** Evaluación Sensorial una metodología actual para tecnología de alimentos. En línea consultado 18 de febrero 2011. Disponible en:

[[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/wittinge01/index.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/index.html)].

## 8.ANEXOS

Anexo 1. Formato de la evaluación sensorial.

Nombre \_\_\_\_\_ fecha \_\_\_\_\_

Producto: Quequitos

Instrucciones: Prueba cada una de las muestras e indica cual es de tu mejor agrado: considerando una escala de 1, 2, 3 a 4 donde el 1= menos agradable y el 4= es más agradable. Recuerda no tragarte la muestra hay que desecharla y después de probar cada muestra hay que enjugarse la boca y desechar el agua en el recipiente grande de unicel.

CARACTERÍSTICA	MUESTRAS			
	275	803	996	
Color				
Textura (suavidad)				
Olor				
Sabor				

Comentarios \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Muchas Gracias

## Anexo 2. Prueba de Duncan para la variable color

The ANOVA Procedure			
Duncan's Multiple Range Test for Color			
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.			
Alpha			0.05
Error Degrees of Freedom			236
Error Mean Square			0.93404
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.3476	.3659	.3782
Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	3.1833	60	3
B A	2.9333	60	2
B	2.8167	60	1
C	2.2333	60	4

## Anexo 3 : prueba de Duncan para la variable de textura

The ANOVA Procedure			
Duncan's Multiple Range Test for Textura			
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.			
Alpha			0.05
Error Degrees of Freedom			236
Error Mean Square			0.875212
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.3365	.3542	.3660
Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	3.0833	60	3
A	3.0667	60	2
B	2.5833	60	1
C	2.1500	60	4

#### Anexo 4. Prueba de Duncan para la variable olor.

The ANOVA Procedure			
Duncan's Multiple Range Test for Olor			
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.			
Alpha			0.05
Error Degrees of Freedom			236
Error Mean Square			0.95791
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.3520	.3706	.3830
Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	3.0167	60	3
A	3.0167	60	2
B A	2.7500	60	1
B	2.4500	60	4

#### Anexo 4: Prueba de Duncan para la variable sabor.

The ANOVA Procedure			
Duncan's Multiple Range Test for Sabor			
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.			
Alpha			0.05
Error Degrees of Freedom			236
Error Mean Square			0.922458
Number of Means	2	3	4
Critical Range	.3455	.3637	.3758
Means with the same letter are not significantly different.			
Duncan Grouping	Mean	N	Trat
A	2.8167	60	3
A	2.7667	60	2
B	2.4167	60	1
C	1.9000	60	4