

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y NUTRICIONALES DE UNA  
GALLETA CON INCLUSIÓN DE HARINA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*)**



**ANDREA DEL PILAR RIASCO PALACIOS**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2018**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y NUTRICIONALES DE UNA  
GALLETA CON INCLUSIÓN DE HARINA DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*)**

**ANDREA DEL PILAR RIASCO PALACIOS**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación, para optar al título de  
Ingeniera Agroindustrial**

**Directora  
Mg. SANDRA PATRICIA GODOY BONILLA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2018**

## **Nota de aceptación**

La Directora y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autora y lo encuentran satisfactorio.

---

Mg. SANDRA PATRICIA GODOY B.  
Directora

---

Ph. D. DIEGO ROA  
Presidente del Jurado

---

Mg. RAQUEL DE LA CRUZ N.  
Jurado

Popayán, 7 de marzo de 2018

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO REFERENCIAL	13
1.1 TRIGO	13
1.1.1 Harina de Trigo	13
1.2 CHONTADURO	14
1.2.1 Harina de Chontaduro	14
1.2.2 Composición	15
1.3 HARINAS COMPUESTAS	17
1.4 ANÁLISIS FÍSICO Y PROXIMAL DE ALIMENTOS	18
1.4.1 Granulometría	18
1.4.1.1 Módulo de fineza (MF)	19
1.4.1.2 Diámetro promedio (D)	20
1.4.2 Color	20
1.4.3 Análisis de textura	22
1.4.3.1 Prueba de compresión y la prueba de quiebre	23
1.5 ANÁLISIS PROXIMAL	23
1.6 EVALUACIÓN SENSORIAL	24
1.7 FORMULACIÓN DE GALLETAS	24
1.7.1 Proceso para elaboración de galletas	26
1.7.1.1 Amasado	26
1.7.1.2 Formado	27
1.7.1.3 Horneado	27

	pág.
1.8 ESTADO DEL ARTE	28
2. METODOLOGÍA	31
2.1 ELABORACIÓN DE HARINA DE CHONTADURO	31
2.2 ANÁLISIS PROXIMAL	32
2.3 FORMULACIÓN DE GALLETAS	32
2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	33
2.5 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TEXTURA DE GALLETAS	33
2.5.1 Prueba de compresión	34
2.5.2 Prueba de quiebre	34
2.6 PRUEBA DE COLOR PARA HARINAS COMPUESTAS Y GALLETAS	35
2.7 PRUEBA DE ANÁLISIS SENSORIAL	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1 ANÁLISIS PROXIMAL	37
3.2 GRANULOMETRÍA	38
3.3 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE TEXTURA DE GALLETAS	40
3.4 ANÁLISIS DE COLOR PARA HARINA COMPUESTAS Y GALLETAS	43
3.5 ANÁLISIS SENSORIAL	45
4. CONCLUSIONES	46
5. RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	56

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición química de la harina trigo	14
Cuadro 2. Composición química de la harina de chontaduro	15
Cuadro 3. Aminoácidos esenciales del chontaduro y patrones recomendados	16
Cuadro 4. Ácidos grasos del chontaduro	16
Cuadro 5. Diseño experimental para las mezclas	33
Cuadro 6. Comparación porcentual de harina de trigo y harina de chontaduro	37
Cuadro 7. Análisis granulométrico de la harina de chontaduro	39
Cuadro 8. Módulo de Fineza y diámetro promedio de la harina	40
Cuadro 9. Análisis de varianza de los parámetros texturales de las galletas	41
Cuadro 10. Galletas obtenidas con las diferentes harinas compuestas y testigo	44
Cuadro 11. Valores de análisis y cambio total de color en la harinas y galletas	44
Cuadro 12. Resultados de prueba de análisis sensorial	45

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Espacio de color L*C*h	21
Figura 2. Diferencias de color	22
Figura 3. Esquema metodológico del proceso	31
Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas	32
Figura 5. Prueba de compresión uniaxial	34
Figura 6. Prueba de quiebre realizada a una galleta	35
Figura 7. Distribución de las partículas de harina por cada tamiz	39
Figura 8. Compresión	41
Figura 9. Fracturabilidad	42
Figura 10. Dureza	42
Figura 11. Variación del color entre las harinas	43

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis bromatológico de la harina de chontaduro	56
Anexo B. Prueba de evaluación sensorial	57
Anexo C. Análisis de varianza y prueba de diferencia de Tukey para sabor residual de galletas	58

## RESUMEN

El chontaduro (*Bactris gasipaes*) es una palmera nativa de los trópicos americanos. Es una poderosa alternativa alimenticia y nutricional con altos beneficios, pues presenta entre el 2,5 y 5,5% de proteína de alta calidad, ya que contiene de 7 de 8 aminoácidos esenciales. Además el contenido de grasa del fruto hace de éste una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados (oleico, linoleico y linolénico) con beneficios a nivel cardiovascular (Chaparro, 2011; Restrepo et al., 2012). Por su poder nutricional se evaluó la sustitución de harina de trigo en galletas con una formulación estándar en la que se incluyeron diferentes porcentajes de harina de chontaduro, con el fin de evaluar la incidencia de las mezclas con 30-60% de harina de chontaduro sobre las propiedades bromatológicas, evaluando el contenido de fibra cruda, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos; asimismo se evaluaron propiedades físicas y sensoriales en las galletas elaboradas con las mezclas.

En cuanto a las propiedades bromatológicas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en fibra cruda y grasa; no hubo mayor diferencia en los contenidos de proteína, cenizas y carbohidratos. Al igual que los niveles de sustitución, no se observó diferencia estadísticamente significativa entre las propiedades físicas y sensoriales de los tratamientos. Aun así hubo tendencias entre los tratamientos en el grado de aceptación del producto final.

**Palabras clave:** Chontaduro, *Bactris gasipaes*, propiedades bromatológicas.

## ABSTRACT

The chontaduro (*Bactris gasipaes*) is an American tropics native palm. It is a powerful food and nutritional alternative with high benefits, this presents between 2.5 and 5.5% of high quality protein and contains 7 of 8 amino acids essentials. In addition, the fat content of the fruit makes it an important source of polyunsaturated fatty acids (oleic linoleic and linolenic) with cardiovascular benefits (Chaparro, 2011, Restrepo et al., 2012). Due to its nutritional power, the substitution of wheat flour in biscuits with a standard formulation in which different percentages of chontaduro flour were included in order to evaluate the incidence of mixtures with 30-60% of chontaduro flour on the bromatological properties, evaluating the content of crude fiber, protein, fat, ash and carbohydrates and evaluated physical and sensory properties in the cookies made with the mixtures.

As for the bromatological properties, statistically significant differences ( $P < 0.05$ ) were found in crude fiber and fat; There was no greater difference in protein, ash and carbohydrate contents. As well as the substitution levels, no statistically significant difference was observed between the physical and sensorial properties of the treatments. Even so there were tendencies among the treatments in the degree of acceptance of the final product.

**Keywords:** Chontaduro, *Bactris gasipaes*, bromatological properties.

## GLOSARIO

**ÁCIDOS GRASOS:** son componentes naturales de las grasas y los aceites. Tomando como referencia su estructura química, se pueden clasificar en tres grupos: saturados, monoinsaturados y poliinsaturados.

**ACTIVIDAD ENZIMÁTICA:** se define como la reacción responsable de la transformación en condiciones óptimas de la enzima. Relacionada en especial con la degradación del fruto.

**AMINOÁCIDOS ESENCIALES:** son componentes proteicos necesarios para el correcto funcionamiento del organismo, que se deben tomar necesariamente en la dieta.

**AMINOÁCIDOS CONDICIONALMENTE ESENCIALES:** aminoácidos que se requieren de fuentes dietéticas, cuando la síntesis endógena no cubre las necesidades metabólicas.

**BROMATOLOGÍA:** son la evaluación química de la materia, que permite conocer la composición cualitativa y cuantitativa de los nutrientes de los alimentos.

**CAROTENOIDES:** son un grupo numeroso de pigmentos liposolubles muy difundidos en los reinos vegetal y animal, producen colores que van desde el amarillo hasta el rojo intenso y precursores de la vitamina A.

**COMPRESIÓN:** es la fuerza de resistencia a la compresión de un pistón.

**DUREZA:** la máxima fuerza durante el quiebre total

**FRACTURABILIDAD:** la fuerza al primer rompimiento significativo de la muestra a evaluar.

**GRANULOMETRÍA:** es el análisis de la distribución de una muestra, en tamices previstos de una escala numérica, que mide el tamaño del grano.

**MESOCARPIO:** es la parte carnosa de la fruta que se consume normalmente.

**PERICARPIO:** conjunto de capas que envuelven y protegen a la semilla.

**SABOR RESIDUAL:** parámetro para identificar el sabor que queda al final de la boca después de probar una muestra.

## INTRODUCCIÓN

Las harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado por la FAO, se refiere a mezclas elaboradas para reducir el trigo, en productos como pan, pastas y galletas. Las harinas compuestas pueden prepararse a base de cereales y pueden o no contener harina de trigo. Las mezclas de harinas son una importante opción frente al consumo de productos total o parcialmente libres de gluten, o una opción para el segmento de lo “saludable”.

Estas harinas compuestas pueden contener harina de trigo diluida, en la cual la harina de trigo se sustituye por otras harinas hasta en 40%; o puede tratarse de harinas que no contienen trigo y están hechas de harinas de tubérculos y una proteína suplementaria. Estos productos son diferentes en sus características reológicas al compararlas con aquéllas preparadas a base de trigo. En 1975, el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) propuso extender el concepto de harinas compuestas para cubrir también otro tipo de harinas que no fuera necesariamente sólo a base de cereales y tubérculos o usada únicamente para la preparación de productos de panadería, como es el caso de las harinas compuestas, desarrolladas para la preparación de alimentos de alto valor nutritivo a base de harinas de cereales, leguminosas, oleaginosas y frutos (Elías, 1996).

La deshidratación es una de las alternativas con las que cuenta hoy en día la industria alimentaria para prolongar la conservación de una sustancia o una muestra de interés y además mantener algunas de las propiedades organolépticas, reduciendo la actividad enzimática y el ataque de microorganismos. Se ha podido establecer que el fruto de chontaduro es valioso por su aporte proteico, por el contenido de aminoácidos esenciales: Treonina, Isoleucina, Leucina, Valina, Metionina Fenilalanina y Lisina, carotenoides y ácidos grasos omega 3,6 y 9 que son importantes en la dieta.

Se consultaron diferentes investigaciones sobre uso de harinas compuestas, hallando factible la elaboración de mezclas de harinas de trigo y chontaduro, para la fabricación de productos de panadería tradicional de la gastronomía regional; lo cual adelantó al presente trabajo como objetivo, obtener galletas a base de harinas compuestas (trigo y chontaduro) con cuatro niveles de inclusión (30%, 40%, 50%, 60%) para evaluar las propiedades nutricionales, características físicas a través de pruebas de textura y color y la aplicación de una prueba de evaluación sensorial para determinar la aceptación del producto.

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 TRIGO

Trigo (*Triticum* spp) es el término que designa al conjunto de cereales, cultivados y silvestres, que pertenecen al género *Triticum* (León y Rosell, 2007). El trigo es la planta de más extenso cultivo del mundo en el siglo XX. El trigo se cultiva preferentemente para ser destinado al consumo humano, y en menor cantidad para piensos. El grano del trigo se utiliza para hacer harina, harina integral, sémola y malta, así como una gran variedad de productos alimenticios derivados de estos, como pan, galletas, cerveza, whisky, pasta, cereales de desayuno, aperitivos, etc. (León y Rosell, 2007). Actualmente la producción mundial de trigo está de 716.9 millones de toneladas en mayo de 2016 y se estimó de 732.9 millones de toneladas en el año 2015/2016 (FAO, 2016).

**1.1.1 Harina de Trigo.** La harina de trigo es única porque su dotación proteica capaz de formar gluten, una red tridimensional que puede retener los gases producidos en la fermentación. Esta condición depende de la variedad, el ambiente de cultivo y la molienda, cuyo proceso consiste en la eliminación del pericarpio del grano seguido de la reducción gradual del tamaño de la partícula de harina y la posterior separación de los productos por tamizado. Casi todo el trigo se destina a la fabricación de panificación y pastelería, pero en general, las harinas procedentes de variedades de grano duro se destinan a la fabricación de pastas alimenticias, y las procedentes de trigos blandos a la elaboración de masas pastelera y panificación. Los trigos de grano duro tienden hacer ricos en proteína y tiene el endospermo vítreo (la parte central blanca, harinosa que produce la harina). Al molerla, se deshace el grano y los granos de almidón se lesionan fácilmente con la consecuencia de altas absorciones de harina/agua (es la cantidad de agua que se necesita para dar una cierta consistencia a la masa). En contraposición los trigos de granos blandos producen un tipo de harina plumoso con almidón menos lesionado y con inferior poder de absorción acuosa. Los niveles de proteína son típicamente bajos o muy bajos y la proteína rinde un gluten que es menos resistente y más extensible.

En general, las proteínas que constituyen el gluten son: las gliadinas, que contribuyen esencialmente a la viscosidad y a la extensibilidad de la masa y las gluteninas, que son responsables de la fuerza y elasticidad de la masa. Esta estructura distintiva es crucial para las características de la textura de los productos de panificación y repostería. Las proteínas de la harina de trigo pueden clasificarse con base en funcionalidad y solubilidad, de acuerdo a su funcionalidad las proteínas se dividen en dos grandes grupos: formadoras de gluten y aquellas que no forman gluten. Las primeras se denominan proteínas de almacenamiento y constituyen alrededor del 75-80% del total; por otro lado, las proteínas no formadoras de gluten representan entre el 20-25% del contenido total y se encuentran aquí la mayoría de enzimas (León y Rosell, 2007). La composición del grano de trigo puede variar de acuerdo a la región, condiciones de cultivo y año de cosecha. También la calidad y cantidad de nutrientes dependen de las especies de los trigos que influirán en sus propiedades nutritivas y funcionales.

Cuadro 1. Composición química de la harina trigo

Análisis	Composición % y energía calórica
Humedad	11,26 +/- 0.16
Ceniza	1,01 +/- 0.03
Proteínas	12,87 +/- 0.19
Lípidos	2,19 +/- 0.04
Fibra	0,71 +/- 0.02
Carbohidratos	83,21 +/- 1,51
Energía (kcal 100 g <sup>-1</sup> )	429,11 +/- 4,74

Fuente. De Oliveira, 2005.

## 1.2 CHONTADURO

El chontaduro, palma cuyo nombre científico es *Bactris Gasipaes*; es una especie americana intertropical, su distribución geográfica es muy extensa. Se encuentra en la región amazónica de Bolivia y Brasil, así como en ciertas regiones de Centro América. Es también llamado tembé (Bolivia), pupunha (Brasil), chontaduro o cachipay (Colombia y Ecuador), pejibaye (Costa Rica y República Dominicana), pibá (Panamá), pijuayo (Perú) y pijiguao (Venezuela). (Tapia, 2014). El nombre incluido en el Diccionario de la Lengua Española es el de Pejibaye.

Este fruto es importante por su aporte en nutrientes (alto contenido de almidón, grasa, fibra, b-caroteno, ocho aminoácidos esenciales y bajo contenido de sodio y azúcares), cultivado artesanalmente y cosechado dos veces al año. (Tapia, 2014). Sin embargo, la comercialización de esta fruta se dificulta ya que bajo condiciones naturales la vida poscosecha del chontaduro es limitada, lo que provoca grandes pérdidas en poscosecha. En tan solo cuatro días a temperatura ambiente, hasta un 70% de la fruta cruda de chontaduro puede sufrir algún grado de deterioro. Especialmente por enfermedades causadas por hongos sobre la epidermis o piel a causa de las espinas de la palma, generando podredumbre negra, causada por el hongo *Ceratocystis spp* y pudrición blanca causada por el hongo *Monilia sp*. (Daza, 2015).

**1.2.1 Harina de Chontaduro.** La harina de chontaduro se produce mediante el escaldado del fruto con agua hirviendo. El tiempo de escaldado en agua hirviendo es de 45 minutos. Otra forma de realizar el escaldado del chontaduro es mediante el uso de vapor de agua. Mediante este método el tiempo requerido es de 20 minutos. (Argüello, 2007). Para obtener la harina se debe eliminar la cáscara y descorazonar, ya que esto le confiere un sabor desagradable, además de aumentar el contenido de fibra. Se finaliza deshidratando la pulpa y moliendo en seco. La pulpa de chontaduro es rica en almidón para permitir la preparación de la harina, una vez obtenida la harina es importante tamizar porque las características granulométricas de una materia prima procesada, constituyen un aspecto importante en la formulación de productos de panificación, ya que una distribución adecuada de partículas, permite una mayor uniformidad del producto final (Souza, 2010). La granulometría es la medición de los granos por tamaño en una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de fracciones por tamaño retenido en una serie de tamices por tamaño previstos por una escala granulométrica con fines de

análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas. Las propiedades físicas de un producto pulverulento están directamente relacionadas con el tamaño de las partículas, la reducción de tamaño de los sólidos, permite que los materiales se pulvericen a tamaños más pequeños por acción mecánica para mayor uniformidad (Geankoplis, 1998). Las características granulométricas de una materia prima son importantes en la formulación de productos de panificación, ya que la distribución adecuada de partículas, permite una mayor uniformidad del producto final (Souza, 2010).

**1.2.2 Composición.** La composición química del chontaduro permite afirmar que representa una buena fuente de vitamina A, gracias a su alto contenido de carotenoides, los cuales están involucrados en el fortalecimiento del sistema inmunológico y disminución del riesgo de enfermedades como cáncer, enfermedades cardiovasculares, artritis, entre otros. Además contiene pequeñas cantidades de tiamina, niacina, riboflavina y vitamina C (Gómez, 1997). Es un alimento de alta densidad energética, alto contenido de fibra dietética y su grasa posee alrededor de una 50% de ácidos grasos insaturados. El chontaduro posee todos los aminoácidos esenciales y se considera una fuente excelente de proteína de calidad.

El chontaduro es considerado como uno de los alimentos tropicales o amazónicos de alto valor nutritivo, constituyéndolo como un importante alimento en la dieta humana. En relación con su potencial alimentario, el chontaduro contiene proteínas de buena calidad, con nueve aminoácidos esenciales y cantidades altas de precursores de vitamina A y C (betacaroteno), carbohidratos complejos, fósforo, calcio y zinc. Aunque el contenido total de proteína del chontaduro es bajo comparado con el de soya, ajonjolí, frijol, maní, entre otros; su calidad proteica, medida por los aminoácidos indispensables, la convierten en una fuente buena de proteína (Gallardo, 1980).

Cuadro 2. Composición química de la harina de chontaduro

Análisis	Composición %
Humedad	12
Ceniza	1.6
Proteínas	10.4
Lípidos	16.29
Fibra	5.18
Carbohidratos	61.5

Fuente Miranda, 2015.

El Chontaduro puede ser ideal para personas diabéticas, debido a que el índice glucémico del chontaduro es de 35 mg/dl, clasificándolo como bajo; su valor es similar a aquellos presentado por las legumbres como lentejas (29), garbanzos (36) y frijoles (48) y menos que algunos valores reportados para cereales como la cebada (68) y algunas variedades de arroz (64) (Quesada *et al.*, 2011). Un estudio de la digestibilidad del chontaduro en ratas demostró que el fruto incide en el aumento de peso y absorción de la proteína, comprobando que la proteína ingerida por el animal es mayor al de la excreción, reforzando así el grado de digestibilidad del chontaduro (Arango, 2011).

Cuadro 3. Aminoácidos esenciales del chontaduro y patrones recomendados

Aminoácidos esenciales	mg AA g de proteína	Requerimientos nutricionales <sup>a</sup>		
		Lactantes	Niños 1 a 3 años	Adultos 4 años ≤
Isoleucina	17	55	32	30
Leucina	26	96	66	61
Lisina	46	69	57	48
Metionina	13	33	27	23
Fenilalanina	13	94	52	41
Treonina	25	44	31	25
Triptófano	-	17	8,5	6,6
Valina	27	55	43	40
Histidina <sup>b</sup>	27	21	20	16
Arginina <sup>b</sup>	92	-	-	-

<sup>a</sup>FAO, 2013

<sup>b</sup>Aminoácidos condicionalmente esenciales

Fuente. Restrepo *et al*, 2012.

En el cuadro 3 se presenta el contenido de aminoácidos esenciales de la harina de chontaduro, donde se destaca la presencia de lisina, un aminoácido que se encuentran en los alimentos ricos en proteínas y donde además cumple los requerimientos nutricionales de una población de una edad mayor a 4 años. Otros aminoácidos que también se destacan por su contenido en la harina, son la arginina y la histidina, que junto a la lisina, estimulan la liberación de la hormona del crecimiento; hecho importante en las edades prematuras de una población y para retrasar el envejecimiento. Asimismo se afirma, que la combinación de lisina y arginina reduce el estrés y los niveles de cortisol (Smriga, 2007).

En cuanto a la composición de los ácidos grasos del chontaduro, el ácido oleico mono-insaturado es el de mayor proporción en la fracción lipídica con valores que van desde 38,0 a 51,9%, y siendo el ácido palmítico el más abundante de los ácidos grasos saturados con valores desde 34,0 hasta 39,0%. Entre los ácidos grasos esenciales, el ácido linoleico es el más abundante con valores que van desde 2,4 a 8,0% (Restrepo *et al*, 2012). El consumo de ácidos grasos monoinsaturados, tal como el ácido oleico, conduce a la reducción del colesterol total y a la disminución de los niveles de lipoproteínas de baja densidad (LDL) y triglicéridos sanguíneos, sin que se vean alterados los niveles de lipoproteínas de muy alta densidad (HDL) o las lipoproteínas de muy baja densidad; en este sentido, el contenido de ácidos grasos de chontaduro se puede constituir en una buena opción para consumo humano (Yuyama, 2003).

Cuadro 4. Ácidos grasos del chontaduro

Ácido graso	Porcentaje total de Aceite (%)
<b>Insaturado</b>	<b>62.4</b>
Oleico	51.9
Linolénico	0.2
Linoleico	2.4
Palmitoleico	7.9
<b>Saturado</b>	<b>36.5</b>

Cuadro 4 (Continuación)

Ácido graso	Porcentaje total de Aceite (%)
Palmítico	34.9
Estearico	1.5
Láurico	0.014
Mirístico	0.120

Fuente. Restrepo *et al*, 2012.

El chontaduro es una fuente de provitamina A, conteniendo altos porcentajes y calidad de sus carotenoides, (Restrepo *et al*, 2012). Los cuales son poco destruidos durante el cocimiento por su carácter lipofílico, ya que no se disuelve en el agua de cocción, sin embargo, se alteran fácilmente por oxidación, lo que produce como consecuencia un pardeamiento, (Meléndez, 2004). El color del mesocarpio está directamente relacionado con el contenido de carotenoides e inversamente relacionado con el extracto etéreo (Gallardo, 1980).

Para secar productos como el chontaduro se recomienda considerar factores al escoger la materia prima para obtener buen color, sabor, olor y textura. Los tres primeros dependen en gran parte a la composición y cambios químicos y la textura está relacionada con la gravedad específica, las variedades con al contenido de sólidos y mayor gravedad específica presentan mejores características luego de cocidas (Parra, 1980).

Bajo los efectos del secado, la oxidación es la primera causa de pérdida de nutrientes, pero asimismo, las pérdidas no oxidativas ocurren también bajo ciertas condiciones como el caso del pardeamiento u oscurecimiento no enzimático (Reacción de Mayllard), que reduce el valor de las proteínas de aquellos alimentos que contienen azúcares reductores, tales como glucosa y maltosa (Gonzales *et al*, 2002).

El tamaño y la forma del corte del fruto tienen un efecto considerable en la velocidad de deshidratación, como también el tratamiento con cloruro de calcio en el escaldado que tiene la función, impedir daños a la membrana celular, evitando el escape de sustancias intracelulares, y además cumplir un papel estructural, al mantener la integridad de la membrana, creándose estructuras tridimensionales más rígidas que aumenta la firmeza del vegetal; permitiendo trabajar con trozos de pequeños de espesor y obtener resultados satisfactorios, evitándose pérdidas. La actividad de agua también influye en las enzimas hidrolíticas. La velocidad de las reacciones enzimáticas está limitada por la velocidad a la cual el sustrato se difunde hacia la enzima. El agua sirve como medio para la reacción y como vehículo para el sustrato, pero no es posible la oxidación enzimática u ocurre lentamente, donde el agua está fuertemente ligada (Gonzales *et al*. 2002).

### 1.3 HARINAS COMPUESTAS

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la Organización para la agricultura y la Alimentación (FAO), cuando se reconoció la necesidad de buscar una

solución para los países que no producen trigo. La definición de harinas compuestas, de acuerdo con el concepto expresado en un principio por la FAO, se refiere a mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas, y galletas (Elías, 1996). Actualmente el concepto de harinas compuestas ha cambiado, no solo para describir la harina de trigo mezclada con harinas de otros cereales y leguminosas, sino también de tubérculos, raíces y proteínas suplementarias. Incluyendo también la eliminación de la harina de trigo.

Sobre la base de que las harinas compuestas pueden prepararse también a base de otros cereales diferentes al trigo o de otras fuentes de origen vegetal, y que pueden o no contener harina de trigo, se describen dos clases de harinas compuestas. Una conocida como harina de trigo diluida, en la cual la harina de trigo se sustituye por otras harinas, por lo que las condiciones de procesamiento y el producto final obtenido son comparables a productos preparados a base de sólo trigo. La segunda clase está representada por harinas compuestas que no contienen trigo y están hechas de harinas de tubérculos y una proteína suplementaria (Elías, 1996).

El componente mayoritario de la harina, es el almidón, lo cual tiene también una fuerte influencia en las propiedades finales de la galleta. Sin embargo, esta influencia no deriva de la cantidad de almidón presente en la harina, ya que debido a la alta cantidad de azúcar de estas galletas y al bajo porcentaje de agua muy poco almidón gelatiniza sino que deriva de la cantidad de almidón dañado presente el molido (Hoseney, 1997). La harina contribuye a crear la estructura de la miga e interviene en los procesos de aumento de volumen. En productos de galletería no llega a formarse una red de gluten estable y el volumen alcanzado, por lo que a diferencia de los panes, no dependen tanto de las proteínas de la harina (Casp, 2014). Dado que las galletas no requieren que la harina posea gluten, las harinas compuestas pueden ser adecuadas para su elaboración (Cabeza, 2009)

## **1.4 ANÁLISIS FÍSICO Y PROXIMAL DE ALIMENTOS**

Dentro de los análisis físicos aplicados a las harinas se emplean principalmente la evaluación del tamaño de partícula y propiedades geométricas que son muy importantes en el proceso de panificación

**1.4.1 Granulometría.** Las propiedades físicas de un producto pulverulento están directamente relacionadas con el tamaño de las partículas. Las características granulométricas de una materia prima procesada, constituyen un aspecto importante en la formulación de productos de panificación, ya que una distribución adecuada de partículas, permite una mayor uniformidad del producto final (Souza, 2010). Estudios han analizado la influencia de la granulometría y la procedencia de la harina sobre las masas y galletas donde tamaños de partícula más gruesos, implican masas más fluidas que generan mayores galletas, de menor peso, con menor humedad y luminosidad. Uno de los métodos más sencillos es pasar las partículas por una serie de mallas, comúnmente

llamado tamizado. El Tamizado es una operación básica en la que una mezcla de partículas sólidas de diferentes tamaños, se separa en dos o más fracciones pasándolas por mallas de diferentes calibres. Cada fracción es más uniforme en tamaño que la mezcla original. El tamaño de partículas y su distribución se pueden determinar a través del módulo de fineza y diámetro promedio (Brennan *et al.*, 1980). La metodología por tamizado es una técnica comúnmente utilizada para medir el tamaño de partícula. Sus ventajas son que emplea un equipo de costo relativamente bajo y la medida se hace en forma directa sin preparación en un rango de medidas amplio, pero la cantidad de muestra debe ser grande para que el resultado sea representativo. Las interferencias posibles son de tipo físico, ya que los orificios se pueden cerrar o deformar las mallas. Además de separar por tamaño, separa por forma, ya que la esfericidad de la partícula influye en determinar el pasaje a través de la malla (Cabrera *et al.*, 2010). El método de dispersión estática de luz (Técnica de difracción de rayos laser), es otro método con alta precisión y un amplio rango de medición; este método mide el volumen en cualquier ubicación. Los instrumentos de medición por difracción de rayos laser constan de un banco óptico equipado con un láser de baja potencia de longitud de onda visible, un arreglo de lentes, un foto detector, un receptor y convertidor-amplificador análogo a digital enlazado a un microprocesador y a un monitor. Este tipo de tecnología, desarrollada en los últimos 30 años aplica el principio de que entre menor es el tamaño de las partículas, mayor es el ángulo de difracción y menor la intensidad de luz difractada; partículas grandes difractan una luz intensa en pequeños ángulos (Pugh).

**1.4.1.1 Módulo de fineza (MF).** Indica la uniformidad de la molienda. Se utiliza para obtener el tamaño promedio de las partículas. El módulo de fineza está representado por un índice que puede correlacionarse positivamente con un aumento del tamaño de las partículas, indicando cuanto más gruesa o más fina es una harina (Souza, 2010).

El módulo de fineza se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{\sum f_i * W_i}{\sum W_i} \quad (\text{Ec. 1})$$

En donde:

$i = 0, \dots, n.$

MF= Adimensional

$f_i$ = Factor de ponderación

$W_i$  = Fracción 0% de peso retenido en cada tamiz.

$f$  Es un número natural creciente, el cual afecta el peso retenido en cada tamiz en orden ascendente, el factor de ponderación para el colector es cero.

Cuando MF es alto, el material es grueso, medio y fino.

Cuando MF es cero, el material es fino.

**1.4.1.2 Diámetro promedio (D).** El diámetro medio de una fracción es aquel que pasa de un tamiz dado, pero es retenida por el siguiente más pequeño de la serie (Brennan *et al.*, 1980). Este se calcula con la siguiente expresión:

$$D = 0.1046 * (2.0)^{MF} \quad (\text{Ec. 2})$$

En donde:

D: Diámetro promedio de las partículas (mm)  
MF: Módulo de fineza (adimensional)

**1.4.2 Color.** El color es una cualidad organoléptica de los alimentos y se aprecia por medio del sentido físico de la vista. También suele ser considerado un factor psicológico de apreciación y un criterio para elegir un producto alimenticio; incluso en los productos de origen vegetal se relaciona con la posibilidad de elegir la maduración y su idoneidad. (Bello, 2008). El color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Se trata de una apreciación, que depende de cómo nuestros ojos detectan la luz reflejada y de cómo nuestro cerebro la procesa. Está afectado por el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, fondo, superficie, brillo y temperatura. Se lo define entonces como una respuesta mental al estímulo que una radiación luminosa visible produce en la retina. Se considera un concepto psicofísico, relacionado al mismo tiempo con la psicología del observador, la fisiología de la visión y la energía radiante espectral de una fuente luminosa (Heredia, 2009)

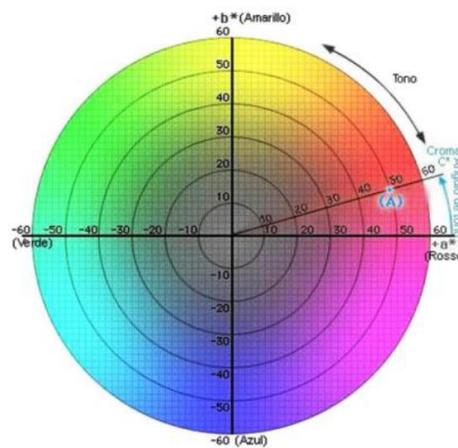
Thomas Young propuso que el ojo detecta diferentes colores porque contiene tres tipos de receptores, cada uno de ellos sensible a una única tonalidad del color (Badui, 2006). Esta teoría fue denominada la teoría tricromática y fue sugerida por el hecho de que para los observadores humanos cualquier color puede ser reproducido mezclando tres colores, en cantidades variables, acertadamente seleccionadas de distintos puntos del espectro (Badui, 2006). El ojo humano es sensible a un rango limitado de longitudes de onda ( $\lambda$ ), llamado espectro de luz visible, el cual constituye sólo una pequeña parte del espectro electromagnético. Se extiende aproximadamente entre 380 y 780 nm. De ahí viene que el color sea “la parte de la energía radiante que el humano percibe (Badui, 2006). Los objetos absorben y reflejan la luz de forma distinta dependiendo de sus características físicas, tal como la forma o la composición. El color que se percibe de un objeto es el rayo de luz que rechaza. Se capta esos “rebotes” con diferentes longitudes de onda, gracias a la estructura de los ojos. Si los rayos de luz atraviesan al objeto, éste es invisible.

La teoría tricromática, se basa en suponer la existencia de un sistema trireceptor en el órgano de la visión, es decir, que sin importar la composición espectral de la radiación que llega a la retina, la respuesta será evaluada según tres parámetros. Cuando el observador ve un determinado color, puede discriminar: (1) la claridad o luminosidad, la cual es un atributo del color que hace corresponder a cada uno de ellos una equivalencia con una

escala de grises, (2) el tono, atributo que adjudica al color una cualidad que se define como rojo (R), verde (G) y azul (B), amarillo o cualquier combinación de ellos y (3) la saturación o croma, atributo que fijado al tono, describe el color por su similitud con un color espectral puro; cuanto más parecido a éste, resulta más saturado. El resultado implica una integración de los tres parámetros (Mathias y Ah-hen, 2014).

Este análisis se determina mediante el uso de colorímetros, el cual es un sistema de color que transforma el espectro de la transmisión de un objeto en un espacio de color tridimensional utilizando el poder de distribución espectral de la fuente luminosa y combinaciones de color de funciones observadores estándar (Cornejo *et al.*, 2012)

Figura 1. Espacio de color  $L^*C^*h$



Fuente. Konica Minolta, 2007.

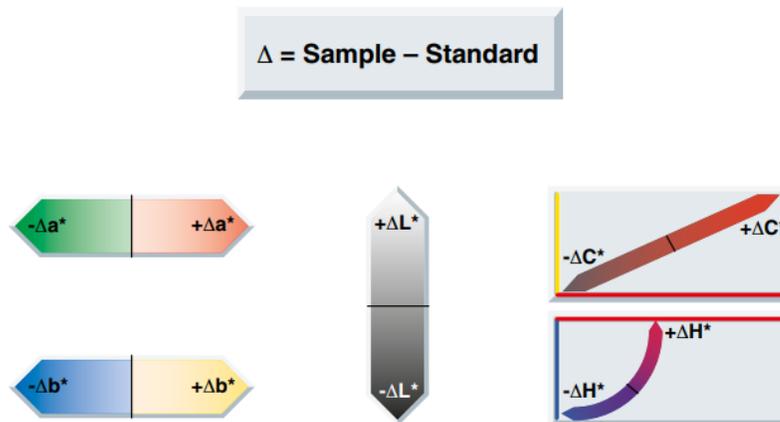
El Tono forma el borde exterior del sólido, la luminosidad se encuentra en el eje central vertical y la saturación en el eje horizontal.

**Espacio de color  $L^*a^*b^*$**  . Es el más utilizado para medir el color de los objetos.  $L^*$  indica la luminosidad y  $a^*$  y  $b^*$  indican las coordenadas de cromaticidad. En el plano cromático,  $+a$  representa la dirección del color rojo y  $-a$  la dirección del color verde; asimismo  $+b$  indica la dirección del color amarillo y  $-b$  la dirección del color azul (Konica Minolta, 2007).

**Espacio de color  $L^*C^*h$** . El espacio de color  $L^*C^*h$  utiliza el mismo diagrama que el espacio de color  $L^*a^*b^*$  pero utiliza coordenadas cilíndricas en lugar de coordenadas rectangulares. En este espacio de color  $L^*$  indica luminosidad y es la misma  $L^*$  del espacio de color  $L^*a^*b^*$ ,  $C$  indica chroma y  $h$  es el ángulo de Hue es decir el color. El valor de chroma  $C^*$  es 0 en el centro e incrementa de acuerdo con la distancia desde el centro. En la Figura 1 se observa el ángulo de Hue empieza en el eje  $+a^*$  y es expresado en grados,  $0^\circ$  en  $+a$  corresponde al color rojo, para  $90^\circ$  en  $+b^*$  corresponde al color amarillo,  $180^\circ$  en  $-a$  corresponde al color verde y  $270^\circ$  en  $-b$  corresponde al color azul (Konica Minolta, 2007).

Los colorímetros son excelentes para presentar incluso diferencias de color mínimas. Los matices diminutos de color constituyen el mayor dolor quebradero de cabeza en cualquier lugar donde se utilice el color. Pero, con un colorímetro, incluso esas diminutas diferencias de color pueden expresarse numéricamente y comprenderse fácilmente, utilizando los espacios de color L\*a\*b\* y L\*C\*h. (Konica Minolta, 2007). Las diferencias se suministran para poder establecer un tono de color siempre constante, establecer un estándar y comparar la producción con dicho estándar: una situación típica entre clientes / proveedores. Por tal razón se comunican siempre diferencias de color y no valores absolutos. Normalmente se recurre a la diferencia de color total  $\Delta E$ , para la representación de los cambios de color. En la figura 2 vemos las tendencias de dichas diferencias entre dos muestras.

Figura 2. Diferencias de color



Fuente. Konica Minolta, 2007.

**1.4.3 Análisis de textura.** De acuerdo con Szczeniak (2002) la textura es definida como una manifestación sensorial de la estructura alimentaria y la forma en la que esta estructura reacciona a las fuerzas aplicadas, representa la unión de todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, detectados a través de receptores mecánicos, visuales y auditivos. La textura es un importante impulsor de las preferencias del consumidor. Esta se puede medir objetiva (instrumental) y subjetivamente (pruebas sensoriales). Entre los dispositivos de prueba instrumentales, están los texturómetros, los cuales imitan las condiciones de la masticación y presentan correlaciones con las evaluaciones sensoriales de textura. (Paula y Conti-Silva, 2014). Para estas pruebas se se asumen materiales continuos, isotrópicos, homogéneos, y las piezas de prueba se consideran uniformes y regulares. Los métodos instrumentales frecuentemente son lentos, y no siempre presentan una gran correlación con la evaluación sensorial y son equipos de uso costoso. No se usan en la mayoría de las industrias de alimentos, pero se utilizan en laboratorios de investigación (Rodríguez *et al.*, 2005).

Con respecto al análisis sensorial en la boca, las características percibidas incluyen atributos mecánicos (relativos a la reacción a la fuerza aplicada), atributos geométricos

(relativos a la forma, tamaño y orientación de las partículas dentro del alimento) y atributos relacionados con la percepción de humedad o grasa contenido (Szczeniak 2002). Por esta razón, se han utilizado ampliamente para medir la textura de diferentes tipos de alimentos (Paula y Conti-Silva, 2014).

La información textural y reológica es importante en el diseño de procesos de transformación en alimentos (mezclado, flujo de materiales, calentamiento, enfriamiento), en la determinación de la funcionalidad de los ingredientes para el desarrollo de productos, en el control de calidad de productos intermedios y finales, en pruebas de tiempo de vida útil y en evaluaciones de propiedades texturales correlacionadas con pruebas sensoriales, entre otros (Rodríguez *et al.*, 2005).

La correlación entre los análisis sensoriales e instrumentales tienen como finalidad encontrar: (1) instrumentos capaces de medir el control de calidad de los alimentos en la industrias, (2) predecir una respuesta del consumidor, como el grado de afición y la aceptación general del producto, (3) comprender lo que se está percibiendo en la boca durante la evaluación sensorial de la textura, y por ultimo (4) mejorar u optimizar los métodos instrumentales para complementar la evaluación sensorial (Szczeniak, 1987). Los parámetros texturales pueden ser considerados de gran importancia en el control de calidad de los alimentos, para determinar de parámetros texturales de forma instrumental, en este tipo de productos, se emplea técnicas tales como la compresión y la prueba de quiebre, para determinar los parámetros texturales de forma instrumental, en este tipo de productos.

**1.4.3.1 Prueba de compresión y la prueba de quiebre.** Las cuales son técnicas de carácter destructivo y se basan en la aplicación de fuerzas a la muestra para obtener cuantificaciones deducibles de gráficos, derivados de los software instalados en los equipos universales de ensayo y texturómetros. En estas pruebas se evalúa la fuerza máxima necesaria para producir un quiebre o fractura total de la estructura del producto, así a valores más altos de fuerza se entiende que mayor será la resistencia del alimento. La prueba de quiebre corresponde a ensayos de flexión, también es conocida como puente de ruptura; en la industria alimentaria es utilizada para evaluar la dureza y fracturabilidad principalmente de galletas, barras de chocolate y demás productos amiláceos. La prueba de compresión se basa en la medición de la fuerza máxima requerida para atravesar completamente la sección del producto con un pistón o la resistencia máxima a la compresión (Torres *et al*, 2015).

## 1.5 ANÁLISIS PROXIMAL

Es un método convencional para el análisis de la calidad de los alimentos, el cual permite conocer la naturaleza de los alimentos, su composición química y su comportamiento bajo diversas condiciones. Se entiende por análisis básico (proximal), o la determinación conjunta de un grupo de sustancias estrechamente emparentadas. Comprende la determinación del contenido de agua, proteína, grasa (extracto etéreo), cenizas y fibra; las

sustancias Extractables no nitrogenadas (ELN) se determinan por cálculo restando la suma de estos 5 componentes de 100%, para subrayar que se trata de grupos de sustancias más o menos próximas y no de compuestos individuales, los analistas suelen usar el término bruta y/o cruda detrás de proteína grasa o fibra. (Badui, S.2006). Este análisis cumple un papel importante en la determinación del valor nutricional, ya que permite conocer la composición cuantitativa y cualitativa, de los macronutrientes y micronutrientes de los alimentos, un aspecto importante en el aseguramiento de la calidad. Además este tipo de pruebas proporcionan información de alteraciones o contaminantes que puede llegar a cambiar en el alimentos o en los procesos de industrialización.

Los análisis comprendidos dentro de este grupo, también conocido como análisis proximales Weende, se aplican en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía y a los alimentos terminados, como un control para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis indican el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra (AOAC, 2000).

## **1.6 EVALUACIÓN SENSORIAL**

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos que son percibidos por los sentidos de la vista, el olfato, el tacto, el gusto y el oído (Stone y Sidel, 2004). El papel de la evaluación sensorial se torna de gran importancia en prácticamente todas las etapas de producción y desarrollo de la industria alimentaria, para conocer tanto las características como la aceptabilidad de un producto, por otra parte, es importante la utilización que tiene la evaluación sensorial en las funciones de control de calidad y de estandarización de un alimento. La calidad es un término complejo, difícil de definir y de carácter multidimensional. Una vez asegurada la calidad nutricional y sanitaria, la calidad sensorial y la aceptabilidad por el consumidor pueden ser evaluadas controlando sensorialmente la calidad de la materia prima, las condiciones de la producción y el almacenamiento o la estrategia de mercado (Ibáñez y Barcina, 2001). Las pruebas que utilizan paneles sensoriales deben llevarse a cabo bajo condiciones controladas, utilizando diseños experimentales apropiados, métodos de ensayo y análisis estadísticos. Estos procedimientos de selección y formación de evaluadores sensoriales y los detalles sobre cómo establecer la agudeza del gusto básico de los evaluadores han sido documentados por varias organizaciones de estándares, tales como la British Standards Institution (BSI), la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Sociedad Americana for Testing Materials (ASTM) (Dimple y Rohanie, 2013).

## **1.7 FORMULACIÓN DE GALLETAS**

Según la NTC 1241 las galletas son productos obtenidos mediante el horneado apropiado de una masa (líquida, sólida o semi sólida), de las figuras formadas del amasado de

derivados de trigo u otras farináceas, con otros ingredientes aptos para el consumo humano. Las galletas para su elaboración en primer lugar se utilizan harinas de trigo pero perfectamente se pueden hacer de harinas compuestas pero no tan fácilmente con harinas sin trigo. En consecuencia cualquier cereal o fuente de almidón podría, en teoría, utilizarse en la mayoría de las ocasiones para fabricar galletas. La textura que presentan estos productos deriva fundamentalmente no del gluten sino del almidón gelatinizado (Dendy y Dobraszczyk, 2004). En segundo lugar tiene como ingredientes mayoritarios grasas y azúcares, lo cual lo hace un producto altamente calórico para niños y adultos. La fabricación de galletas constituye un sector importante de la industria de alimentos ya que son productos de baja humedad, por lo tanto con una gran vida útil, siempre que se envasen adecuadamente.

El papel que juega cada uno de los ingredientes que componen una galleta es muy diferente, y ha sido objeto de mucha investigación. El principal ingrediente de las galletas es la harina, que está compuesta por un 70-75% de almidón, un 14% agua y un 8 - 11% proteína y algunos componentes dependiendo de la harina. La harina proporciona la matriz en torno a la cual se agrupan el resto de ingredientes, formando la masa. La cantidad de proteína que contiene la harina es una característica muy importante, ya que tiene una gran influencia en el procesado y en las características finales. Estudios han observado que las galletas elaboradas con harina de trigo blando (menor contenido proteico) se expandían más que sus réplicas elaboradas con harina de trigo duro (mayor contenido proteico). Esto se debe a que el mayor contenido de proteína produce masas más viscosas y que endurecen antes en el horneado, deteniendo su expansión (Gaines y Finney, 1989; Wade, 1988). Según Manley (1989) las galletas se pueden clasificar en base a la textura o dureza del producto final, en el cambio de forma en el horno, en la extensibilidad de la masa, o en las diferentes formas de tratar la masa. Con base en la NTC 1241 se conocen galletas dulces o saladas, dependiendo de su sabor predominante, galletas de masa fermentada que son producto de una masa fermentada, galletas wafer que son obtenidas a partir del horneado de una masa líquida adicionando un relleno para formar un emparedado, galletas cubiertas que son productos recubiertos parcialmente por coberturas, baños de repostería y contener productos secos, galletas tipo obleas, conos y barquillos, obtenidas por el calentamiento rápido entre dos laminas metálicas o en moldes de una masa líquida que puede ir con sin relleno.

La grasa es un ingrediente esencial en la fabricación de galletas y es el segundo componente en peso por detrás la harina. Las grasas desempeñan una misión antiglutinante en las masas, contribuyen a su plasticidad y su adicción, suaviza la masa y actúa como lubricantes. (Cabeza, 2009). Durante el amasado, la grasa actúa como lubricante y rodea la superficie de la harina inhibiendo la creación de una red cohesiva y extensible de gluten además, la grasa presente en la masa de galleta rodea también los gránulos de almidón y rompe la continuidad de la estructura proteína-almidón y afecta la textura de la masa, de forma que la masa es menos elástica y no encoge tras su laminación (Ghotra *et al.*, 2002). Además, las grasas juegan un papel importante en la textura de las galletas, ya que las galletas resultan menos duras de lo que serían sin grasa (Cabeza, 2009). A su vez el azúcar tiene una función edulcorante pero además contribuyen decisivamente sobre el aspecto y la textura de las galletas. La adición de azúcar influye en la gelatinización del almidón modificando la reología de la masa ya que

afecta la movilidad del gluten y temperatura de gelatinización, también influye en las reacciones de pardeamiento por medio de las reacciones de Maillard y de caramelización, que otorga el color y aroma de los productos. El azúcar promueve la expansión de las galletas y una estructura altamente cohesiva y una textura crujiente (Cabeza, 2009).

Como componentes complementarios se emplea leudantes a base de bicarbonato que son agentes gasificantes en presencia de agua reaccionan produciendo CO<sub>2</sub> su función principal es la de generar gas para aumentar el volumen final de la pieza antes de terminar la cocción con la desnaturalización de las proteínas y al hacer más alcalino el pH facilita el esparcimiento de la masa y mejorar el color de la galleta (Cabeza, 2009).

**1.7.1 Proceso para elaboración de galletas.** Casi todas las galletas siguen un mismo esquema de procesado, que inicia con la dosificación de los ingredientes, el amasado, formado de las piezas, horneado, enfriado y envasado final. Cabe destacar, que en función del tipo de masa y del modo en que se forman las piezas se pueden obtener galletas de muy distintos tipos (Casp, 2014).

Existen dos tipos fundamentales de galletas, donde la diferencia fundamental es la existencia o no de largas cadenas de gluten que confieren a la masa extensibilidad. Cuando el gluten está desarrollado, la masa presenta un comportamiento viscoelástico dando lugar a masas duras; sin embargo, cuando la cantidad de grasa y azúcar es alta, el gluten no se puede desarrollar completamente y la masa se queda corta. Además, las galletas de masa corta aumentan su tamaño (spread o esparcimiento) durante los primeros estadios del proceso de horneado, mientras que las galletas de masa dura tienden a encoger longitudinalmente (Laguna, 2013).

**1.7.1.1 Amasado.** En la elaboración de galletas se pueden distinguir fundamentalmente dos procesos de amasado, el denominado single method: que se caracteriza porque se mezclan todos los ingredientes al principio en una sola etapa (Pareyt *et al.*, 2008) y el creaming method: cuya característica es que primero se mezcla la mantequilla con el azúcar y los ingredientes minoritarios hasta alcanzar lo que se conoce en pastelería como “punto pomada” (o “cream-up”) y, posteriormente, se añaden el resto de ingredientes (Pareyt *et al.*, 2008).

En el creaming method, la grasa se combina con el azúcar, teniendo como función, envolver individualmente los granos de azúcar para impedir que se agregue entre sí y forme terrones durante el horneo, si la grasa no actuase de esta forma, cuando el azúcar fundiese, volvería a recristalizar formando mayores partículas (Hutchinson 1987). Durante el amasado, la energía impartida a la masa ha de ser menor que la típicamente utilizada para pan u otros productos de panadería, con el fin de evitar el desarrollo del gluten ya que la masa de galleta necesita tener buena extensibilidad, baja elasticidad y baja resistencia a la deformación (Cauvain y Young, 2002). El tiempo de amasado afecta fundamentalmente a la masa, haciéndola más deformable, pero también puede afectar al gluten ayudándolo a desarrollarse (Baltsavias *et al.*, 1999).

**1.7.1.2 Formado.** Esta etapa es considerada como otro factor de diferencial entre los distintos tipos de galletas, para el cual se debe adaptar la formulación base según el tipo de galleta a obtener (Casp, 2014).

**Galletas troquel.** Comienza formando una lámina de masa que pasa por varios rodillos calibradores para alcanzar su espesor final. Tras el laminado, las galletas se cortan y en caso que sea necesario, se estampa sobre ellas el dibujo o leyenda deseada. Los recortes de masa producidos, se incorporan en el amasado o en la primera laminación. Suele usarse con masas duras; sin embargo, también pueden procesarse masas quebradas.

**Galletas de moldeo rotatorio.** Esta técnica es más frecuente para la formación de masas quebradas y tiene la ventaja de ser más versátil, con lo que se puede obtener un mayor número de formas y relieves, elimina el problema del calibrado y no genera recortes.

**Galletas de corte de alambre y deposición.** Se trata de galletas obtenidas a partir de un proceso de extrusión, por lo que en ninguna de las masas preparadas para este tipo de galletas, se debe desarrollar la red de gluten, no obstante, se pueden procesar masas con distintas consistencias. Masas más consistentes, se cortan con un alambre, una vez extruidas, para luego ser depositadas. Tiene como ventaja frente al modelo rotatorio, el procesamiento de masas pegajosas como masas que incluyan partículas gruesas.

**1.7.1.3 Horneado.** En el horneado de las galletas, se producen importantes modificaciones químicas y físicas que se traducen en tres cambios. Estos cambios son el desarrollo de una estructura porosa, junto a cambios de densidad, tamaño y forma de las piezas, una pérdida importante de humedad y el desarrollo de color y aromas.

En el proceso de horneado se producen numerosos cambios que modifican radicalmente la estructura de la galleta como son la desnaturalización proteica, la fusión de la grasa, las reacciones de Maillard, la evaporación del agua y la expansión de gases (Chevallier *et al.* 2002). Esto se traduce en tres variaciones importantes (Manley 1989): En primer lugar la disminución de la densidad del producto unida al desarrollo de una textura abierta y porosa. Posteriormente la reducción del nivel de humedad hasta 1-4% y finalmente un cambio en la coloración de la superficie.

Durante el horneado existe un solapamiento de procesos. La grasa es lo primero que funde, y da a la masa un carácter plástico (Pareyt *et al.*, 2008); de hecho, las masas con mayor cantidad de grasa fundida durante la cocción se esparcirán más (Hoseney, 1994), retrasando por otra parte la acción de los agentes leudantes que liberarán gases y se expandirán. La expansión viene seguida de un colapso (Chevallier *et al.*, 2000b), que marcará el diámetro final de la galleta. El almidón y las proteínas también sufren un proceso de calentamiento hinchándose y, en algunos casos, sufriendo una

desnaturalización. También el agua presente en la masa se evapora contribuyendo a la expansión. La pérdida de humedad en la superficie de la galleta está relacionada con la temperatura en superficie. El azúcar contribuye a disminuir la viscosidad de la masa (Manley, 1989) y forma una estructura de masa no coagulada al subir la temperatura (al contrario que ocurre en otras masas como la de pan), así que durante la cocción la masa se convierte en una estructura de matriz azucarada.

El final del horneado se define por dos hechos: el color y el contenido en humedad, que están entre sí relacionados y vienen determinados muchas veces por un examen visual y determinación de la humedad, respectivamente (Wade 1988). Posteriormente al horneado, las galletas necesitan enfriarse para terminar de perder humedad y volverse rígidas (Manley 1989). La galleta en este punto ya es una matriz estructurada.

## 1.8 ESTADO DEL ARTE

Gutiérrez *et al* (2006) Presentan resultados de la caracterización química de la harina de chontaduro crudo y procesado, investigando el efecto de la cocción sobre el valor nutricional del fruto, realizando análisis proximal, estudio de polifenoles, taninos y su capacidad antioxidante en la fruta crudo y procesado, encontrando que el tratamiento térmico disminuye el valor nutricional especialmente el contenido de micronutrientes, como minerales y vitamina C.

Gonzales *et al* (2002) En este trabajo, se realizó una optimización de los parámetros de deshidratación del chontaduro para su conversión en harina y su empleo como sustituto del maíz en dietas para pollos parrilleros. Mostrando resultados óptimos en sustituciones alrededor del 25% ya que la ganancia de peso decreció en forma inversa al nivel de sustitución del maíz. Observado además que cuanto mayor cantidad de harina de chontaduro existía en la ración, se producía mayor apelmazamiento en el paladar de los pollos y sufrimiento al recoger el alimento.

Godoy *et al.* (2006) La información contenida se refiere a las actividades desarrolladas para la estandarización de harina de Chontaduro, mediante el manejo de variables como humedad inicial, tiempo y temperatura de deshidratación, conservación de las características organolépticas; con el fin de obtener harina para alimentación humana y harina para alimentación animal que cumpla con los parámetros de granulometría comerciales y las exigencias que por norma deben cumplir estos productos. Se comprobó que la deshidratación óptima para el Chontaduro es a 60°C durante 8 horas y que la harina, se conserva por 90 días, en empaques plásticos con vacío parcial y a temperatura de refrigeración (5°C), sin pérdida de las características de olor y sabor.

Ugalde *et al.* (2004) Evaluaron el efecto de la sustitución de harina de trigo con harina de chontaduro en cuatro niveles de (10%, 15%, 20% y 25%) sobre la intensidad de varias propiedades sensoriales de un queque seco. Los aspectos a evaluar fueron la intensidad

de color, de sabor, dureza y el grado de boronosis. Determinaron que existen diferencias significativas en el color, sabor y la dureza, mas no se encontró diferencias significativas en la boronosis. El color y el sabor fueron directamente proporcionales a medida que aumentaba el contenido de chontaduro. No existió diferencia significativa en el agrado por los diferentes queques independientemente de las diferencias de sustitución, color, sabor y textura, resultado agradable todas las formulaciones a más del 55% de los consumidores.

Tapia (2014) El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la sustitución de harina de chontaduro en la elaboración de pan de molde. Se realizó tres sustituciones de harina de trigo con harina de chontaduro en los siguientes porcentajes: 5%, 10% y 20%. Los resultados del análisis de color mostraron que mientras se aumenta el porcentaje de sustitución con harina de chontaduro aumenta la tonalidad siendo amarillo-anaranjado. Mediante el análisis del volumen específico realizado a los panes obtenidos se pudo observar que mientras se aumenta el porcentaje de sustitución de harina de chontaduro el volumen final del pan disminuye. Los resultados también mostraron que mientras se aumenta el porcentaje de sustitución de harina de chontaduro, cambian notablemente las características de la masa. Se recomienda el uso de la harina de chontaduro en productos de panificación debido a su importante aporte de minerales y vitamina A.

Azizi *et al* (2012) Estudiaron diferentes niveles de sustitución (5, 10, 15, 20 y 25%) de harina de chontaduro y sus efectos sobre la calidad del pan de trigo. Los datos mostraron que el valor nutricional del pan, en términos de fibra y carotenoides totales, mejoró significativamente con la adición de harina de chontaduro. Las medidas reológicas mostraron que la adición de harina de chontaduro aumenta la capacidad absorción de agua de la mezcla de harina hasta un 12%, pero disminuyendo las otras características reológicas. El análisis sensorial del pan mostró una mejora en la calidad general de la harina compuesta. La incorporación de harina de chontaduro retrasa aún más la tasa de envejecimiento del pan. Entre las muestras, los panelistas prefirieron el pan incorporado con 10% y 15% de harina de chontaduro.

López-Calvo *et al.* (2015) El objetivo del estudio fue evaluar la aceptación de 4 formulaciones de un bocadillo de pejibaye combinado con harina de maíz, por consumidores; así como determinar su potencial como alimento funcional. Se evaluó el agrado a las 4 formulaciones, en 100 consumidores de bocadillos y los resultados fueron sometidos a un análisis de conglomerados. Los resultados se conformaron en dos conglomerados, en donde el 2 fue el que otorgó mejores calificaciones a las características evaluadas. En dicho conglomerado, quedaron la mayoría de las personas que consumen más frecuentemente bocadillos y pejibaye. Todos los consumidores del conglomerado 2 y aproximadamente el 85% del grupo 1 indicaron que comprarían el producto, por lo que se concluyó que hay un nicho de mercado para el bocadillo de pejibaye.

Oliveira *et al.* (2005) En este estudio la harina de chontaduro fue sometida a un análisis farinográfico. Se estudió para su posible uso en la producción de pastas alimenticias,

utilizando una mezcla que contiene 15% de harina de chontaduro y 85% de harina de trigo. En cuanto a las características farinográficas de la harina mixta, en comparación con la harina de trigo, hubo un aumento en los valores de absorción de agua, tiempos de llegada y desarrollo, así como el índice de tolerancia; por otro lado, hubo una disminución en los tiempos de estabilidad y de salida. En la prueba de cocina para espaguetis y fideos, se encontró que la adición de harina de chontaduro a la pasta no alteró significativamente sus características de calidad y textura.

Ortega, Hernández y Acosta (2013) desarrollaron galletas a base de harinas libres de gluten (maíz, arroz y quinua), Se evaluaron los índices de absorción y de solubilidad en agua y las mezclas 60:40 y 70:30 presentaron las mejores características (baja absorción y alta solubilidad). El análisis proximal de las harinas, reveló una composición acorde con los reportes de la literatura, se estudiaron algunas propiedades reológicas de las harinas y de sus mezclas (consistencia, curva de empastamiento y viscosidad), encontrando que las mezclas formaban geles estables. Se produjeron masas de todas las mezclas. El producto obtenido cumplió con los requerimientos de formulación, de composición, de procesabilidad y de aceptación sensorial. Estos resultados indican que se pueden desarrollar productos funcionales de panificación (basados en quinua) con propiedades que favorezcan poblaciones con problemas nutricionales específicos, en este caso, aquellos con enfermedad celíaca.

En convenio con el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), en 2009, se realizó un trabajo de investigación sobre la caracterización fisicoquímica de frutos provenientes de las zonas de Valle, Cauca y Putumayo, lográndose establecer que los frutos provenientes de la región de Cuatro Esquinas en el municipio de El Tambo (Cauca) son los de mejor aporte en proteína y grasa; este trabajo logró caracterizar los ácidos grasos del fruto, con apoyo de la Universidad de Montpellier, Francia (Rivera, 2009).

Además de sus propiedades nutritivas, el chontaduro puede ser considerado como un alimento funcional ya que se ha demostrado científicamente que presenta compuestos bioactivos que afectan beneficiosamente a una o varias funciones del organismo, porque proporcionan una mejora en el estado de salud, además de ejercer un papel preventivo reduciendo los factores de riesgo que provocan la aparición de enfermedades, brindando beneficios al metabolismo, o al sistema cardiovascular (Vélez, 2012).

## 2. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, ubicada en la vereda la Guacas del municipio de Popayán, a 1760 msnm, localizado a 2° 26' 39" latitud Norte y 76° 37' 17" longitud Oeste del meridiano de Greenwich con temperatura promedio de 19°C y 77,75% de humedad relativa (IDEAM, 2016). El desarrollo del producto se realizó en la planta de procesos aplicados de granos y semillas; las pruebas físicas se realizaron en el laboratorio de reología y empaque de la misma Facultad

Figura 3. Esquema metodológico del proceso



### 2.1 ELABORACIÓN DE HARINA DE CHONTADURO

La harina de chontaduro se obtuvo a partir de frutos provenientes del corregimiento de cuatro esquinas localizado a 23Km de la cabecera municipal de El Tambo en el pie de monte de la cordillera occidental, localizado a una altura de 1269 m.s.n.m con temperatura entre 22 y 28°C, precipitaciones anuales entre 1500 y 2500 mm/año y humedad relativa entre 70 y 80%. El transporte de los frutos a la Facultad se hizo por vía terrestre en horas de la mañana para evitar daño por efecto de la temperatura. Se utilizaron racimos con las siguientes características físicas: Se seleccionaron frutos en el mejor estado físico y sanitario, de la variedad rojo Cauca debido a que tienen mayor cantidad de  $\beta$ -caroteno y almidón, además se comercializan en mayor cantidad, racimos sin magulladuras y ataques de insectos, racimos con maduración uniforme, racimos que no tengan presencia de enfermedad, ausencia de olor agrio característico de pudrición del fruto. Para la obtención de la harina el fruto fue lavado, escaldado, pelado y troceado, para posteriormente secar; la deshidratación se realizó 60°C para evitar pérdidas de nutrientes, hasta una humedad de 6%. Finalmente el fruto seco fue molido y pasó, por un juego de tamices de la serie Tyler, con un Roptap W.S. Tyler modelo RX-29 durante 30 minutos, el mejor tamaño de partícula se obtuvo en un tamiz de malla N° 40, con un

tamaño de partícula menor a 0,60 mm. El proceso de obtención y control de calidad de la harina de chontaduro fue desarrollado por estudiantes de Ingeniería Agroindustrial pertenecientes al grupo de investigación Metanoia de la Universidad del Cauca.

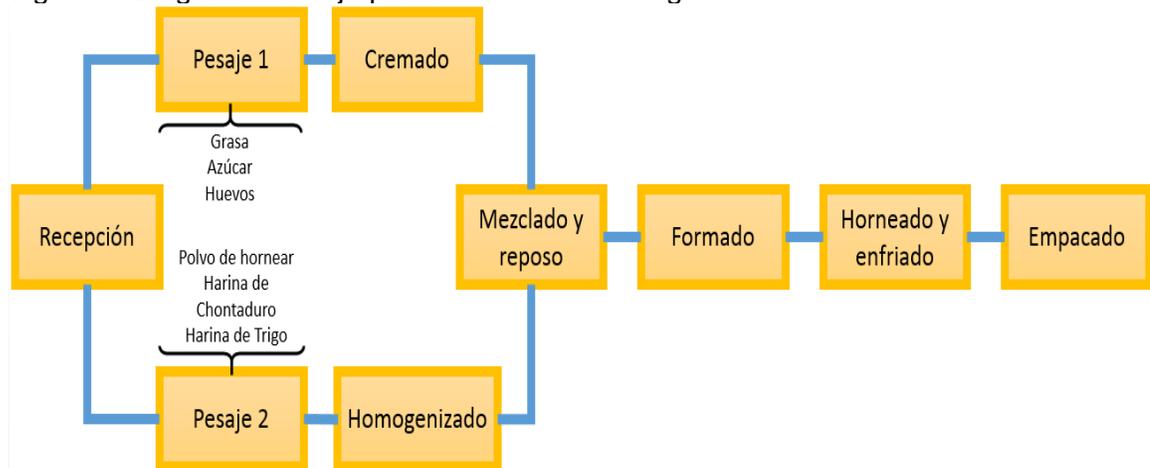
## 2.2 ANÁLISIS PROXIMAL

Se realizó el análisis químico de la harina de chontaduro en el laboratorio EcoQuimica. Éste análisis fue realizado en base a normas establecidas, PAF-304 para fibra cruda; PAF-425 para proteína; PAF-429 Grasa; PAF-427 Humedad; AOAC Cenizas; AOAC por diferencia Carbohidratos

## 2.3 FORMULACIÓN DE GALLETAS

Para la elaboración de galletas se siguió una formulación estándar de galletas con inclusión de harina de chontaduro se emplearon como ingredientes mezcla de harinas, azúcar, margarina, huevos y polvo de hornear

Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas



La preparación de la masa se realizó inicialmente en una batidora Artisan marca KitchenAid empleando la paleta mezcladora y se llevó a cabo en dos etapas. En la primera etapa se realizó el pesaje de los productos húmedos para realizar el cremado de la grasa junto con el azúcar. El mezclado se inicia en la velocidad 1 durante 3 min y después a velocidad 4, hasta obtener una crema libre de gránulos y de color amarillo muy claro. Después se agregaron los huevos hasta su justa incorporación. En la segunda etapa se pesó los productos secos, donde se añadió la mezcla de harinas y polvo, para luego ser amasó por un tiempo corto a una velocidad máxima durante 1 minuto. Una vez realizada la masa, ésta se laminó manualmente con el objetivo de obtener siempre masas homogéneas y con el mismo espesor (7 mm) en todas las muestras. Con la masa

laminada se dio forma a las galletas con moldes de diferentes diámetros y se dispusieron las galletas en una bandeja de horno con papel parafinado. A continuación, se colocó las bandejas en horno doméstico convencional rotatorio marca ORVES y se procedió al horneado de las galletas en dos fases, primero por 7 minutos a 145°C y después por 4 minutos a 170°C. Tras el horneado, las galletas se dejaron enfriar hasta llegar a temperatura ambiente y se envasaron en bolsas polietileno y se almacenaron a 20°C.

Para la prueba del comportamiento de la harina de chontaduro, se fabricarán galletas con base en una fórmula estándar en la que se reemplazará 30%, 40%, 50% y 60% de harina de trigo por harina de chontaduro.

## 2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño experimental unifactorial: Para el análisis estadístico se utilizó el programa minitab17 y se realizó un análisis de la varianza de un factor, tanto en los parámetros instrumentales como sensoriales. Se evaluarán cinco tratamientos correspondientes a un testigo y cuatro tratamientos con diferentes porcentajes de inclusión de harina de chontaduro, con 15 repeticiones, para un total de 75 unidades experimentales. Los resultados obtenidos se evaluarán mediante la aplicación de un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia al 5%. Para determinar las diferencias entre las muestras se utilizó el test de Tukey a un nivel de significación del 95%.

Testigo 100% harina de trigo, 0% de inclusión de harina de chontaduro.  
 T1: formulación estándar con 30% de inclusión de harina de chontaduro.  
 T2: formulación estándar con 40% de inclusión de harina de chontaduro.  
 T3: formulación estándar con 50% de inclusión de harina de chontaduro.  
 T4: formulación estándar con 60% de inclusión de harina de chontaduro.

Cuadro 5. Diseño experimental para las mezclas

Variable de análisis	Porcentaje de inclusión Harina de chontaduro (%)	Variable de respuesta
Sustitución de harina de trigo por harina de chontaduro	30	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fracturabilidad (N).</li> <li>● Dureza (N).</li> <li>● Compresión (N)</li> <li>● Color</li> <li>● Aceptación sensorial</li> </ul>
	40	
	50	
	60	
Blanco	0	

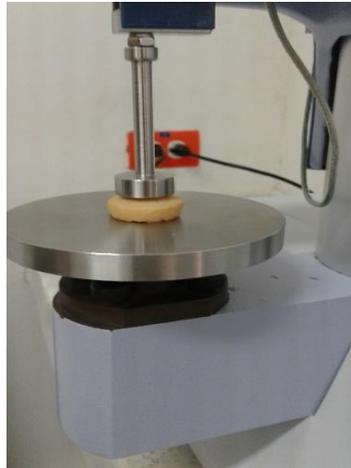
## 2.5 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TEXTURA DE GALLETAS

Para determinar y estudiar los diferentes parámetros que caracterizan las galletas en forma instrumental se realizaron dos pruebas de textura en se realizaron en el laboratorio

de reología y empaque de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Del Cauca, empleando la maquina universal de ensayos, marca SHIMADZU modelo EZ-L, utilizando el software Rheometer. Estas dos técnicas se conocen como prueba de compresión y prueba de quiebre. Ambas pruebas son de carácter destructivo y se basa en la aplicación de fuerzas a las muestras para obtener resultados gráficos de fuerza y deformación. En estas pruebas se evalúa la fuerza máxima necesaria para producir un quiebre o fractura total de la estructura del producto.

**2.5.1 Prueba de compresión.** Para esta prueba se requiere muestras de formas geométricas normalizadas obtenidas del producto a estudiar y consiste en aplastar una muestra lentamente y medir la fuerza en función de la velocidad de deformación.

Figura 5. Prueba de compresión uniaxial

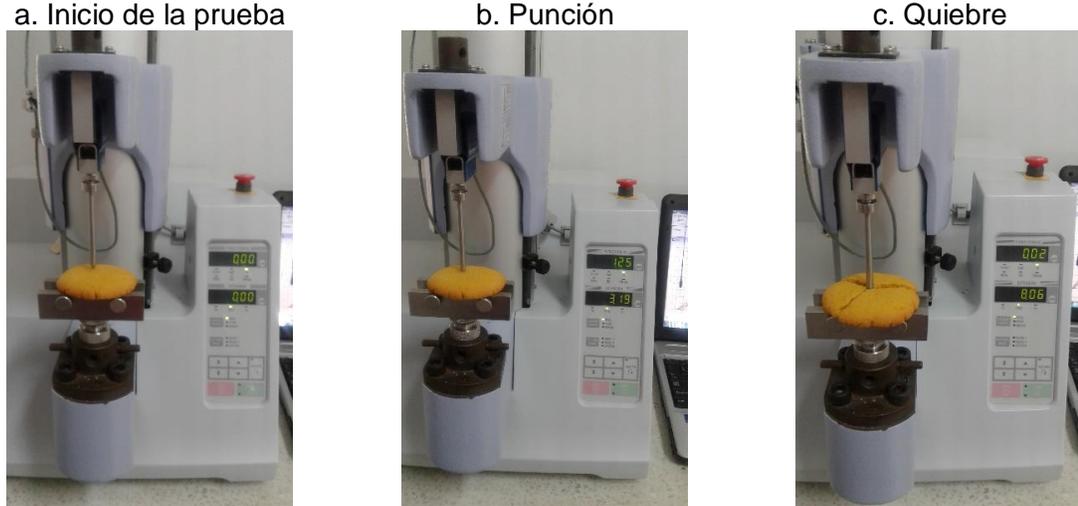


Para esta prueba se elaboraron galletas con las siguientes dimensiones: 3 cm de diámetro y 0.8 cm de espesor aproximadamente, colocándolas sobre una plataforma de aluminio, provista por el equipo, usando los siguientes parámetros: velocidad de prueba: 100 mm/min, carga: 500 N y desplazamiento de 0.4 cm, con la finalidad de medir los parámetros de compresión: resistencia máxima a la compresión (N) y distancia (mm).

**2.5.2 Prueba de quiebre.** Esta prueba corresponde a ensayos de flexión y es conocida también como puente de ruptura y consiste en evaluar la fuerza máxima necesaria para producir un quiebre total de la estructura del producto (Figura 6).

Para esta prueba se elaboraron galletas con las siguientes dimensiones: 6 cm de diámetro y 0.8 cm de espesor aproximadamente, las cuales fueron apoyadas sobre dos soportes verticales paralelos, usando los siguientes parámetros: velocidad de prueba: 60mm/min, carga: 500 N y desplazamiento de 0.8 cm, con la finalidad de medir los parámetros de fracturabilidad: fuerza a la que el alimento empezó a quebrarse (N); y dureza: fuerza máxima a la que el producto se quebró totalmente (N).

Figura 6. Prueba de quiebre realizada a una galleta



## 2.6 PRUEBA DE COLOR PARA HARINAS COMPUESTAS Y GALLETAS

El análisis de color se determinó por medio de un colorímetro marca 3nh modelo NR, el cual permitió la lectura directa de las coordenadas de  $L^*$  (Luminosidad),  $a^*$  (Tonalidades de verde a rojo),  $b^*$  (Tonalidades de azul a amarillo),  $C$  (croma) y  $h$  (Hue). Se tomó una muestra de harina y de galleta y se llevó al colorímetro para tomar la medición de color, asegurándose que la muestra tapara totalmente la fuente de luz. En el caso de las galletas, la muestra fue triturada y llevada a medición en una caja Petri. Todas las mediciones se realizaron por triplicado para cada harina compuesta y su respectiva galleta, incluyendo los productos control de harina de trigo. El análisis de color se llevó a cabo calculando el cambio de luminosidad ( $\Delta L$ ), cambio de las coordenadas ( $\Delta a$  y  $\Delta b$ ), de croma ( $\Delta C$ ) y tono ( $\Delta h$ ) durante el proceso de elaboración, tomando como punto inicial el color de la harina y el punto final el color de la galleta.

A partir del espacio de color  $L^*a^*b^*$  se puede calcular chroma y hue mediante las ecuaciones 3 y 4:

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$h = \text{Tan}^{-1} (b^*/a^*) \quad (\text{Ec. 4})$$

## 2.7 PRUEBA DE ANÁLISIS SENSORIAL

Los productos obtenidos con las harinas compuestas fueron evaluados sensorialmente. Se consideraron los atributos color, sabor, aroma, textura y aceptabilidad general,

aplicando una prueba de aceptación de escala hedónica con cinco puntos, a 30 panelistas no entrenados a quienes se les entregó cuatro muestras cada una asignada con un número aleatorio de tres dígitos (anexo B), se muestra el formato de respuesta para la prueba de aceptación sensorial.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ANÁLISIS PROXIMAL

En el siguiente cuadro se muestra la composición proximal de la harina de trigo frente a la de chontaduro, se puede observar que la harina de chontaduro tiene un porcentaje mayor de fibra, lípidos y ceniza, lo cual lo hace un producto viable para la utilización en productos de panificación. El extracto lipídico contenido en el chontaduro en la variedad analizada es inferior a la detallada en Restrepo, 2012, la cual corresponde al chontaduros provenientes del departamento del cauca, y superior en frutos analizados en Ayala (2014), Borja (2011), Roja (2011), Samaniego (2016) y Tapia (2014). La grasa de la harina de chontaduro, presenta ácidos grasos poliinsaturados de acuerdo con lo reportado por Rivera (2009) y Restrepo (2012). El alto contenido de ácidos grasos insaturados tal como ácido oleico (omega 9), ácido linoleico (omega 6) y ácido linolénico (omega 3), generan a su vez una textura suave haciendo que las galletas fueran menos duras y que de acuerdo con las nuevas disposiciones nutricionales para alimentos funcionales cumple con la adición de sustancias grasas naturales y benéficas para la salud (Osuna, 2009).

Cuadro 6. Comparación porcentual de harina de trigo y harina de chontaduro

Componentes	Composición % harina de chontaduro*	Composición % harina de trigo**
Humedad	11.68	11.26
Carbohidratos	58.00	83.21
Proteína	5.98	12.87
Lípidos	13.80	2.19
Fibra	6.25	0.71
Ceniza	2.02	1.01

Fuente. Anexo A\* EcoQuímica \*\* (De Oliveira, 2005)

En cuanto al contenido de fibra, se observa valores inferiores en Ayala (2014), Samaniego (2016) y Tapia (2014), y superiores en Roja (2011) y Borja (2011). La harina de chontaduro arroja fracciones de fibra insoluble y soluble, con un predominio de la fracción insoluble (entre 65 a 90% de la fibra alimentaria total). Borja (2011). Lo cual desempeñan un papel importante entre los componentes de un alimento saludable ya que se asocia con la salud intestinal, prevención del cáncer colon rectal, enfermedades cardiovasculares y mantenimiento del peso (Milo, 2004).

La composición proteica de la harina de trigo es mayor, que la obtenida en la harina de chontaduro, pero en cereales, como el trigo la calidad proteica se ve limitada por el contenido del aminoácido esencial Lisina; el chontaduro tiene un contenido de este amino que se aproxima a los requerimientos nutricionales para una población mayor de 4 años, según la FAO, lo que hace de este fruto y la harina, un destacado complemento alimentario en las dietas. Los valores de proteína tienen una incidencia en relación a la funcionalidad de ambas harinas en el proceso de elaboración de galletas. El uso de harinas con un menor contenido proteico en especial del trigo da lugar a galletas de

mejores cualidades organolépticas, texturas más crujientes y mayor expansión, como lo han descrito Wade (1988) y Hosene y Rogers (1994) cuando compararon galletas elaboradas con trigos blandos y duros.

El otro componente mayoritario de ambas harinas es el almidón, que también otorga una fuerte influencia en las propiedades finales de la galleta. Sin embargo, como se ha descrito antes esta influencia no deriva de la cantidad de almidón presente en la harina sino que deriva de la cantidad de almidón dañado presente que no es más que un almidón fracturado en la molienda o por genética. Otros estudios han observado que hay una fuerte dependencia entre esta cantidad de almidón dañado y las dimensiones finales de la galleta. Esto se debe a que el almidón dañado es capaz de absorber tres veces más agua que cuando se encuentra intacto, por lo que su presencia afecta enormemente a las propiedades reológicas de la masa, produciendo una masa menos fluida que se expande menos, dando lugar a galletas más pequeñas y además más duras. (Donelson y Gaines, 1998; Gaines y Finney, 1989; Hosene y Rogers, 1994; Hosene y Rogers, 1994; Miller y Hosene y Rogers, 1997; Barrera *et al.*, 2007).

Los factores como la variedad del fruto, lugar de producción, condiciones climáticas y las condiciones de secado, influyen de manera evidente en la composición química del producto final. El estudio desarrollado por Borja. (2011) se observaron contenidos más altos de proteína, carbohidratos, ceniza y fibra; en dicha investigación la harina de chontaduro, se sometió al proceso de secado a una temperatura de 40° centígrados, permitiendo conservar y no sufrir alteraciones en el secado. Estudios realizados por Tapia (2014), Ayala (2014) y Samaniego (2016) arrojaron contenidos menores, donde el proceso de secado se realizó a 60° centígrados. En este trabajo los valores de composición proximal fueron realizados a 60° centígrados, pero presentaron mejor contenido en especial en lípidos y minerales. En la literatura y ante los valores obtenidos se observa cuan variable puede ser la composición proximal y por consiguiente el valor nutricional de los frutos y productos. El uso de harina de chontaduro tiene rica fuente nutricional, con potencialidades como un ingrediente para ser usado en la alimentación.

### **3.2 GRANULOMETRÍA**

En lo que se refiere al análisis granulométrico, la distribución del tamaño de partícula de las harinas de chontaduro analizadas en este estudio puede visualizarse en el cuadro 9 donde se presentan los valores de porcentajes de retención en cada malla y en la figura 5 se representa gráficamente la distribución en cada tamiz. También se puede observar en la cuadro 10 el módulo de fineza y diámetro promedio. La característica granulométrica de la materia prima constituye un aspecto relevante en la elaboración de pastas alimenticias y productos de panadería, pues la distribución adecuada de partículas permite una mayor uniformidad del producto elaborado (Borges *et al.*, 2006).

Para las muestras de harinas de chontaduro se observa una retención considerable de masa en los tamices con mayor abertura de malla. Los mayores porcentajes de retención

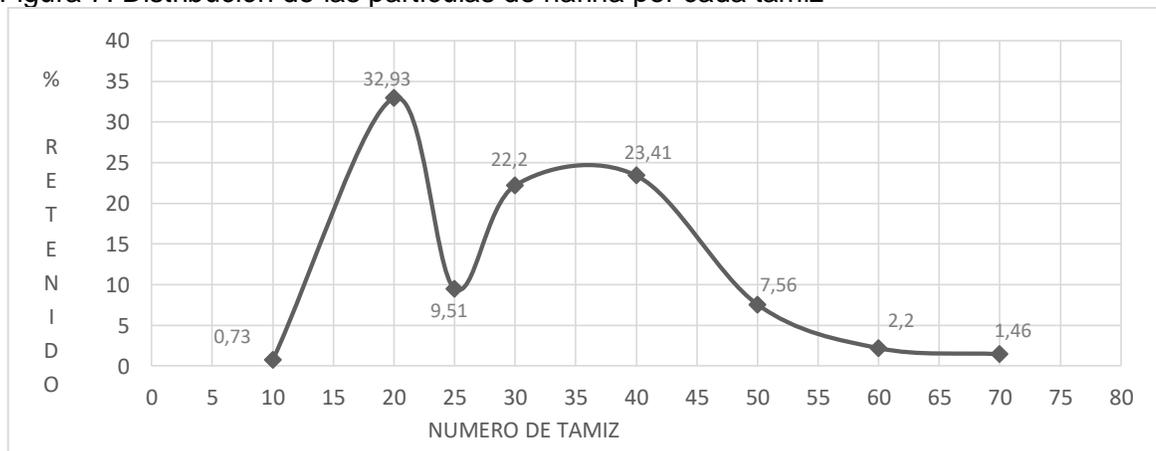
de partículas fueron encontrados en los tamices 20, 30 y 40 mesh (abertura de malla de 0,850, 0.600 y 0.425 mm, respectivamente), y los porcentajes menores se encontraron en criba de 60 mesh y fondo. Las partículas de todas las muestras de harinas de chontaduro evaluadas en este trabajo se encontraron en mayor concentración en la malla de 20 (0,850 mm). Carvalho *et al.* (2010) verificaron 72% de partículas de la harina de chontaduro quedaron retenidas en tamiz 20 mesh (0,850 mm abertura de malla), obteniendo un comportamiento igual en este estudio, ya que las harinas presentaron mayor porcentaje de retención de partículas en criba 20 mesh. En Borja. (2011), la harina de chontaduro se encontró en mayor concentración en la malla de 60 mesh (abertura de malla de 0,250 mm), y en De Oliveira (2015).

Cuadro 7. Análisis granulométrico de la harina de chontaduro

Numero de Tamiz N°	Micras(µm)	Porcentaje Retenido %
10	2.0	0.73
20	850	32.93
25	710	9.51
30	600	22.20
40	425	23.41
50	300	7.56
60	250	2.20
Fondo	0	1.46

Se puede observar que la harina de chontaduro presentó un porcentaje de partículas con menor granulometría, lo que puede deberse a la formación de complejos pequeños después del proceso de desnaturalización de las proteínas durante la cocción. Las harinas pueden ser clasificadas de acuerdo a su módulo de fineza como gruesas ( $MF \geq 4,10$ ), media ( $MF = 3,20$ ), fina ( $MF = 2,30$ ) y muy fina ( $MF \leq 1,50$ ) (Souza, 2010). La harina de chontaduro en forma general, presenta predominancia de partículas de tamaño medio a partir de lo cual se estableció que para la elaboración de galletas en este trabajo la harina de trigo presenta granulometría fina, y la harina de chontaduro tiene la granulometría gruesa.

Figura 7. Distribución de las partículas de harina por cada tamiz



Cuadro 8. Módulo de Fineza y diámetro promedio de la harina

	<b>MF</b>	<b>Dgw (mm)</b>
<b>Harina de chontaduro</b>	4.27	2.02
<b>Harina de trigo</b>	2.27	0.12

La granulometría de la harina de chontaduro tiene influencia en la calidad de la textura, apariencia y sabor, ya que una vez distribuido el tamaño de partículas afectan las propiedades tecnológicas y/o de tiempo de cocción de la masa, así mismo, grandes cantidades de partículas menores, conducen a una masa menos extensible y fluida (Carvalho, 2010). Velásquez *et al.* (2014) afirman que una de las características más representativas que debe tener una harina para la elaboración de galletas es la de ser muy extensible para procesos sin fermentación. Teniendo en cuenta que las harinas para galletas, pueden variar, pero por lo general es bastante constante en toda la gama de tipos, las harinas finas son más apropiadas para la utilización en pasteles, panes y galletas (Manley, 1989).

La importancia de la caracterización granulométrica está relacionada con la propagación del agua en las partículas, es decir, con la capacidad de la harina para absorber agua (Carvalho *et al.*, 2010). Las partículas con tamaños más pequeños absorben proporcionalmente más agua y más rápidamente, que las partículas con mayor tamaño, lo que se debe a que hay una mayor área superficial para interactuar con las moléculas de agua. Sin embargo, la uniformidad de la granulometría es más importante que el tamaño de las partículas, debido a que favorece la distribución uniforme del agua en la masa (Schmiele *et al.*, 2011). Las harinas clasificadas como finas, son ideales para la incorporación en productos de panificación, ya que posibilita una mejor incorporación de los ingredientes en la masa, lográndose productos finales con una mayor homogeneidad (Rodríguez *et al.*, 2011). De ahí que, gracias a estas características la harina de trigo sea la materia prima más usada en la elaboración de este tipo de productos, en especial panes, pero en referencia específica a galletería, la granulometría puede ser de mayor tamaño ya que produce masas menos resistentes, que se expanden más durante el horneado, lo que da lugar a su vez galletas más extensas, bajas y oscuras y con una menor humedad final. Por lo tanto la harina de chontaduro para la producción de galletas puede ser variable y depende de las características del producto final que se desee.

### 3.3 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE TEXTURA DE GALLETAS

En el cuadro 9 se presentan los valores promedio de fuerza de compresión, dureza y fracturabilidad de las galletas, elaboradas con los diferentes tratamientos. Además se muestra el análisis de varianza de los parámetros texturales de las galletas.

El análisis mostró que la sustitución parcial de la harina de chontaduro tiene un efecto significativo sobre la compresión y fracturabilidad, entretanto la dureza no presentó efecto significativo. En las figuras 8, 9 y 10 se esquematiza el comportamiento de cada uno de los parámetros texturales versus nivel de sustitución de la harina de chontaduro. Se

observó que la resistencia a la compresión tiene un aumento proporcional con la sustitución de chontaduro en la muestra; siendo las galletas T4 las que presentaron en caso, los mayores valores, pero mostrando dispersión.

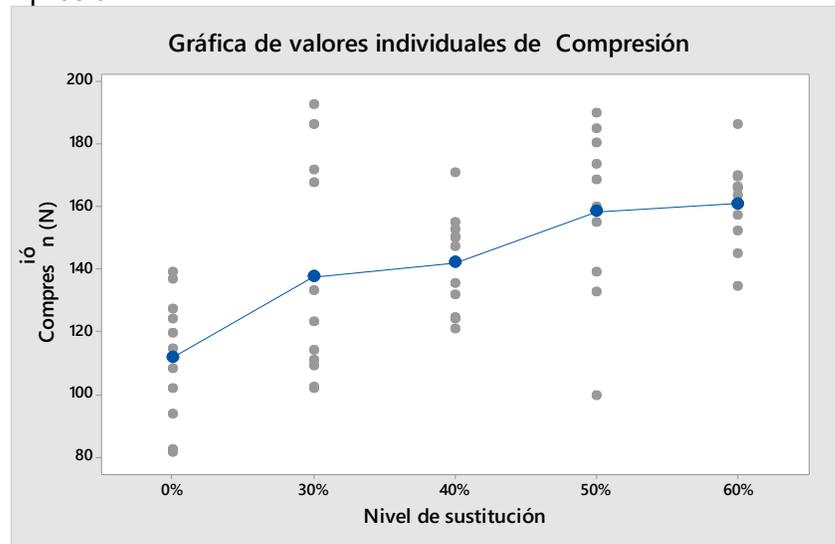
Cuadro 9. Análisis de varianza de los parámetros texturales de las galletas

Parámetros texturales	Nivel de sustitución de chontaduro					Análisis de Varianza
	0% (Trigo)	30%	40%	50%	60%	
Compresión (N)	111,518 ±20,060b	137,234 ±35,067ab	141,846 ±15,741a	158,198 ±26,454a	160,727 ±13,769a	p=0,000<0,05
Dureza (N)	18,022 ±1,47 a	17,681 ±1,64 a	16,331 ±1,58 a	16,740 ±1,47 a	16,823 ±1,60 a	p=0,076>0,05
Fracturabilidad (N)	5,865 ±0,67 cb	6,168 ±0,78 cb	6,713 ±1,55 ab	7,007 ±1,62 ab	7,797 ±1,32 a	p=0,001<0,05

Los datos indican la media (±) de las once repeticiones, con su respectiva desviación estándar. Letras distintas en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas (p<0,05), según test HSD de Tukey al 5 %.

Por otro lado, la prueba de comparación de Tukey arrojó que las galletas con sustitución de 30%, 40%, 50% y 60% de harina de chontaduro, no se encuentran diferencias significativas entre ellas, lo cual indica que existió homogeneidad entre las muestras.

Figura 8. Compresión



Los resultados demuestran que las galletas obtenidas con las diferentes sustituciones de chontaduro requirieron mayor esfuerzo de deformación que al de las galletas de 100% de harina de trigo. Esto permite decir que la presencia de la harina de chontaduro afecta la textura final de las galletas con las diferentes sustituciones con respecto a la galleta blanco T0, elaborada solo con harina de trigo, la cual se fue usada como control.

Figura 9. Fracturabilidad

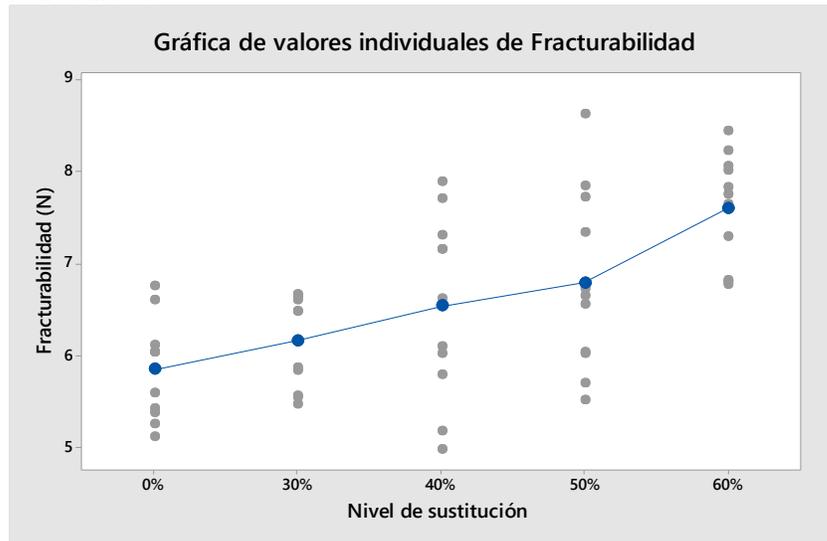
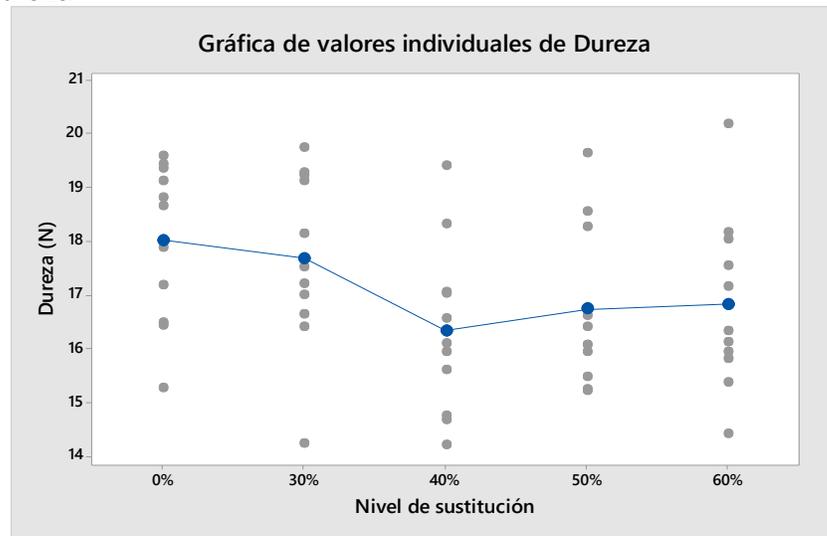


Figura 10. Dureza



La dureza es uno de los factores que determina la aceptabilidad de la galleta por el consumidor, y así como la fracturabilidad, es deseable que sus valores sean bajos. Los resultados obtenidos del parámetro dureza, no presentaron significancia estadística y sobresalió una gran dispersión de los datos y donde se observó que algunas muestras necesitaron de una menor fuerza de ruptura, sin tendencia definida en cuanto a la influencia del nivel de sustitución sobre este parámetro textural. Pero se puede ver que hubo una pequeña reducción de la dureza y aumentos de la fracturabilidad de las galletas a medida que aumenta la proporción de harina de chontaduro en la formulación de las galletas. La reducción de la dureza de las galletas es atribuida por el mayor contenido lipídico de la harina de chontaduro y a la ausencia de la red proteica de gluten, lo que la hace una masa más frágil al quiebre.

Se observa en la figura 8, que el aumento del porcentaje de sustitución de harina de chontaduro en la formulación para las galletas, provoca un aumento en la resistencia a la compresión del producto final, lo cual se le atribuye en parte al incremento del contenido de fibra, grasa y bajo niveles de proteína en la harina de chontaduro, donde además no se incluye agua adicional, dando como resultado una miga más compacta y más sólida y por tanto, más resistente a la compresión. Diversas investigaciones señalan que la fibra tiene varias implicaciones en la elaboración de las galletas, dada a su influencia sobre la viscosidad y los requerimientos de la masa para la formación y textura de la galleta durante el horneado, un mayor contenido de fibra en la harina tiende a variar las propiedades reológicas y texturales al aumentar la absorción de agua, al espesar y reducir el volumen de las masas, tal como lo evidenció en una formulación para galletas con harina compuesta de plátano verde y trigo; igual que lo hallado por en la formulación de productos de panadería enriquecidas con fibra (Torres, 2015).

Las muestras presentaron una estructura con poca humedad lo que las hizo muy resistentes, duras, rígidas y compactas. Resultados similares fueron hallados por Torres et al. (2015), Granito et al. (2010), y Gani et al. (2015), en galletas horneadas, quienes indicaron que dentro de los factores que más contribuyeron e influyeron en los parámetros texturales están la gelatinización de los almidones, la reducción del contenido de humedad del producto durante el tratamiento térmico, la desnaturalización de las proteínas y la cristalización del azúcar con la temperatura de horneado.

### 3.4 ANÁLISIS DE COLOR PARA HARINA COMPUESTAS Y GALLETAS

El color junto a la textura y el sabor es una característica importante en la determinación de la aceptación de las galletas. El color se analizó mediante el cambio de este parámetro entra la harina y el producto obtenido al final del proceso de elaboración. En la elaboración de las galletas y se produjo cambios de color fácilmente identificables, que fueron apreciados a simple vista por los cambios generados en los atributos perceptuales.

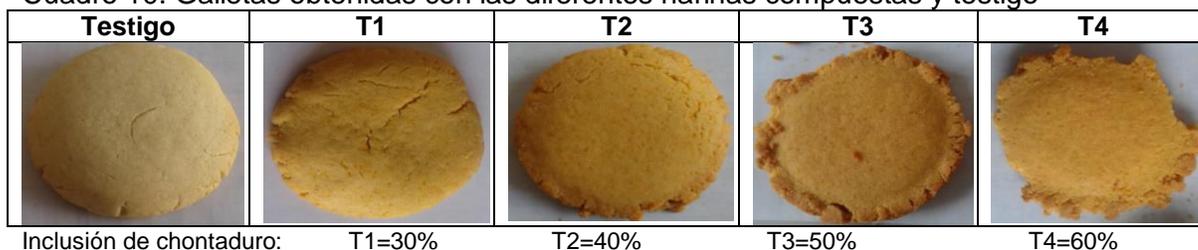
Figura 11. Variación del color entre las harinas



Los valores para la colorimetría fueron diferentes para todas las muestras, es decir presentaron diferencias estadísticamente significativas. La luminosidad disminuyó desde la harina hacia las galletas, generando un oscurecimiento del producto final. Se evidencia también un cambio de tono hacia el lado derecho del plano cromático y un aumento de la

saturación de las moléculas de color. Específicamente se identificó que el cambio se produjo hacia una coloración más intensa de la coordenada de cromaticidad b+ (amarillo) con una pequeña carga de la coordenada a+ (rojo), que junto con la disminución de la luminosidad, se traduce igualmente a galletas más oscuras y amarillas, además se observa que aumentan a medida que lo hace el contenido de harina de chontaduro. Este efecto también se evidenció en el estudio de Hoyos (2015), donde observó un aumento de estos parámetros al sustituir harina de trigo por garbanzo y maíz. Los resultados son también comparables con lo reportado para galletas con harina de avena (Marques *et al.*, 2009), galletas con harina de okara (Larosa *et al.*, 2006).

Cuadro 10. Galletas obtenidas con las diferentes harinas compuestas y testigo



Las variaciones y el color característico de las galletas está asociado al efecto de la temperatura y tiempo durante el horneado, que tiene lugar entre el contenido de azúcar reductores, almidón y proteínas, los cuales originan una coloración típica de las reacciones de Maillard que producen melanoidina coloreadas que disminuyen la luminosidad de la galletas. Estos cambios de color también están asociados también al contenido de carotenoides de la harina de chontaduro (Rojas, 2011).

Cuadro 11. Valores de análisis y cambio total de color en la harinas y galletas

Harina					
Muestra	L	a	b	C	H
0%	96.09±0.96a	2.12±0.08e	7.78±0.30e	8.07±0.32e	74.76±0.06d
30%	89.61±0.20b	6.33±0.09d	27.48±0.37d	28.20±0.38d	77.04±0.021a
40%	88.17±0.15c	7.34±0.02c	31.46±0.69c	32.30±0.71c	76.87±0.10ba
50%	86.56±0.23d	8.39±0.06b	35.66±0.33b	36.64±0.33b	76.76±0.02b
60%	84.45±0.18e	9.66±0.17a	40.41±0.38a	41.54±0.40a	76.56±0.11c
Galleta					
0%	74.40±0.51a	7.13±0.40d	24.16±0.52d	25.19±0.62d	73.58±0.51a
30%	69.77±0.52b	12.69±0.25c	38.18±0.69c	40.23±0.70b	71.63±0.33b
40%	68.05±0.15c	14.16±0.13b	42.63±0.21b	44.92±0.20b	71.62±0.18b
50%	67.13±0.40c	14.74±0.07b	42.99±0.11b	45.45±0.12b	71.09±0.08bc
60%	65.82±0.40d	16.14±0.28a	44.82±0.46a	47.64±0.38a	70.19±0.45c
Diferencia (Δ) Galleta – Harina					
Muestra	ΔL (%)	Δa (%)	Δb (%)	ΔC (%)	Δgh (%)
0%	-21.69	5.01	16.38	17.12	-1.18
30%	-19.84	6.36	10.7	12.03	-5.42
40%	-20.12	6.82	11.17	12.62	-5.24
50%	-19.43	6.35	7.33	8.81	-5.67
60%	-18.63	6.48	4.41	6.1	-6.37

Media ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p < 0.05).

### 3.5 ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación de color mediante el análisis sensorial, fue diferente a los resultados obtenidos mediante análisis instrumental, debidos a que las percepciones por los panelistas es reducida, alcanzando a no obtener detalles precisos de cambio de color. Al no ser panelistas entrenados y la familiarización con el producto, el análisis sensorial no es determinante. Las galletas elaboradas con nivel de sustitución de 50 y 60% de harina de chontaduro, fueron las que obtuvieron mayor puntaje en la prueba, cercano a un valor de 4 para una categoría de me gusta. Sin embargo todas las sustituciones estuvieron cercanas a 4, independientemente del porcentaje de harina de chontaduro utilizado en su formulación. El atributo de sabor residual, el análisis de ANOVA arrojó un valor-P de 0,000, un valor menor al nivel de significancia del 5%, por lo tanto los panelistas identificaron galletas con mayor porcentaje de sustitución de chontaduro, lo cual el efecto de sustitución sobre este atributo es significativo estadísticamente. De la prueba de Tukey para los niveles de sustitución se estableció que las galletas con el 60 y 50 % difieren de las galletas 30 y 40 %, Entendiendo que los panelistas percibieron un sabor residual de chontaduro mayor después del 50% de sustitución.

En el siguiente cuadro están los resultados de ANOVA para los atributos de aroma, color, sabor y textura de las cuatro galletas. El análisis de varianza fue mayor que el nivel de significancia establecido 5%. Se observa que el aumento de la concentración de harina de chontaduro en las formulaciones de las galletas, que resulto en mayores contenidos de fibra y diferentes propiedades físicas y funcionales, no reflejó en los atributos una diferencia significativa. No obstante los atributos aroma y color obtuvieron mayor puntaje, en comparación con la aceptación, sabor y textura.

Cuadro 12. Resultados de prueba de análisis sensorial

Muestra	Aceptación	Aroma	Color	Sabor	Textura
30%	3.906±0.85	4.090±0.81	4.219±0.832	3.719±1.02	3.938±0.98
40%	3.719±0.95	4.188±0.85	4.125±0.793	3.513±1.04	3.875±0.94
50%	3.875±0.75	4.219±0.79	4.406±0.712	3.875±0.97	3.813±0.93
60%	3.969±0.89	4.063±0.84	4.406±0.712	3.813±1.06	3.875±0.89
Valor de p	0.697	0.855	0.359	0.565	0.967

Las formulaciones con mayor porcentaje de inclusión, presentaron alto índice de aceptación sensorial, Así mismo, en cuanto a dureza, fueron estas las galletas, con una índice de textura más suave en la prueba instrumental tuvieron alto porcentaje de fibra, minerales y lípidos, pudiendo ser consideradas como prometedoras para productos de panadería. Este estudio resalta esa importancia de características nutricionales superiores como alternativas alimentarias para la población que gustan de productos comercialmente disponibles.

#### 4. CONCLUSIONES

La harina de chontaduro es una rica fuente nutricional, ya que presenta un mayor contenido de grasa, minerales y fibra comparada con la harina de trigo; lo cual lo hace favorable y técnicamente posible para la sustitución de harina de trigo, para la elaboración de productos de panificación, especialmente, productos que presentan masas ligeras como las galletas. Esto a pesar de la disminución en el contenido proteico de las galletas por la sustitución parcial de harina chontaduro.

El nivel de sustitución del 30% de harina de chontaduro en la formulación de las galletas no comprometió la aceptación sensorial, ni los atributos de sabor, aroma y parámetros de textura comparada con la galleta control, sin embargo los niveles de sustitución más altos como 50 y 60% de harina de chontaduro, provocaron cambios en las parámetros de textura y sensoriales en las galletas, en relación con la galleta trigo o estándar. Reflejándose en la apariencia, la textura y la impresión global. El efecto de la harina de chontaduro, sobre el atributo del sabor residual, tuvo un efecto significativo; donde los panelistas identificaron y percibieron el chontaduro, después del 50% de sustitución en las galletas.

El aumento del porcentaje de sustitución de harina de chontaduro en la formulación para las galletas, provoca un aumento en la resistencia a la compresión del producto final, lo cual se le atribuye en parte al incremento del contenido de fibra, grasa y bajo niveles de proteína en la harina de chontaduro, donde además no se incluye agua adicional, dando como resultado una miga más compacta y más sólida y por tanto, más resistente a la compresión. Las galletas que obtuvieron mayor aceptabilidad son las de sustitución de 60% y 50% de harina de chontaduro, debido a que obtuvieron un puntaje alto, en la evaluación de sabor, color y textura por parte de los panelistas y mantuvieron características similares a galletas comerciales. En la evaluación de características físicas el color evaluado con un colorímetro se observó diferencia entre los atributos evaluados sensorialmente.

## 5. RECOMENDACIONES

Se recomienda formular otros productos de panificación para amplificar el uso de la harina chontaduro, además de integrar diferentes sustituciones de harinas (quinua, arroz, maíz, coco, chía, yuca, papa y plátano), con variaciones en el contenido de grasa y endulzante para determinar los mismos parámetros instrumentales de textura, color y análisis sensorial, con el propósito de incrementar del valor proteico de las galletas.

Utilizar diferentes endulzantes como panela, miel y estevia, para la elaboración de galletas con sustitución parcial de harina de chontaduro, con el fin de utilizar productos más naturales y menos refinados.

Para un diagnóstico más acertado del análisis sensorial se recomienda hacer un mayor número de pruebas de panel sensorial, con normas técnicas, para eliminar errores que afectan el desempeño del panelista.

Se recomienda determinar el tiempo de vida útil bajo condiciones normales de temperatura y humedad relativa.

Investigar la factibilidad de producción de galletas con sustitución escala industrial.

## BIBLIOGRAFÍA

ARANGO SALAZAR, Laura Marcela. Evaluación Nutricional con base en la proteína de dietas con chontaduro (*Bactris Gasipaes*) mediante un biomodelo usando ratas de la cepa wistar (*Rattus norvegicus*). Tesis Química. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Química. Cali: 2011.

ARGUELLO, Heliodoro. Cultivos y tecnologías para la reconversión económica de la amazonia colombiana. En: Colombia. 2a ed. Ed: Llitomerchan Ltda. Universidad Nacional de Colombia Sede Leticia. ISBN: 958-8051-25-8.

BADUI, Salvador. Química de los alimentos. 4a ed. México: 2006.

BALTSAVIAS, A.; JURGENS, A. y VLIET, T. Large deformation properties of short doughs: effect of sucrose in relation to mixing time. En: Journal of Cereal Science, 1999, vol. 29, pág. 43-48.

BELLO, J. Ciencia Bromatológica; Principios generales de los alimentos. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid, España: 2008.

BRENNAN, J.G.; BUTTERS, J.R.; COWELL, N.D. y LILLY, A.E.V. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. 2 ed. Editorial Acirbia. Zaragoza, España: 1980.

BORGES, J.T.; PIROZI, M.R; LUCIA, S.M.D.; PEREIRA, P.C; FIALHO E MORAES, A.R y CASTRO, V.C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. B. Ceppa, Curitiba: 2006, pág. 145-162.

BORJA, Lidiane. Propiedades tecnológicas, físicas e químicas da farinha de pupunha (*Bactris Gasipaes*). Tesis Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidade Federal Do Pará. Belém, Brasil: 2011.

CABEZAS RODRÍGUEZ, Sara. Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas. Tesis Master Seguridad y Biotecnología alimentaria. Universidad de Burgos Facultad de Ciencias. Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos. Burgo: 2009.

CABRERA, S.; IRIGARAY, R. y MÍGUEZ, D. Estudio comparativo de la determinación del tamaño de partícula por dos métodos: tamizado en seco y difracción láser. En: Revista del laboratorio tecnológico de Uruguay. Montevideo: 2010.

CARVALHO, A.V.; MARÇAL DE VASCONCELOS, A.; SILVA, P.A.; ASSIS, G.T. y RAMIREZ, J.L. Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. En: Ciênc. agrotec., Lavras, 2010, vol. 34, no. 4, pág. 995-1003.

CASP, Ana. Tecnología de los alimentos de origen vegetal. Volumen 2. Editorial Síntesis S.A. Madrid, España: 2014.

CAUVAIN, S.P. y YOUNG, L.S. Fabricación de pan. Editorial Acribia. Zaragoza: 2002.

CHAPARRO VEGA, María Catalina. Obtención de aceite a partir de los residuos del chontaduro. Tesis Ingeniería Química. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Cali, Valle: 2011.

CHEVALLIER, S.; COLONNA, P.; DELLA VALLE, G. y LOURDIN, D. Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. En: Journal of Cereal Science, 2000, vol. 31, pág. 241–252.

\_\_\_\_\_; DELLA VALLE, G., COLONNA, P., BROYART, B., TRYSTRAM, G. Structural and chemical modifications of short dough during baking. En: Journal of Cereal Science, 2002, vol. 35, pág. 1–10.

CORNEJO, F.; CHUCHUCA, G.; DICK, A. y PEÑAFIEI, J. Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos. Tesis Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador: 2012.

DAZA, Jhon; RODRÍGUEZ, José y MOSQUERA, Silvio. Cambios fisiológicos, texturales y fisicoquímicos de dos variedades de chontaduro (*Bactris Gasipaes*) en poscosecha. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, vol. 13, no. 2, pág. 67-75.

DENDY, David y DOBRASZCZYK, Bogdan. Cereales y productos derivados. Editorial Acribia. S.A. Madrid, España: 2004.

DE OLIVEIRA, Leticia F. Resíduo do processamento palmito de pupunha: Estudo físico, Químico, tecnológico e toxicológico. Tesis Maestría en Ciencias y tecnología de alimentos. Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia. Brasil: 2015.

DE OLIVEIRA, María K.S.; MARTÍNEZ FLORES, Héctor; ANDRADE, Jerusa; GARNICA ROMO, M.G. y CHANG, Yoon. Use of pejibaye flour (*Bactris Gasipaes* Kunth) in the

production of food pastas. En: International Journal of Food Science and Technology, 2005, vol. 41, pág. 933–937. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.01145.x.

DIMPLE, Singh-Ackbarali y ROHANIE, Maharaj. Sensory Evaluation as a Tool in Determining Acceptability of Innovative Products Developed by Undergraduate Students in Food Science and Technology at The University of Trinidad and Tobago. Published by Sciedu Press. 2013.

DONELSON, J.R. y GAINES, C.S. Starch-water relationships in the sugar snap cookie dough system. En: Cereal Chemistry, 1998, vol. 75, pág. 660–664.

ELÍAS, Luis. Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. En: Boletín oficina Sanitaria Panamericana de Guatemala, 1996, vol. 121, no. 2.

FAO. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Roma, Italia: 2013.

GAINES, C.S.; DONELSON, J.R. y FINNEY, P.L. Effect of damaged starch, chlorine gas, flour particle size, and dough holding time and temperature on cookie dough handling properties and cookie size. En: Cereal Chemistry, 1989, vol. 65, pág. 384– 389.

GALLARDO, María y SIERRA, Clara. Condiciones óptimas de secado para la obtención de harina de chontaduro (*Bactris Gasipaes*). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Valle: 1980.

GANI, A. *et al.* Effect of whey and casein protein hydrolysates on rheological, textural and sensory properties of cookies. En: Journal of Food Science and Technology, 2015, vol. 52, no. 9, pág. 5718-5726. DOI: 10.1007/s13197-014-1649-3.

GEANKOPLIS, C. Proceso de transporte y operaciones unitarias. 2a ed. Editora Continental. México D.F.: 1998.

GHOTRA B.S.; DYAL, S.D. y NARINE, S.S. Lipid shortenings: a review. En: Food Research International, 2002, vol. 35, pág. 1015-1048.

GODOY, Sandra; MOTTA, Elsa; FORERO, Clara; DÍAZ, Doris y LUNA, Gabriela. Estandarización de Harina de Chontaduro para Fortalecer su cadena productiva en el departamento del Cauca. En: Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2006, vol. 4, no. 1, pág. 106 – 111.

GÓMEZ, Georgina. Factores anti nutricionales del pejibaye (*Bactris Gasipaes*). Efecto sobre el crecimiento y diferentes parámetros bioquímicos en ratas jóvenes. Tesis Master de Ciencias Biomédicas. Universidad de Costa Rica. San José: 1997.

GONZALES, Littman; NAVARRO, Darwin y VÁSQUEZ, River. Deshidratación del *Bactris Gasipaes* Kunth (pijuayo) por flujo de aire caliente y su empleo como sustituto del maíz en raciones para pollos parrilleros. En: Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, 2002, vol. 2, no. 2, pág. 67-87.

GRANITO, M.; VALERO, Y. y ZAMBRANO, R. Desarrollo de productos horneados a base de leguminosas fermentadas y cereales destinados a la merienda escolar. En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2010, vol. 60, no. 1, pág. 85-92.

HEREDIA F.J. Apunte del Curso. El color: fundamentos y Aplicaciones. UNS, Bahía Blanca: noviembre, 2009.

HOSENEY, R.C. y ROGERS, D.E. Mechanism of sugar functionality in cookies. The Science of Cookie and Cracker Production. Minnesota, USA.: 1994, pág. 203–225.

HOYOS, Doreen y PALACIOS, Anneth. Utilización de harinas compuestas de maíz y garbanzo adicionadas con fibra de cáscara de piña para sustitución de harina de trigo en productos de panificación. Tesis Ingeniería de Alimentos. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Alimentos. Cali, Valle: 2015.

HUTCHINSON, P.E. Emulsifiers in Cookies- Yesterday, Today and Tomorrow. 53rd annual Biscuit and Cracker Manufacturers Association Technologists Conference. 1987.

IBÁÑEZ, Francisco y BARCINA, Yolanda. Análisis Sensorial de alimentos. Métodos y aplicaciones. Barcelona, España: 2001.

LAGUNA, Laura. Reformulación de galletas de masa corta. Cambios en reología, textura y propiedades sensoriales. Editorial Universitat Politècnica de València. Tecnología de alimentos y bebidas. España: 2013. ISBN: 978-84-9048-067-0.

LAROSA, G.; ROSSI, E.A.; BARBOSA, J.C. y BARBIERI DE CARVALHO, R.M. Aspectos sensoriais, nutricionais e tecnológicos de biscoito doce contendo farinha de'okara'. En: Alimentos e Nutrição Araraquara, 2006, vol. 17, no. 2, pág. 151-157.

LEÓN, A.E. y ROSELL, C.M. De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Córdoba: 2007.

MANLEY, D. Tecnología de la industria galletera. Galletas, crackers y otros horneados. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España: 1989.

MARQUES, L.; ZAVAREZE, E.; RADÜNZ, A.L.; GUERRA DÍAS, Á.R.; GUTKOSKI, L.C. y CARDOSO, M. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. En: Alimentos e Nutrição Araraquara, 2009, vol. 20, no. 1, pág. 15-24.

MATHIAS-RETTIG, K. y AH-HEN, K. El color en los alimentos, un criterio de calidad medible. En: Food and Technology Science, 2014, vol. 42, no. 2.

MELÉNDEZ MARTINEZ, Antonio J.; VICARIO, Isabel M. y HEREDIA, Francisco J. Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2004, vol. 54, no. 2, pág. 209-215.

MILLER, R.A. y HOSENEY, R.C. Factors in hard wheat flour responsible for reduced cookie spread. En: Cereal Chemistry, 1997, vol. 74, pág. 330–336.

MILO, L. Nutraceuticals and funcional foods. En: Food Techonology, 2004, vol. 58, pág. 71.

MINOLTA, K. Comunicación precisa del color. 2007.

MIRANDA, F., Doris. Elaboración y control de calidad de un suplemento alimenticio en polvo a base de la harina de chonta (*Bactris Gasipaes* Kunth) con harina de soya (*Glycine Max*) desengrasada. Tesis Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba: 2015.

OSUNA, M.; JUDIS, M.; AVALLONE, C. y ROMERO, A. Análisis del perfil lipídico de harinas y aceites funcionales para la elaboración de panes fortificados. Tesis Agroindustria. Universidad Nacional del Nordeste. Chaco: 2009.

PACHECO DE DELAHAYE, E.; ALVARADO, A.; SALAS R. y TRUJILLO A. Composición química y digestibilidad de la proteína de veinte ecotipos de Pijiguaon (*Bactris gasipaes*) del Amazonas de Venezuela. En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 1999, vol. 49, pág. 384-38.

PAREYT, B. y DELCOUR, J.A. The role of wheat flour, constituents, sugar and fat in low moisture cereal based products: a review on Sugar-snap cookies. En: Critical review in food science and nutrition, 2008, vol. 48, pág. 824-839.

PAREYT, B.; WILDERJANS, E.; GOESAERT, H.; BRIJS, K. y DELCOUR, J.A. The role of gluten in a sugar-snap cookie system: a model approach based on gluten-starch blends. En: Journal of Cereal Science, 2008, vol. 48, pág. 863-869.

PARRA, Héctor y MARULANDA, Oscar. Pérdida de peso y tiempo máximo de almacenamiento para el fruto de la palma de chontaduro (*Guilielma gasipae*). Tesis Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Valle: 1980.

PAULA, A. y CONTI-SILVA, A. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. En: Journal of Food Engineering, 2014, vol. 121, pág. 9-14.

PUGH, D. Grounds for divorce. Malvern Instruments. Inglaterra: s.f., 7 p.

QUESADA, Silvia; AZOFEIFA, Gabriela; JATUNOV, Sorel; JIMÉNEZ, G.; y NAVARRO, L y GÓMEZ, Georgina. Carotenoids composition, antioxidant activity and glycemic index of two varieties of *Bactris gasipaes*. En: Emirates Journal of Food and Agriculture, 2011, vol. 23, pág. 482-489.

RESTREPO, Jaime; VINASCO, Luz Elena y ESTUPIÑAN, Jaime Andrés. Estudio comparativo de ácidos grasos en 4 variedades de chontaduro (*Bactris Gasipaes*) de la región del pacífico colombiano. En: Revista de Ciencias de la Universidad del Valle, 2012, vol. 16, pág. 123-129.

RIVERA FIERRO, Andrés Felipe. Análisis fisicoquímico y funcional del chontaduro (*Bactris Gasipaes*) producido en diferentes regiones de Colombia. Tesis Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán: 2009.

RODRÍGUEZ, J.; BELTRAME, S.C.; MACIERO, M.; GROTTTO, P.; CERVEJEIRA, B. y GODOY, E.D. Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. V Simpósio de Engenharia, Ciencia y Tecnologia de Alimentos. En: Revista Tecnológica, 2011, pág. 21-28.

RODRÍGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, A. y AYALA, A. Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. En: Ingeniería e Investigación, 2005, vol. 25, no. 1, pág. 72-78.

ROJAS, C.; PEREZ, A.; BUSTOS, J. y VAILLANT, F. Identification and quantification of carotenoids by HPLC-DAD during the process of peach palm (*Bactris Gasipaes* Kunth). En: Food Research International, 2011, vol. 44, pág. 2377-2384.

SAMANIEGO, V.; RODRÍGUEZ, D.; GARCÍA, M. y CASARIEGO, A. Sustitución parcial de harina de chontaduro (*Bactris Gasipaes* Kunth) en la elaboración de productos de panificación. En: Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2016, vol. 26, no. 2, pág. 43-48.

SCHMIELE, M.; HACKBART DA SILVA, L.; PINTO DA COSTA, P.F.; DA SILVA RODRIGUES, R. y CHANG, Y.K. Influência da adição de farinha integral de aveia, flocos de aveia e isolado proteico de soja na qualidade tecnológica de bolo inglês. En: Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, 2011, vol. 29, no. 1, pág. 71-82.

SMRIGA, M. Oral treatment with L-lysine and L-arginine reduces anxiety and basal cortisol levels in healthy humans. En: Biomed Res, 2007, vol. 28, no. 2, pág. 85-90.

SOUZA, J.A. Mudanças físico-químicas e sensoriais de farinha de arroz submetidas a torração em micro-ondas. Tesis Maestría. Universidade Federal De Goiás Escola De Agronomia E Engenharia De Alimentos. Goiânia, Brasil: 2010.

STONE, H. and SIDEI, J.L. Introduction to Sensory Evaluation, In Food Science and Technology. En: Sensory Evaluation Practices. 3a ed. Academic Press. San Diego: 2004, pág. 1-19. ISBN 9780126726909.

SZCZESNIAK, A.S. Correlating sensory with instrumental texture measurements an overview of recent developments. En: Journal of Texture Studies, 1987, vol. 18, no. 1, pág. 1-15.

\_\_\_\_\_. Texture is a sensory property. En: Food Quality and Preference, 2002, vol. 13, no. 1, pág. 215-225.

TAPIA, Carla. Obtención de pan de molde con sustitución parcial de harina de chontaduro (*Bactris Gasipaes* Kunth). Tesis Ingeniería de Alimentos. Universidad Tecnológica equinoccial. Facultad de ciencias de la ingeniería de alimentos. Quito: 2014.

TORRES, José, TORRES, Ramiro, ACEVEDO, Diofanor y GALLO, Luis. Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. En: Revista Vecto, 2015, vol. 10, pág. 14-25.

VELÁSQUEZ, L.; AREDO, V.; CAIPO, Y. y PAREDES, E. Optimización por diseño de mezclas de la aceptabilidad de una galleta enriquecida con quinua (*Chenopodium quinoa*), soya (*Glycine max*) y cacao (*Theobroma cacao* L.). en: Agroindustrial Science, 2014, vol. 4, no. 1, pág. 35-42.

WADE, P. Preparation of biscuit doughs. En: Biscuits, Cookies and crackers. The principles of the craft. Elsevier Applied Science. London: 1988.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity and overweight: fact sheet, vol. 1, 2013.

YUYAMA, OKL; AGUIAR, JPL y CLEMENT, C.R. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia En: International Journal of Food Sciences and Nutrition, Brazil: 2003, vol. 54, pág. 49-56.

## ANEXOS

### ANEXO A. Análisis bromatológico de la harina de chontaduro



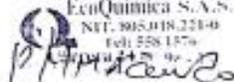
#### CERTIFICADO DE ANALISIS

<b>Nº Registro</b>	170675	<b>Fecha Recepción</b>	23/02/2017	<b>Fecha Reporte</b>	08/03/2017
<b>Empresa</b>	Andrea del Pilar Riascos Palacios				
<b>Dirección</b>	Diag. 24 # Tv 25 - 47				
<b>Solicita</b>	Sra Andrea del Pilar Riascos P				
<b>Muestra</b>	HARINA DE CHONTADURO				
<b>Archivo</b>	Bitácora-74. Pág-047-048,053-054.				
<b>Pbx/Fax</b>	3113541701	<b>Lote</b>	MUESTA 3		

Analisis	Especificación	Resultado	Método
Fibra Cruda (%)	N/R	6,25	PAF-304
Proteína (%)	N/R	5,98	PAF-425
Grasa (%)	N/R	13,80	PAF-429
Humedad (%)	N/R	11,68	PAF-427
Cenizas (%)	N/R	2,02	AOAC
Carbohidratos (%)	N/R	58,00	AOAC Por Diferencia

<b>Observaciones</b>	PRESENTACION X 250g T= 60°C
----------------------	-----------------------------

Nota: los resultados son validos unicamente para la muestra analizada y no para otro(s) materiales de la misma procedencia. La muestra analizada permanecerá bajo custodia del laboratorio por 3 meses a partir de la producción de este informe. Transcurrido este periodo se desechará. El presente documento no posee validez alguna sin el sello y las firmas respectivas. se prohíbe su reproducción total o parcial , excepto con aprobación de Ecoquimica Ltda.

  
 EcoQuímica S.A.S.  
 NIT. 805018221-0  
 Telf: 558 1576

Omar Velásquez L., Ph.D.  
 Director Técnico  
 Matrícula PQ-2553

Pagina 1 de 1

Carrera 24 No. 9C -21 Alameda Tel: 5581576 y 5567928 Cel: 3155257325 NIT: 805018221-0  
 Email: [luzmaryc@ecoquimica.com.co](mailto:luzmaryc@ecoquimica.com.co); [ovelas18@gmail.com](mailto:ovelas18@gmail.com)

## ANEXO B. Prueba de evaluación sensorial

### UNIVERSIDAD DEL CAUCA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**OBJETIVO:** EVALUAR CARACTERÍSTICAS SENSORIALES Y LA ACEPTACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LAS GALLETAS CON LA DIFERENTES SUSTITUCIONES DE HARINA DE CHONTADURO, APLICANDO UNA PRUEBA HEDÓNICA.

#### INSTRUCCIONES

1. Reciba una muestra identificada con el código en el orden de presentación establecido
2. Deguste asegurando percibir la totalidad de las características del producto.
3. Indique su nivel de agrado asignándole la puntuación que mejor describe su percepción para cada uno de los atributos del producto, según la tabla que se le presenta a continuación.

<b>NIVEL DE AGRADO</b>	<b>ESCALA DE PUNTUACIÓN</b>
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
No me gusta, ni me disgusta	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

4. Tome agua con el propósito de eliminar cualquier sabor residual y continúe con la siguiente muestra. Aplique las siguientes instrucciones en cada muestra.

<b>Código</b>	<b>245</b>					<b>874</b>					<b>624</b>					<b>910</b>				
<b>Valoración</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Aroma																				
Color																				
Sabor																				
Textura																				
Aceptación global																				

5. Finalmente, califique el sabor residual o la percepción de sabor a chontaduro.

<b>Valoración</b>	<b>Código</b>	<b>245</b>	<b>874</b>	<b>624</b>	<b>910</b>
<b>1</b>	<b><i>Lo percibo</i></b>				
<b>2</b>	<b><i>Lo percibo levemente</i></b>				
<b>3</b>	<b><i>No lo percibo</i></b>				

## ANEXO C. Análisis de varianza y prueba de diferencia de Tukey para sabor residual de galletas

ANOVA de un solo factor: Sabor Residual

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	4	30%. 50%. 60%. 40%.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	22,02	7,3411	17,01	0,000
Error	124	53,53	0,4317		
Total	127	75,55			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad.(ajustado)	R-cuad.(pred)
0,657042	29,15%	27,43%	24,50%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
30%	32	2,188	0,780	(1,958. 2,417)
50%	32	1,594	0,665	(1,364. 1,824)
60%	32	1,2813	0,4568	(1,0514. 1,5111)
40%	32	2,281	0,683	(2,051. 2,511)

*Desv.Est. agrupada = 0,657042*

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
40%	32	2,281	A
30%	32	2,188	A
50%	32	1,594	B
60%	32	1,2813	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*