

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, REOLÓGICAS Y NUTRICIONALES  
DE HARINA COMPUESTA, DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*), MAÍZ (*Zea  
mays*) Y QUÍNUA (*Chenopodium quínoa*)**



**GERSON ARLEY LÓPEZ ANACONA**

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

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, REOLÓGICAS Y NUTRICIONALES  
DE HARINA COMPUESTA, DE CHONTADURO (*Bactris gasipaes*), MAÍZ (*Zea  
mays*) Y QUÍNUA (*Chenopodium quinoa*)**

**GERSON ARLEY LÓPEZ ANACONA**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de  
Ingeniero Agroindustrial**

**Mg. SANDRA PATRICIA GODOY B.  
Directora**

**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 autor y lo encuentran satisfactorio.

---

**Mg. SANDRA PATRICIA GODOY B.**  
Directora

---

**Mg. RAQUEL DE LA CRUZ NOGUERA**  
Presidente del Jurado

---

**Mg. CAMILO ELIAS MONTILLA B.**  
Jurado

Popayán, 31 de agosto de 2018

## **DEDICATORIA**

A mis padres Jaime Ramiro López y Ana Iliá Anacona, por ser mi fuerza para salir adelante y ante todo por el amor y paciencia que me han brindado.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la profesora Sandra Patricia Godoy Bonilla, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca por su apoyo y dirección del trabajo de grado.

Al profesor Diego Fernando Roa Acosta, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca por su apoyo.

A don Wilson Orozco Méndez operario de las plantas pilos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca por su colaboración y apoyo.

A mis compañeroS y amigos estudiantes de ingeniera agroindustrial por su apoyo y amistad.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1 CHONTADURO	20
1.1.1 Taxonomía	20
1.1.2 Variedades	20
1.1.3 Morfología	21
1.1.4 Usos	22
1.1.5 Composición fisicoquímica del fruto	22
1.1.6 Harina de chontaduro	23
1.2 MAÍZ	24
1.2.1 Harina de maíz	24
1.3 QUÍNUA	25
1.3.1 Valor nutricional de la quinua	25
1.3.2 Harina de quinua	26
1.3.3 Producción de quinua en el Cauca	26
1.4 TRIGO	27
1.4.1 Generalidades	27
1.4.2 Harina de trigo	27
1.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS	28
1.5.1 Molienda	28
1.5.2 Granulometría	29
1.5.3 Módulo de fineza (MF)	29

	pág.
1.5.4 Diámetro promedio	30
1.5.5 Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA)	30
1.6 GALLETAS	31
1.6.1 Requisitos de fabricación de las galletas	31
1.6.1.1 Requisitos físico químicos de las galletas	31
1.6.2 Componentes básicos en la elaboración de galletas	31
1.7 REOLOGÍA	33
1.7.1 Curvas de empastamiento	33
1.7.2 Textura de las galletas	34
1.7.3 Prueba de compresión uniaxial	35
1.7.4 Prueba de penetración	35
1.7.5 Color	35
1.8 EVALUACIÓN SENSORIAL	37
1.9 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	38
1.9.1 Humedad	38
1.9.2 Análisis de Proteínas	38
1.9.3 Análisis de grasa	39
1.9.4 Análisis de fibra	39
1.10 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	39
2. METODOLOGÍA	43
2.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA COMPUESTA	43
2.1.1 Harina de chontaduro	43
2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS MEZCLAS	44

	pág.
2.2.1 Granulometría	45
2.2.2 Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA)	45
2.2.3 Curvas de empastamiento	46
2.2.4 Color	46
2.3 ELABORACIÓN DE GALLETAS	47
2.4 EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TEXTURALES DE LAS GALLETAS	48
2.4.1 Prueba de compresión uniaxial	49
2.4.2 Prueba de penetración en galletas	49
2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL	49
2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	49
2.6.1 Diseño experimental para galletas	50
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS Y LAS MEZCLAS	51
3.1.1 Granulometría	51
3.1.2 Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua de agua (ISA)	53
3.1.3 Curvas de empastamiento	56
3.2 COLOR	58
3.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE TEXTURA EN GALLETAS	61
3.3.1 Prueba de compresión	61
3.3.2 Prueba punto de quiebre	63
3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL APLICANDO PRUEBA HEDÓNICA	64
3.5 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	66

	pág.
4. CONCLUSIONES	69
5. RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	82

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Composición nutricional de 100 g de fruto de chontaduro	23
Cuadro 2. Composición nutricional de 100g de maíz	25
Cuadro 3. Composición nutricional de 100g de quinua	26
Cuadro 4. Composición nutricional de la harina de trigo	28
Cuadro 5. Requisitos físico químico para las galletas con o sin relleno	32
Cuadro 6. Formulación para elaboración de galletas	47
Cuadro 7. Diseño experimental para las mezclas	50
Cuadro 8. Distribución de las harinas compuestas	52
Cuadro 9. Módulo de fineza y diámetro promedio de las mezclas compuestas	53
Cuadro 10. Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA) para las harinas compuestas	53
Cuadro 11. Propiedades de gelatinización en harinas compuestas	56
Cuadro 12. Análisis colorimétrico de los tratamientos de harinas compuestas	58
Cuadro 13. Análisis colorimétrico de las galletas horneadas	59
Cuadro 14. Cambio de color total de harinas a galletas	60
Cuadro 15. Resultados de prueba de comprensión uniaxial y penetración de las galletas	61
Cuadro 16. Resultados de la evaluación sensorial de las galletas	64
Cuadro 17. Composición química la mezcla T3 respecto al T5 o control	66

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Variedades de frutos	21
Figura 2. Palma <i>Bactris gasipaes</i> , H.B.K.	21
Figura 3. Diferencias de color	36
Figura 4. Chontaduro ( <i>Bactris gasipaes</i> ) sin raquis	44
Figura 1 Diagrama de flujo, obtención de harina de chontaduro	44
Figura 6. Prueba de tamizado (Ro- tap Tyler)	45
Figura 7. Colorímetro triestimulos NRxE 3nh	47
Figura 8. Proceso de elaboración de galletas	48
Figura 9. Mezclas de harinas compuestas	51
Figura 10. Curva de distribución granulométrica para harinas compuestas	51
Figura 11. Prueba índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad (ISA)	54
Figura 12. Color de las galletas antes y después de hornear	59
Figura 13. Prueba de compresión uniaxial realizada a las galletas	62
Figura 14. Prueba de quiebre por penetración en galletas	63
Figura 15. Valoración global, medias de las clasificaciones sensoriales	65

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formato de respuesta para la prueba hedónica de aceptación sensorial de los productos. El código 940 corresponde al tratamiento t1, el 256 al t2, el 103 al t3. El 425 al t4 y el 687 al t5	82
Anexo B. Test de Shapiro-Wilk	83
Anexo C. Resultados prueba granulométrica	87
Anexo D. Resultados prueba de índice de absorción de agua	89
Anexo E. Resultados prueba de índice de solubilidad de agua	90
Anexo F. Comparación de medias para índice de solubilidad en agua	91
Anexo G. Comparación de medias para índice de absorción de agua	92
Anexo H. Gráficos resultados curvas de empastamiento	93
Anexo I. Comparación de medias para t gelatinización (°c) en galletas	95
Anexo J. Comparación de medias para viscosidad max. (pa.s) en galletas	96
Anexo K. Comparación de medias para breakdown. (pa.s) en galletas	97
Anexo L. Comparación de medias para setback (pa.s) en galletas	98
Anexo M. Comparación de medias para el atributo L* en mezclas	99
Anexo N. Comparación de medias para el atributo L* en galletas	100
Anexo Ñ. Comparación de medias para el atributo a* en mezclas	101
Anexo O. Comparación de medias para el atributo b* en mezclas	102
Anexo P. Comparación de medias para el atributo a* en galletas	103
Anexo Q. Comparación de medias para el atributo b* en galletas	104
Anexo R. Comparación de medias para aceptación global en galletas	105
Anexo S. Comparación de medias para aceptación global en galletas	106
Anexo T. Comparación de medias para rigidez en galletas	107

	pág.
Anexo U. Comparación de medias para deformación máxima de ruptura en galletas	108
Anexo V. Comparación de medias para aroma en galletas	109
Anexo W. Transformación de datos box-cox	110
Anexo X. Comparación de medias para sabor en galletas	113
Anexo Y. Comparación de medias para gusto residual en galletas	114
Anexo Z. Comparación de medias para textura en galletas	115
Anexo AA. Comparación de medias para color en galletas	116
Anexo BB. Comparación de medias para aceptación global en galletas	117
Anexo CC. Tabla de análisis sensorial	118
Anexo DD. Resultado fisicoquímico tratamiento T3	120
Anexo EE. Resultado fisicoquímico T5	121

## GLOSARIO

**ACIDOS GRASOS OMEGA-3:** son ácidos grasos esenciales porque el cuerpo no puede producirlos, por lo tanto, debe incorporarse a través de los alimentos. Se conoce como AAL ácido alfa-linoleico y el AEP o ácido eicosapentaenoico.

**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.

**CELIAQUIA:** es un proceso crónico, multiorgánico autoinmune, que lesiona primeramente el intestino y puede dañar cualquier órgano o tejido corporal.

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

**DUREZA:** la máxima fuerza durante el quiebre total de una muestra.

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

**GELATINIZACIÓN:** proceso en el que los gránulos de almidón que son insolubles en agua fría debido a que su estructura es altamente organizada se calienta (60-70°C) y empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas que son menos organizadas y las más accesibles.

**GLUTEN:** conjunto de proteínas de pequeño tamaño, contenidas exclusivamente en la harina de los cereales de secano fundamentalmente en el trigo entre otros como la cebada, el centeno y la avena.

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

**LÍPIDOS:** son un conjunto de moléculas orgánicas (la mayoría biomoléculas), que están constituidas principalmente por carbono e hidrógeno y en menor medida por oxígeno. También pueden contener fósforo, azufre y nitrógeno. Debido a su estructura, son moléculas hidrófobas (insolubles en agua).

**MESOCARPIO:** porción carnosa comestible del fruto. Capa media de las tres que forman el pericarpio de los frutos y envuelven la semilla.

**PROPIEDADES FÍSICAS:** es aquella que se basa principalmente en la estructura del objeto, sustancia o materia, que es visible y medible.

**PROPIEDADES NUTRICIONALES:** son las que posee un alimento no solo en relación con su valor energético y contenido de proteínas, grasas y carbohidratos, sino además con su contenido de vitaminas y minerales.

**PROPIEDADES REOLÓGICAS:** estudian el comportamiento de los fluidos sometidos a carga mecánica. Las propiedades reológicas tienen un impacto en todas las etapas del uso de los materiales en las diversas industrias.

**PROTEÍNA DE ALTO VALOR NUTRICIONAL:** es cuando esta es rica en aminoácidos esenciales. Cuando esta posee todos los aminoácidos en cantidades suficientes para formar las diferentes proteínas que nuestro organismo necesita.

**VIDA ÚTIL:** periodo en el que el alimento conserva todas sus características, físicas, sensoriales, nutritivas e higiénicas sanitarias.

## RESUMEN

El Objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar las propiedades físicas, reológicas y nutricionales de una harina compuesta, empleando diferentes proporciones de chontaduro, maíz y quinua. Se llevó a cabo la elaboración de galletas, con la formulación de cinco tratamientos, de los cuales cuatro de ellos fueron 100% harina compuesta libre de trigo y un tratamiento control, con un 90% de harina de trigo. Se analizó las propiedades físicas mediante prueba de granulometría, IAA, ISA, color y curvas de empastamiento. Las harinas compuestas presentaron un mayor tamaño de partícula en comparación a la mezcla con harina de trigo. Los resultados IAA e ISA, indicaron que la absorción de agua aumentaba con un mayor contenido de harina de chontaduro, relacionado con la fibra y almidón de este fruto. La prueba de color indico una diferencia significativa de todos los tratamientos frente al control. Respecto temperatura de gelatinización y viscosidad máxima no presento una diferencia significativa entre los tratamientos, a diferencia de la inestabilidad del gel (Breakown) donde si hubo una influencia por la inclusión de harinas compuestas, el tratamiento control fue el que obtuvo el valor más alto, referente a la fragmentación de los gránulos que entre más bajo sea su valor más estable son los geles a la fragmentación mecánica. Se aplicaron ensayos de compresión uniaxial y penetración para evaluar las propiedades texturales en las galletas. Las galletas elaboradas con la mezcla control mostraron una diferencia significativa ante las demás, las de mayor cantidad de harina de maíz exhibieron menor resistencia ante la prueba de compresión uniaxial. Se llevó a cabo un análisis bromatológico, en los resultados se percibió un menor aporte proteico del tratamiento elaborado con harinas compuestas; sin embargo, aunque este valor fue menor que el control, según la literatura, las proteínas que aporta el chontaduro son de alta calidad por su contenido de aminoácidos esenciales en comparación a las del trigo. Sensorialmente las galletas obtuvieron una buena aceptación, sobresalieron las constituidas por un mayor porcentaje de harina de maíz. Se utilizó un diseño experimental unifactorial, los resultados se evaluaron mediante la aplicación de un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia al 5%, aplicando un test Tukey para la diferencia de las muestras con un nivel de significación del 95%.

**Palabras clave:** Harina compuesta, Granulometría, IAA, ISA, Gelatinización.

## ABSTRACT

The objective of this investigation was to evaluate the physical, rheological, and nutritional properties of a compound flour, using different proportions of chontaduro, maiz and quinoa. The elaboration of cookies was carried out, with the formulation of five treatments. Four of them were 100% wheat-free complex flour and with a controlled treatment, with 90% of wheat flour. The physical properties were analyzed by granulometry, IAA, ISA, color and filling curves. Complex flour had a larger particle size compared to the mixture with wheat flour. IAA and ISA results indicated that water absorption increased with a higher content of chontaduro flour, related to the fiber and starch of this fruit. The color test has shown a significant difference of all treatments versus control. Regarding gelatinization temperature and maximum viscosity, it didn't present a significant difference between the treatments, unlike the instability of the gel (Breakown), where we could see an influence by the inclusion of complex flour. The control treatment was the one that obtained the highest value. Regarding the granules fragmentation, the lower their value, the more stable the gels to mechanical fragmentation. Uniaxial compression and penetration tests were applied to evaluate the textural properties in the cookies. The cookies made with mixture control showed a significant difference compared to the others; those with a greater amount of corn flour exhibited lower resistance to the uniaxial compression test. A bromatological analysis was carried out. In the results a lower protein contribution of the treatment elaborated with complex flour was perceived. However, although this value was lower than in control, according to the literature, proteins provided by chontaduro have a high quality because of the essential amino acids they content compared to those of wheat. Sensorially the cookies obtained a good acceptance and stood out those constituted by a greater percentage of corn flour. A unifactorial experimental design was used and the results were evaluated by applying an analysis of variance (ANOVA), with a level of significance at 5%, applying a Tukey test for the difference of the samples with a level of significance of 95%.

**Keywords:** Complex flour, Granulometry, ISA, IAA, Gelatinization.

## 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 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)

Las mezclas de harinas son una importante opción frente al consumo de productos libres de gluten, el presente y el futuro está basado en el segmento de lo “saludable”, aunque para muchas personas se ha convertido en un nuevo estilo de vida, y aseguran que una dieta libre de gluten podría ayudar a prevenir enfermedades de la piel e intestino irritable, entre otros beneficios (ProChile, 2016). En este mismo sentido la Organización Mundial de la Salud (OMS), en algunos estudios realizados recientemente (2012), revela que la intolerancia y las alergias alimentarias que provocan la enfermedad celíaca o alergia al trigo por intolerancia al gluten y otras sensibilidades alimenticias afectan al 3- 4% de la población mundial (Agrimundo, 2013). El creciente número de casos diagnosticados de enfermedad celíaca ha impulsado fuertemente el desarrollo de productos libres de gluten, cuya comercialización ha aumentado a un ritmo anual de 28% en los últimos años (Calderón *et al.*, 2010).

Con base en recientes investigaciones sobre uso de harinas compuestas, se encontró factible la elaboración de la mezcla de harinas de chontaduro, maíz y quínoa, se propuso como objetivo evaluar el comportamiento de harinas compuestas (maíz y chontaduro, con 10% de quinua constante en cada tratamiento) en la fabricación de galletas, con cuatro niveles de inclusión de chontaduro (30%, 40%, 50%, 60%) para valorar las propiedades texturales (compresión uniaxial, penetración), propiedades físicas (granulometría, curvas de empastamiento, color, índice de absorción de agua), se realizó análisis bromatológico del tratamiento con mayor aceptación después de una prueba de evaluación sensorial.

El presente trabajo se planteó para dar valor agregado y diversificar el uso de la harina de chontaduro y harina de quinua; cuyas bondades nutricionales son destacadas por el aporte proteína de alta calidad, antioxidantes, ácidos grasos insaturados, etc. Además, son producidas en el departamento del Cauca; chontaduro en 8,471 hectáreas principalmente en el municipio de El Tambo y la producción de quinua en 450 hectáreas en 12 municipios caucanos: Bolívar, San Sebastián, Almaguer, Santa Rosa, La Vega, Sotará, Puracé, Totoró, Jambaló, Caldonó, Silvia, y Toribío (MADR 2017).

## 1. MARCO TEÓRICO

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución al problema alimentario enfrentado por los países que no producen trigo. Según el concepto expresado por la FAO, son mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas y galletas (Elias, 1999).

Estas harinas buscan sustituir el uso de trigo total o parcialmente por productos farináceos de producción local. Colombia acusa un creciente y agudo desbalance entre la producción de trigo y los requerimientos del grano para satisfacer las necesidades internas. Esta situación se presenta debido a diferentes factores, tales como disponibilidad de tierras adecuadas para el cultivo del cereal, los rendimientos relativamente bajos de los cultivos que ofrecen mayor rentabilidad, el incremento de la población y el aumento del consumo per capital del trigo y sus derivados (Arroyave, Esguerra, 2006).

Los productos de panadería son alimentos de consumo masivo, su ingrediente fundamental es la harina de trigo (Umaña *et al.* 2013). La harina de trigo es la única que tiene la capacidad de formar masa cohesiva y tenaz, con una capacidad de retener gases y obtener productos aireados y livianos después de los procesos de cocción. Estas propiedades se derivan de su composición química pero primordialmente de sus proteínas y su capacidad de formar gluten. Los trigos capaces de producir panes con gran volumen y una miga de buena textura y por lo general poseen un elevado contenido proteico y se les llama trigos fuertes, por el contrario, los que dan piezas pequeñas y migas de estructura basta comúnmente tienen un contenido bajo de proteínas y se les denomina flojos. Estos llamados trigos flojos son los ideales para la fabricación de galletas, ya que en este tipo de producto no llega a desarrollarse el gluten, o porque simplemente no requiere fermentaciones con la levadura (León, Rosell, 2007).

Las harinas compuestas constituyen una opción para a formulación de alimentos para regímenes especiales, alimentos con valor agregado nutricional y la aplicación de materias primas innovadoras. (Umaña *et al.* 2013). Las harinas de cereales entre ellas el arroz, maíz y otros granos no convencionales como leguminosas, musáceas, raíces y tubérculos, se perciben como potenciales ingredientes en el desarrollo de productos a nivel mundial (León y Rosell, 2007).

Existen dos clases de harinas compuestas; la de trigo diluida es una mezcla de harina de trigo con otras harinas (hasta en 40%), pudiéndose agregar otros componentes. La adición de una proteína suplementaria es opcional. Las condiciones generales de procesamiento y las propiedades del producto final son similares a las de la harina preparada con trigo solamente. La segunda clase de harina compuesta no contiene trigo y se prepara mezclando cuatro partes de harinas de tubérculos y una parte de harina de soya u otra proteína suplementaria. Estos productos diferentes en sus características reológicas de los que se preparan a base de trigo exclusivamente (Elias, 1999).

## 1.1 CHONTADURO

El chontaduro, es el fruto de la 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), pijuyo (Perú) y pijiguo (Venezuela). (Tapia, 2014). El nombre incluido en el Diccionario de la Lengua Española es el de Pejibaye.

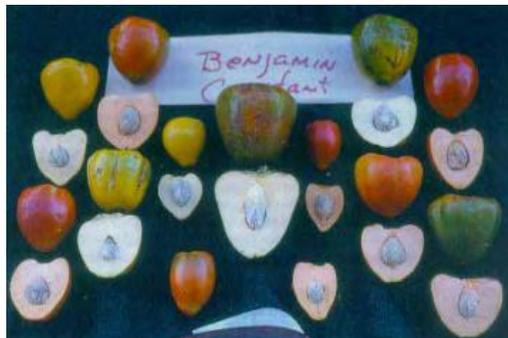
**1.1.1 Taxonomía.** La taxonomía del chontaduro es todavía un motivo de discusión y controversia. Henderson (2002) propone reunir varias poblaciones tanto silvestres como cultivadas, designadas originalmente como especies diferentes bajo un solo taxón, *Bactris gasipaes* (Hernández *et al.*, 2008). El (*Bactris gasipaes Kunth*), es una palmera nativa de los trópicos americanos, que pertenece a la división Spermatophyta (Fanerógama), clase Angiospermae, subclase Monocotiledéona, orden Arecales, familia Palmae-Arecaceae, tribu Cocoeae, subtribu Bactridinae (Bactrideae), género *Bactris*, y especie *Bactris gasipaes* H.B.K. ha sido clasificado bajo dos géneros diferentes: *Bactris* Jacquin y *Giulielma* Martius. Aun cuando existe controversia desde el punto de vista taxonómico, se ha generalizado el nombre de *Bactris gasipaes*, (H.B.K) para referirse al cultivado el cual es una síntesis de germoplasmas de distintas procedencias, quedando el nombre de *Giulielma* para las poblaciones silvestres (Salas *et al.*, 1997). Es el resultado de la hibridación, selección natural y domesticación de varias especies silvestres de palmas nativas del trópico húmedo americano. Encontrado desde Nicaragua hasta Bolivia. Fue de gran importancia y desarrollo en la época precolombina, donde posiblemente se constituyó como uno de los cultivos principales para varias tribus del Centro y Suramérica. (Serrano *et al.*, 2011).

**1.1.2 Variedades.** En cuanto a variedad se refiere, los agricultores hablan de la variedad: rayada, roja y amarilla, pero en el sentido estricto del término no son variedades, sino características de algunos de los número típicos de frutos. Además del color hay marcadas diferencias en las características del fruto, como tamaño, forma, fibrosidad, humedad y sabor (Gonzales *et al.* 2002).

Del pejibaye aún no se han descrito variedades clonales claramente diferenciables. No obstante, existe una gran variabilidad en el fruto, en la planta y en la producción de la población de tipos cultivados en el país lo que sugiere un origen híbrido. En Costa Rica existe el banco de germoplasmas más completo de esta especie, con numerosos tipos; sin espinas, otros con alto contenido de aceite, de proteínas o de vitamina A. También destaca el tipo de pejibayes machos, que producen frutos sin semillas; sin embargo, aunque no existe algo claramente establecido, se le ha designado una clasificación a las poblaciones cultivadas y silvestres en dos grandes variedades; occidentales y orientales dependiendo de su ubicación geográfica y tomando como referente la separación por la cordillera de los Andes (Castillo, 2006)..Las variedades de chontaduro, también se clasifica según el tamaño y/o peso del fruto: microcarpas con un peso menor a 20g,

mesocarpos con un peso entre 21g y 70g y macrocarpas cuyo peso es mayor a 70g (Castillo, 2006).

Figura 1. Variedades de frutos



Fuente: Castillo, 2006.

Se destacan dos variedades; el chontaduro rojo el amarillo; el primero de ellos al inicio del fructificación es de color verde, presenta el fruto de forma achatada tiene estrías menos numerosas y pronunciadas que la variedad amarilla, siendo estas paralelas, con un largo promedio de 5,50 cm y ancho de 4,50 cm. El chontaduro amarillo es más harinoso y dulce que el rojo, el fruto es en forma de trompo (termina en punta), presenta en promedio un largo de 6,00cm y un ancho de 3,50 cm (Mora *et al.* 1997).

**1.1.3 Morfología.** *Bactris gasipaes* HBK es una palmera con varios tallos o estípites cilíndricos de 15 a 30 cm de diámetro, que pueden alcanzar hasta 25 m de altura. Los frutos son drupas de coloración diferente, verduscas, amarillas, anaranjados, rojos y colores intermedios; tienen diversas formas, cónica, ovoide o elipsoide; son de distinto tamaño desde muy pequeños (de 1 a 1.5 cm de diámetro en frutos sin semillas), hasta muy grandes (7cm de diámetro en frutos normales); el peso es variable, el pericarpio es delgado y a veces adherido al mesocarpio, el cual es de color amarillo o anaranjado, carnoso, amiláceo, fibroso o aceitoso; el endocarpio es negro y de consistencia dura con tres poros en el ápice.

Figura 2. Palma *Bactris gasipaes*, H.B.K.



Fuente: Castillo, 2006.

La semilla se ovoide, cónica o elipsoidal, mide de 1 a 2 cm de largo y pesa entre 1 a 5 g; el endospermo es blanco y comestible (autor, año). Los tallos de la palmera presentan espinas de hasta 8 cm de longitud. Las espinas protegen a la planta contra los daños mecánicos, evitando que el agua de las lluvias caiga directamente en el estípote y así se disminuye la presencia de insectos, hongos y plantas epifitas que aparecen por la acumulación de humedad, el tallo produce brotes (Mattos y Silva, 1996).

Los frutos en estado inmaduro son verdes, al madurar varían entre amarillo claro a rojo. Anualmente puede producirse 25 racimos de frutos por tronco, aunque normalmente es de 5 a 1. Las raíces son generalmente laterales y superficiales, gruesas y sin pelos, forman una red tupida de aproximadamente 10 m; depende de las micorrizas para la toma de nutrientes (especialmente fósforo) a menor temperatura y mayor sombra más se favorece la formación de micorrizas (Villachica, 1996).

**1.1.4 Usos.** Tradicionalmente era usado por los indígenas para la extracción de aceites, esto lo hacían hirviendo los frutos hasta que el mismo quedaba totalmente liberado después lo utilizaban para la cocción de otros alimentos (Castillo, 2006).

En el departamento del Cauca se consume el chontaduro sin ningún tipo de transformación generalmente solo se lleva a cabo la cocción del fruto y se comercializa para consumir en fresco. En la región Pacífica colombiana se muele el fruto para obtener harina que se usa en salsas, tortillas, coladas, refrescos, helados o para rellenar gallinas, pavos o lechona; también se come con sal y se considera un alimento afrodisíaco. En el departamento de Chocó lo sirven frito o asado al lado de la carne (ElTiempo.com, 2013) citado por (Guerrero y Palechor, 2017). En Venezuela, principalmente en el Estado de Amazonas, el fruto del pijigao es usado en forma cocida para el consumo directo, para la elaboración de refresco a partir del asa obtenida de la pulpa y de esta se elaboran harinas para acompañar otros alimentos (Castillo, 2006). Ecuador y Perú son dos grandes productores de chontaduro; con la chonta (en Ecuador) o pijigao (en Perú) se elabora chicha, a la que se adiciona panela. La almendra en fresco la utilizan para alimentación de cerdos, sin ningún procedimiento (Castillo, 2006).

Actualmente el uso, el uso del fruto en forma directa (después de cocido), en la forma más común de consumo; aunque algunas asociaciones de productores están procesando una harina para preparación de panes y galletas en mercados como Rio Branco, Acre, Porto Velho, Costa Rica y más recientemente, en Manaus, Amazona, como la harina, se han desarrollado proyectos con el apoyo del SENA en lugares como Risaralda y el Cauca para elaborar productos como hojuelas, chips, galletas, harina de chontaduro, entre otros (Castillo, Grajales y Martínez, s.f.). La harina de chontaduro puede sustituir una alternativa para obtener productos alimenticios destinados para el consumo humano (Castillo, 2006).

**1.1.5 Composición fisicoquímica del fruto.** Existen diferencias significativas en las composiciones del fruto de chontaduro, esto principalmente por la diversidad existente de frutos. (Castillo, 2006). El *Bactris gasipaes* es más rico de Vitamina A al compararlo en

base seca con harina de maíz y harina de trigo. Esta vitamina es importante en el crecimiento celular y salud ocular (Restrepo y Estupiñan, 2007).

Cuadro 1. Composición nutricional de 100 g de fruto de chontaduro

Componente	Proporción	Componente	Proporción
Proteínas	33,0 %	Calcio	23,00 mg
Grasa	4,60 %	Tiamina	0,04 mg
Carbohidratos	37,60 %	Riboflavina	0,11 mg
Fibra	1,00 %	Niacina	0,90 mg
Cenizas	0,90 mg	Ácido ascórbico	20,00 mg
Hierro	0,70 mg	Calorías	185,00
Fosforo	49,00 mg	Vitamina A	7300 UI

Fuente: FAO, 2009.

El fruto es un alimento tropical de mayor valor nutritivo, caracterizado por el contenido de proteínas de alta calidad y por el número y calidad de sus aminoácidos esenciales; este posee una fina grasa la cual está constituida por aceites no saturados y un alto contenido de beta-carotenos, fosforo, vitamina A, hierro y calcio, le permiten que este esté clasificado como uno de los alimentos naturales más completos. Las características del chontaduro lo hacen un fruto atípico ya que este es rico en grasa, posee un pH de 6.5 y una humedad relativamente baja y esto no lo hace diferente a otros frutos y hace diferente sus procesos de degradativo (Godoy, 2006).

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, fosforo, 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). Las insaturaciones que se encuentran en los ácidos grasos del chontaduro y bajo contenido de ácidos grasos saturados, lo ubican como un punto intermedio entre los aceites de girasol, de oliva. Con esto, se le puede considerar una alternativa para una mejor explotación tanto a nivel doméstico como a nivel industrial, pues las grasas poliinsaturadas son grasas saludables que contribuyen al crecimiento de las células y mejoran la vitalidad del cerebro, disminuyendo así, los problemas de memoria (Manuel, 2017).

**1.1.6 Harina de chontaduro.** Para obtener la harina se debe eliminar la cáscara y descorazonar, el fruto una vez cocinado y blando es necesario separar la cascara porque 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). El fruto en mitades, cuartos o partículas más pequeñas es deshidratado por 4-8 horas a entre 55-60°C, y puede ser conservada por 90 días, en empaques plásticos con vacío parcial a temperatura de refrigeración (5°C) sin pérdidas de las características de olor y sabor (Godoy, 2006).

## 1.2 MAÍZ

*Zea mays* es una palabra de origen indio caribeño, y su significado traduce “lo que sustenta la vida”. Pertenece a la familia de las gramíneas, es una planta anual de gran talla dotada de un amplio sistema radicular fibrosos. Dada la gran diversidad genética de la especie por mejoramiento nutricional y tecnológico, como también la influencia de factores ambientales sobre el cultivo existe una gran variabilidad en la composición química dependiendo de la parte del grano, está constituido principalmente por pericarpio, endospermo y germen; sin embargo el grano y la harina completa de maíz se consideran buenas fuentes de energía principalmente por su alto contenido de en hidratos de carbono (almidón) mientras que las proteínas y la fibra dietética son también componentes importantes, aunque son pobres en minerales. La producción de maíz es comparable y ligeramente superior a la producción mundial de trigo (León y Rosell, 2007).

Constituye junto con la patata y la tapioca, las materias primas más importantes para la obtención de almidón, de jarabes de glucosa y de bebidas alcohólicas. Para consumo humano se pueden obtener harinas de maíz, aceite de germen, productos para desayuno y conservas de maíz dulce, entre otros alimentos (Gálvez *et al.*, 2006).

El Maíz es el cereal cuyo cultivo ocupa la segunda mayores extensiones en Colombia, el área está distribuida entre dos tipos: Maíz blanco que ocupa el 33,2 % de la superficie y maíz amarillo con el 66,8% el primero dedicado al consumo humano y el segundo al consumo animal (Dane, 2004). La experiencia con el maíz en Colombia indica que este cereal sí podría alcanzar niveles de competitividad y constituirse en un producto eje del desarrollo económico y social en el país. (CORPOICA, 2005).

**1.2.1 Harina de maíz.** El aporte nutricional de la harina de maíz se debe principalmente a su contenido proteico y de hidratos de carbono, dichas proteínas están constituidas principalmente por gluteinas y zeínas las cuales son prolaminas deficientes en lisina y triptófano (Shewry y Halford, 2002). Como se mencionó anteriormente al ser la harina de maíz deficiente en lisina es posible su enriquecimiento con otro tipo de harina como la de quinua. Al igual que en todos los cereales la gran parte de los micronutrientes están concentrados en la parte exterior del grano y el germen estos son eliminados en su mayoría en el proceso de molienda; sin embargo, tales pérdidas pueden ser compensadas con el enriquecimiento y fortificación sin afectar la calidad y la aceptabilidad de los productos elaborados con harina de maíz. Por otra parte, la harina de maíz y todos sus subproductos son aptos para personas que no toleran el gluten, ya que las proteínas del maíz no contienen en su estructura las secuencias aminoacídicas que originan la intolerancia al gluten en enfermos celiacos (Leon y Rosell, 2007).

Cuadro 2. Composición nutricional de 100g de maíz

Componente	Contenido	Componente	Contenido (mg)
Aporte energético	338,00 Kcal	P	256,00
Proteínas g	9,20	Mg	120,00
Grasa g	3,80	K	330,00
Hidratos de carbono g	65,20	Fe	-
Agua g	12,50	Mn	0,48
Ca mg	150,00	Zn	2,50

Fuente: FUNIBER, Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos.

### 1.3 QUÍNUA

La quinua, del quechua kinúwa o kínua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudo cereal perteneciente a la subfamilia Chenopodioideae de las amarantáceas. Es un cultivo que se produce en los Andes de Bolivia, Perú, Argentina, Chile, Colombia y Ecuador, así como en Estados Unidos. Bolivia es el primer productor mundial, seguido de Perú y Estados Unidos. Se cultiva a una altura superior a los 3,000 metros sobre el nivel del mar. Existen muchas variedades de quinua, pero las podemos clasificar básicamente en dulces y amargas. Siendo las dulces las de mayor precio. Puede pasar los 2 metros de altura y tiene hojas irregulares de diferentes formas, las flores son pequeñas y no tienen pétalos. Lo verdaderamente útil son sus semillas en forma de granos redondos, pequeños y planos, que son comestibles. Éstas son parecidas al cereal, pero no se la considera como tal, ya que no pertenece a la familia de las gramíneas, pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal. (SESAN, 2013).

La quinua posee un sabor amargo peculiar que se lo confiere la saponina, esta es un enzima que se encuentra constituida en el grano principalmente en la parte externa. La saponina es soluble en agua por lo que se recomienda que la quinua sea lavada con agua y que se realice un proceso de frotado para poder eliminar la mayor parte de saponina. El principal efecto que tiene la saponina es productos hemolisis de los eritrocitos y afectar el nivel de colesterol en el hígado y la sangre por lo que puede un detrimento en el crecimiento, por la acción de absorción de nutrientes (Arroyave, Esguerra, 2006).

**1.3.1 Valor nutricional de la quinua.** La quinua posee un excepcional equilibrio de proteínas, grasas y carbohidratos fundamentalmente almidón. Entre los aminoácidos presentes en sus proteínas destacan la lisina importante para el desarrollo del cerebro, la arginina e histidina básicos para el desarrollo humano durante lactancia y es rica en metionina y cistina. El promedio de proteínas en el grano es de 16 %, pero puede contener hasta 23 %, lo cual es más del doble que cualquier cereal. El nivel de proteínas contenidas es cercano al porcentaje que dicta la FAO para la nutrición humana. Por esta razón, la NASA considera el cultivo de la quínoa como un posible candidato para sistemas ecológicos cerrados y para viajes espaciales de larga duración. (SESAN, 2013). Las proteínas constituyen la única fuente de nitrógeno asimilable para el hombre y tienen fundamentalmente una función estructural o plástica. No obstante, además de esta función, las proteínas desempeñan funciones reguladoras (hormonas, enzimas, receptores celulares), defensivas (anticuerpos y factores de coagulación), de transporte

(proteínas transportadoras) y en caso de necesidad también energética. La importancia de las proteínas en los alimentos se basa en su capacidad de retener agua y, entre otras, en sus propiedades gelificantes, espumantes y emulsionantes, que contribuyen a la formación y estabilización de geles, espumas y emulsiones alimentarias. (Hernández y Sastre, 1999). Esta semilla tiene una gran riqueza de proteínas superior a los cereales como trigo, maíz, cebada, arroz, además, tiene buen balance de aminoácido. (PRODESIC, 2014), es una excelente fuente de fósforo, calcio, hierro, almidón, azúcar, fibra, minerales y vitamina E, mientras que es pobre en grasas, complementando de este modo a otros cereales y/o legumbres (SESAN, 2013).

La quinua contiene altas cantidades de magnesio, que ayuda a relajar los vasos sanguíneos, y que es utilizada para tratar la ansiedad, diabetes, osteoporosis y migraña, entre otras enfermedades. Además, por su contenido de fitoestrógenos que previenen enfermedades crónicas como la osteoporosis, cáncer de mama y enfermedades del corazón. También es muy buena para las enfermedades femeninas que aparecen por falta de estrógenos durante la etapa de la menopausia (SESAN, 2013).

**1.3.2 Harina de quinua.** El producto resultante de la quinua perlada tostada sometido a un proceso de molienda, se usa en repostería (Mago, 2006). La composición de la harina de quinua en cuanto a proteína se refiere es superior y de una mejor calidad biológica, este contenido puede llegar a un 15% a 18 % si la comparamos con la harina de trigo esta puede llegar al 1% a 15 % aproximadamente. La harina de quinua carece de gluten lo que la hace un alimento ideal para pacientes celíacos que no toleran este compuesto. Dentro de los muchos beneficios que tiene el consumo de harina de quinua se encuentra su contenido de calcio y zinc los cuales son recomendables para prevenir la osteoporosis y descalcificación (Llerena, 2010).

Cuadro 3. Composición nutricional de 100g de quinua

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Valor energético Kcal	350,00	P mg	408,30
Proteínas g	13,81	Mg mg	204,20
Grasa g	5,01	K mg	1040,00
Hidratos de carbono g	59,74	Fe mg	10,90
Agua g	12,65	Mn mg	2,21
Ca mg	66,06	Zn mg	7,47

Fuente: "Quinua el Grano de los Andes". Comité de Exportación de Quinua. La Paz-Bolivia.

**1.3.3 Producción de quinua en el Cauca.** La quinua es un cultivo nativo de los Andes, de color blanco nacarado de forma redondeada, es utilizado como materia prima para elaborar diferentes productos. El cultivo de la quinua en el departamento del Cauca se lleva a cabo en zonas con alturas superiores a los 2000 m.s.n.m. principalmente sobre el macizo colombiano sobre la cordillera central. La gobernación del Cauca ha apuntado al sector agropecuario con recursos para masificar la producción de quinua en el departamento en los municipios de Bolívar, San Sebastián, Almaguer, Santa Rosa, La Vega, Sotaró, Puracé, Totoró, Jambaló, Caldono, Silvia, y Toribío. La siembra de esta

semilla en el departamento es de la variedad blanca dulce Jericó, la cual tiene todos los aminoácidos esenciales. (PRODESIC, 2014) Desde la Gobernación del Cauca, se ha fortalecido la cadena productiva con la creación de la Cooperativa de Quineros del Cauca, para garantizar la comercialización. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la quinua es un alimento nutricionalmente balanceado que reduce el riesgo de enfermedades por sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y anticancerígenas. También es el único alimento vegetal que tiene vitaminas, carbohidratos y aminoácidos esenciales.

## 1.4 TRIGO

**1.4.1 Generalidades.** La palabra trigo proviene del latín *Triticum* cuyo significado es quebrado, triturado o trillado y hace referencia al proceso que se sigue para sacar la semilla de su cascarilla. El grano de trigo es fácil de transportar y almacenar, utilizándose para obtener una gran variedad de productos alimenticios. Además, en Europa fue importante también para la fabricación de papel y cartón (León y Rosell, 2007).

El trigo es el cereal más consumido por el hombre occidental y es cultivado en 115 países siendo los principales productores China, Estados Unidos e India; una gran extensión de cultivos se encuentra en Rusia, Europa, Canadá, Australia y Argentina (Serna, 2009). La producción de trigo fue de 125.92 millones de toneladas para el año 2014, de la cual Colombia representa el 0,012%, con una producción menor a 100.000 toneladas y que ha presentado un crecimiento gradual durante los últimos 10 años. Por otro lado, las importaciones se mantienen constante, principalmente proveniente de Estados Unidos, Canadá, Argentina y Paraguay hasta el año 2013 (FENALCE, 2014). El valor nutritivo del trigo y de los productos derivados de sus harinas siempre han sido una fuente importante de alimento para la humanidad, ya que aportan energía, proteína, vitaminas y minerales, muy necesarios para el crecimiento sano de la población (Ramos, 2013).

**1.4.2 Harina de trigo.** Es la única que tiene la capacidad de formar masa cohesiva y tenaz, con una capacidad de retener gases con esto obtener productos aireados y livianos después de los procesos de cocción. Estas propiedades se derivan de su composición química pero primordialmente de sus proteínas y su capacidad de formar gluten. Los trigos capaces de producir panes con gran volumen y una miga de buena textura y por lo general poseen un elevado contenido proteico y se les llama trigos fuertes, pero por el contrario los dan piezas pequeñas y migas de estructura basta comúnmente tienen un contenido bajo en cuanto a proteínas se refiere y se les denomina flojos. Estos llamados trigos flojos son los ideales para la fabricación de galletas, ya que en este tipo de producto no llega a desarrollarse el gluten, o porque simplemente no requiere fermentaciones con la levadura (León y Rosell, 2007).

La dureza del trigo está relacionada con la forma en que el endospermo se rompe, y es lo que le otorga la calidad harinera, ya que, a mayor dureza, mayor es el contenido proteico (Chang *et al.* 2006). Los trigos duros producen una harina con granulometría amplia,

mientras que los trigos blandos producen una harina muy fina. El trigo más duro es el de la especie *Triticum durum*, cuya harina se usa para fabricar pastas (Juárez *et al.*, 2014).

Cuadro 4. Composición nutricional de la harina de trigo

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Valor energético Kcal	338	P mg	120
Proteínas g	10	Mg mg	20
Grasa g	1.3	K mg	135
Hidratos de carbono	71,5	Fe mg	1,2
Fibra dietaria g	3,5	Vitamina B1 mg	0,10
Ca mg	16	Niacina mg	0,10

Fuente: Silva, 2016.

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 depende de la especie de los trigos que influenciara en sus propiedades nutritivas y funcionales. En general el grano maduro está compuesto por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, lípidos, minerales y agua, junto con trazas de vitaminas, enzimas y otras sustancias (Kent, 1987; Altenbach *et al.* 2003).

El gluten es la proteína más importante del trigo, cebada y centeno, Está compuesto por (gliadina y glutenina) gracias a él gluten la harina puede obtener elasticidad lo que en conjunto con la fermentación hace que el pan obtenga volumen. Existen algunas enfermedades asociados con el consumo de este (la celiaquía, la sensibilidad al gluten y la alergia al trigo) uno de los síntomas más populares son un tipo de inflamación crónica en el intestino delgado, (Parada y Araya, 2010). La enfermedad celiaca responde bien a la exclusión de gluten de la dieta, en algunos estudios se ha identificado que alrededor de un 3% de la población mundial padece esta patología. Es por eso que la seguridad alimentaria y nutricional requiere el aporte de la investigación y la innovación (Umaña *et al.* 2013). En los últimos años el creciente número de casos diagnosticados de celiaquía y la búsqueda de nuevos nichos comerciales por parte de las empresas, ha impulsado fuertemente al desarrollo de productos libres de gluten (Calderón de la Barca *et al.*, 2010)

## 1.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS

**1.5.1 Molienda.** La molienda o reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que las partículas de sólidos se pueden cortar o romper en piezas más pequeñas. Durante los procesos industriales, la reducción de tamaño de sólidos se lleva a cabo por diferentes métodos y con distintos fines. (Choto, 2013). En el caso de los cereales puede ser llevada por distintos dispositivos, como molino de martillos, cilindros, de piedras etc., con los cuales se obtienen harinas integrales. Sin embargo, en la industria de los cereales, además de reducir el tamaño de partícula, se realiza una separación de las partes externas del grano con el fin de obtener harinas blancas o refinadas (Hoyos y Palacios, 2015).

En la industria harinera, el proceso inicia con la limpieza del grano seguidamente de la recepción, luego se procede al acondicionamiento. En el caso del trigo este se humedece antes de la molienda, caso contrario al maíz al cual se le reduce su humedad. Después los granos pasan a la primera fase, la trituration, en la cual se separa el salvado del endospermo, la segunda fase denominada comprensión, tanto en la fase de trituration como en cada una de las molturaciones aplicadas, los productos obtenidos pasan por equipos especiales para separar las diferentes fracciones. Los cereales como el arroz, la cebada o la avena, deben sufrir un proceso de descascarillado antes de la molienda, para el caso del maíz, este grano debe pasar por equipos especiales con el objetivo de realizar una separación limpia del salvado y el endospermo antes de molturación final (Hoyos y Palacios, 2015).

**1.5.2 Granulometría.** La granulometría o tamaño de partícula, es considerado un componente de calidad en la harina, solo si se reconoce como un grado de fineza en particular (Hernández, 2007). La descripción de un producto en polvo es incompleta, si no se presentan los datos de distribución granulométrica. Las propiedades de un producto pulverulento están directamente relacionadas con el tamaño de las partículas (Leite y Caetano, 2010).

La harina de trigo para panificación no debe reportar retención en un tamiz de 0.117 mm de abertura de malla; equivalente a una malla 80 de la serie Tyler y puede aceptarse un máximo de 10 % de retención en un tamiz de 0.125 mm de abertura de malla; equivalente a una malla 115 de la serie Tyler. En la elaboración de galletas se utilizan mezclas de tamices variables de acuerdo al tipo de galletas que se fabriquen (Hernández, 2007).

El tamaño de partículas en la harina no es homogéneo, las partículas que se encuentran en un intervalo de 0-20  $\mu\text{m}$  es proteína libre mezclada con pequeñas cantidades de almidón, material de pared celular y en algunos casos almidón severamente dañado. Siguen partículas entre 20-30  $\mu\text{m}$  son partículas predominantemente de almidón con pequeñas proteínas adheridas. Partículas por encima de 35  $\mu\text{m}$  son una mezcla de almidón con proteína adherida. El tamaño de partícula está relacionado con la absorción de agua, tamaño de partícula finos aceleran la velocidad de hidratación de la harina (Hernández, 2007). La distribución granulométrica puede representarse en forma gráfica, por la frecuencia relativa o relativa acumulada, o a través de histograma de frecuencia de tamaño en determinados intervalos (Leite y Caetano, 2010).

**1.5.3 Módulo de fineza (MF).** El módulo de fineza está representado por un índice que puede correlacionarse positivamente con un aumento del tamaño de las partículas, indicando cuando más gruesa o más fina es una harina (Souza, 2010). Se determina por medio de la siguiente ecuación:

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

$i = 0, \dots n.$

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.

El módulo de fineza es definido como la suma de los porcentajes de peso de las fracciones retenidas en cada tamiz, dividiendo por cien tal como se muestra en la ecuación 1 (ASAE, 2008).

**1.5.4 Diámetro promedio.** El diámetro promedio geométrico permite medir la tendencia central del tamaño de partícula de un alimento pulverulento, el cual se calcula siguiendo el método para determinar y expresar la finura del material de alimentación por tamizado, descrito en la norma ASAE 319.3 de 2008. El diámetro promedio geométrico se calcula con la ecuación 2.

$$d_{gw} = \log^{-1} \frac{\sum_{i=0}^n (W_i \log d_i)}{\sum_{i=0}^n W_i} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

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

$d_i = (d_i + d_{i+1})^{1/2}$ ;  $d_i$ = Tamaño nominal de apertura del tamiz  $i$  y  $d_{i+1}$ : Tamaño nominal de apertura del tamiz del conjunto que se encuentra por encima.

**1.5.5 Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA).** El índice de absorción de agua indica la cantidad de agua absorbida por los gránulos de almidón hinchados y/o embebidos en agua (Hoyos y Palacios, 2015). También muestra la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón dentro de las secciones amorfas y cristalinas. Estas interacciones se afectan por la relación amilosa/amilopectina y por las características de las mismas (Rodríguez, *et al.*, 2012). Almidones que han sufrido tratamientos térmicos presentan una mayor cantidad de sitios de absorción (oxidrilos, -OH) disponibles para formar puentes de hidrogeno con el agua. Si la disponibilidad de esos sitios es grande, el producto amiláceo se vuelve higroscópico en determinadas condiciones de temperatura e actividad de agua (Ferreira *et al.*, 2014).

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}(bs)} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$ISA = \frac{\text{Peso solubles}(g) \times \text{volumen} \times 10}{\text{Peso muestra } (g)(bs)} \quad (\text{Ec. 4})$$

El índice de solubilidad de agua indica la cantidad de sólidos disueltos por el agua cuando una muestra de harina se somete a un exceso de este líquido e indica también el grado de cocción que ha tenido el grano con que se preparó la harina. El ISA está asociado con la presencia de moléculas de almidón solubles lo cual se relaciona con la dextrinización. La condición del grano, fresco o endurecido y el proceso DSE (descascarillado, savizado, extruido) afecta este valor funcional (Tovar *et al.* 2017).

## 1.6 GALLETAS

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 del trigo u otras farináceas, con otros ingredientes aptos para el consumo humano. Según la NTC 2141 las galletas pueden clasificarse de acuerdo con su fabricación, horneado y formulación en Galletas saladas; galletas dulces; galletas rellenas; galletas de masa fermentada que es un producto obtenido mediante el horneado apropiado de una masa (líquida, sólida, o semi sólida) de las figuras formadas del amasado de derivados del trigo u otras farináceas, con otros ingredientes y sufrido un proceso de fermentación; galletas wafer. Producto obtenido a partir del horneado de una masa líquida (oblea) adicionada con un relleno para formar un sándwich o emparedado; galletas cubiertas. Podrán tener parcial o totalmente cobertura, baño de repostería u otras sustancias y contener frutas secas, enteras, partidas y agregados. También se encuentran las obleas, conos y barquillos, son obtenidos por calentamiento rápido entre dos láminas metálicas o en moldes apropiados de una masa líquida, que puede ir con o sin relleno.

**1.6.1 Requisitos de fabricación de las galletas.** En el proceso de elaboración de alimentos los siguientes aspectos juegan un papel fundamental a la hora de llevar a cabo cualquier operación: higiene, selección de materias primas de prima calidad siguiendo los lineamientos de las fichas técnicas a utilizar, mantener el orden en todo el proceso, realizar pruebas de calidad del producto terminado que permitan verificar el buen estado de dicho producto, de igual manera generar las condiciones óptimas para el almacenaje y transporte. Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado es fundamental tener en cuanto lo siguientes requisitos.

**1.6.1.1 Requisitos físico químicos de las galletas.** Las galletas deberán cumplir con los requisitos indicados en el cuadro 5.

**1.6.2 Componentes básicos en la elaboración de galletas.** La harina es la materia básica para la elaboración de galletas, la cual se puede obtener por molturación de trigo limpio u otros cereales o leguminosas. La harina sin otro calificativo se entiende siempre como procedente del trigo, por eso cuando se trata de harina de otros productos se debe

indicar su procedencia (Hoyos y Palacios 2015). A nivel mundial la elaboración de productos de panificación, se ha extendido a países donde la harina de trigo no es muy abundante o constituye una materia prima de elevados costos de importación. En consecuencia, se ha considerado la incorporación de otro tipo de harinas distintas a las de trigo (Casp, 2014).

Cuadro 5. Requisitos físico químico para las galletas con o sin relleno

Requisitos en 100g de muestra	Galletas rellenas		Galletas sin relleno	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
pH de solución acuosa al 10%	4	9,5	5,6	9,5
Proteína, % en fracción en masa en base seca	2		3	
Humedad, en %		14,0		10,0

Fuente: Icontec, NTC 1241.

El azúcar es una sustancia sólida, blanca, cristalina, de sabor dulce y soluble en agua. Es un ingrediente secundario o enriquecedor en la elaboración de productos de panadería y pastelería. (Llerena 2010). Los azúcares contribuyen decisivamente sobre el aspecto y la textura de las galletas. La adición de azúcar a la receta reduce la viscosidad de la masa y el tiempo de relajación (Maache *et al.*, 1989), tiene una función edulcorante, pero además constituye un sustrato para la fermentación, influye en el color y el olor de los productos, modifica la reología de las masas y la textura de los productos, e incrementa su vida útil (Hoyos y Palacios 2015). La rápida formación de la corteza de la galleta es debido a la caramelización del azúcar, permitiendo así que la temperatura del horno no ingrese directamente dentro de la galleta para que pueda cocinarse. Las galletas con alto porcentaje de azúcar se caracterizan por una estructura altamente cohesiva y una textura crujiente. Las principales funciones de los azúcares en las galletas son: otorgar dulzor y sabor; hacen parte de la formación estructural y dureza; proporciona altos índices de sacarosa, lo cual origina una textura dura y vítrea, ello porque la solución concentrada de azúcar que se funde cuando la galleta este en el horno se estabiliza después del enfriamiento; como intensificador de sabor y corrección de aromatizantes (Loor, 2008).

La grasa juega un papel importante en la textura de las galletas, estas resultan menos duras de lo que sería sin ellas. La grasa contribuye, contribuye igualmente en un aumento de la longitud y una reducción en grosor y peso de las galletas, que se caracteriza por una estructura fragmentable. Cuando algo de grasa cubre la harina, esta estructura cubre la harina, esta estructura se interrumpe y en cuanto a las propiedades comestibles, después del procesamiento, resulta menos áspera, mas fragmentable y más tendencias a deshacerse en la boca. (Cabeza, 2009). Las grasas poseen gran capacidad de absorción de aire, permitiendo que las masas se desarrollen durante la cocción sin necesidad de ningún otro producto químico, Dando al producto final un sabor agradable. Principalmente se emplea margarina en las formulaciones de panadería, siendo esta una alternativa de la mantequilla que nació como necesidad de obtener un producto más económico y fácil de usar (Cipriani, 2012). La margarina es una grasa que hoy sustituye a la mantequilla en infinidad de productos comestibles por su precio asequible y hace más fácil el manejo de masas, estas pueden ser de origen animal o vegetal. La de origen animal es mejor para la

fabricación de galletas, mientras que la de origen vegetal conviene y es propicia para la elaboración de pastas a base de levadura. La margarina no contiene grasas hidrogenadas y ayuda a definir la textura final, el sabor y el color de cada galleta. (Llerena, 2010).

El agua juega un papel importante en la elaboración de galletas ya que esta se convierte en un medio para que las reacciones físicas, químicas, bioquímicas y biológicas tengan lugar durante el proceso. De las principales funciones del agua está: hidratación de los ingredientes secos que intervienen en la elaboración de la masa. Hidratación de las proteínas insolubles, actúa como transportador de sabor de ingredientes solubles, ayuda a controlar la temperatura y la textura de las masas. Es el ingrediente más económico en las formulaciones de panificación y que a pesar que puede diferir en su composición en sales minerales, en dureza y pH, el único requisito para que el agua pueda ser usada en los diferentes tipos de elaboración, es que esta sea potable y no aporte sabores, olores o colores extraños al producto final (Casp, 2014).

El polvo para hornear se conoce como agente fermentador por ser una sustancia que directa o indirectamente tienen un efecto de dilatación y elevación o aumento de volumen en las masas destinadas para producir productos horneados (Juárez, 2009). El polvo de hornear está compuesto de bicarbonato de sodio el cual durante el proceso de horneado produce gas carbónico, tratando de salir de la galleta lo que hace que esta crezca (Loor, 2008).

## 1.7 REOLOGÍA

La reología es la ciencia que estudia la deformación y el flujo de los materiales sometidos a fuerzas externas. Analiza la relación entre las variables esfuerzo, deformación producida, gradiente de velocidad o velocidad de deformación y tiempo. Dependiendo de cómo sea esta relación, los materiales presentan comportamientos reológicos diferentes (Maestro, 2002).

**1.7.1 Curvas de empastamiento.** El almidón usualmente procesado por calentamiento en presencia de agua, lo cual rompe la estructura cristalina, un fenómeno conocido como gelatinización. En un exceso de agua (>90% p/p) por encima de una temperatura crítica conocida como temperatura de gelatinización, el gránulo de almidón pierde su estructura cristalina ordenada y se hincha irreversiblemente muchas veces su tamaño original. Como evidencia de la pérdida de orden de las moléculas de los gránulos están: el hinchamiento irreversible del gránulo, la pérdida de la birrefringencia y la pérdida de la cristalinidad. Durante la gelatinización se produce la lixiviación total de la amilosa, pero también puede producirse antes de ésta (Fennema, 2000), aunque no se observa posterior solubilización de amilopectina de alto peso molecular, hay reporte para algunos almidones, de la solubilización de amilopectina de bajo peso molecular (Parker y Ring, 2001). Las curvas de empastamiento son características de cada tipo de almidón, pero en todas las curvas se reconocen seis puntos que se usan para la comparación entre muestras (BeMiller y Whistler, 2009):

Temperatura de empastamiento (inicio de formación de la pasta)  
Pico de viscosidad, la más alta viscosidad aparente obtenida independiente de la temperatura a la cual es lograda  
Viscosidad a 95 °C (facilidad de cocción)  
Viscosidad luego de una hora a 95 °C (viscosidad de la pasta durante la cocción)  
Viscosidad a 50 °C  
Viscosidad luego de una hora a 50 °C (estabilidad de la pasta cocida).

La temperatura de empastamiento es usualmente más alta que la temperatura de gelatinización medida por la pérdida en birrefringencia. Los almidones de tubérculos y raíces muestran un incremento más nítido en la viscosidad durante su cocción y tienen un pico de viscosidad más alto que el de los cereales comunes. El pico de viscosidad es una medida del poder de espesamiento de un almidón. Los almidones de papa, yuca y maíz ceroso hinchan en un mayor grado que el de maíz común. Sin embargo, las pastas de almidones de tubérculos y de almidones cerosos sufren rupturas más rápidamente que las de los almidones de cereales. El incremento en la viscosidad durante el enfriamiento de una pasta es una medida de la retrogradación debida a la reasociación de las moléculas de almidón. A partir de las curvas de empastamiento se pueden recolectar datos cuya información permite obtener parámetros como los siguientes (Villada, 2005, citado por Enriquez, 2012).

Temperatura de gelatinización (°C)  
Viscosidad máxima  
Temperatura en el pico de viscosidad máxima (°C)  
Facilidad de cocción  
Índice de inestabilidad del gel  
Índice de estabilidad del gel.

**1.7.2 Textura de las galletas.** La textura es el parámetro de calidad de mayor importancia para el consumidor de productos horneados, específicamente la dureza en los productos amiláceos indica su grado de frescura, mientras que la crujencia arroja información sobre su estructura interna y características composicionales (Castro *et al.*, 2003). Una propiedad importante del alimento que se asocia con la textura es su comportamiento reológico (Rodríguez, *et al.*, 2005).

La textura puede ser definida como el grupo de características físicas que surge de los elementos estructurales de los alimentos, sentidos por el tacto, relacionado a la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la acción de una fuerza y medidos objetivamente por funciones de masa, tiempo y distancia (Vu *et al.*, 2004).

La determinación de parámetros texturales en productos alimenticios de alto contenido de carbohidratos, es particularmente difícil debido a su composición heterogénea y a su estructura poco uniforme (Rodríguez *et al.*, 2005). Para llevar a cabo el análisis de los parámetros texturales en galletas de manera instrumental se emplea principalmente las

pruebas conocidas como: prueba de penetración y prueba de quiebre en tres puntos, (Milde *et al.*, 2014); estas son técnicas de carácter destructivo y se aplica fuerzas a la muestra para obtener cuantificaciones deducibles de gráficos, derivados de software instalados en los equipos universales de ensayo y texturómetros (Torres *et al.*, 2015).

**1.7.3 Prueba de compresión uniaxial.** Es el tipo de prueba fundamental más utilizada en alimentos, mide esfuerzos y deformaciones con cargas de fuerza específicas. El esfuerzo, definido como una fuerza sobre unidad de área y expresado generalmente en Pa (N/ m<sup>2</sup>), puede producirse por tensión, compresión o corte, mientras que la deformación, medida adimensional, es el cambio de longitud del material cuando se aplica un esfuerzo. (Rodríguez *et al.* 2005).

Para este tipo de pruebas, se requiere muestras de formas normalizadas paralelepípedos o cilindros, obtenidas del producto a estudiar, además es importante considerar el paralelismo de las caras aplastadas y conocer la heterogeneidad y la posible anisotropía del producto. El ensayo consiste en aplastar una muestra lentamente entre dos platos paralelos en una máquina de ensayos adecuada y medir la fuerza en función de la velocidad de deformación constante (Roudot, 2004).

**1.7.4 Prueba de penetración.** Es el tipo de prueba fundamental más utilizada en alimentos, mide esfuerzos y deformaciones con cargas de fuerza específicas. El esfuerzo, definido como una fuerza sobre unidad de área y expresado generalmente en Pa (N/ m<sup>2</sup>), puede producirse por tensión, compresión o corte, mientras que la deformación, medida adimensional, es el cambio de longitud del material cuando se aplica un esfuerzo. (Rodríguez *et al.* 2005).

Para este tipo de pruebas, se requiere muestras de formas normalizadas paralelepípedos o cilindros, obtenidas del producto a estudiar, además es importante considerar el paralelismo de las caras aplastadas y conocer la heterogeneidad y la posible anisotropía del producto. El ensayo consiste en aplastar una muestra lentamente entre dos platos paralelos en una máquina de ensayos adecuada y medir la fuerza en función de la velocidad de deformación constante (Roudot, 2004).

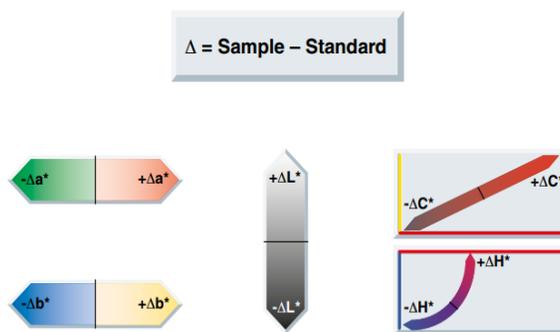
**1.7.5 Color.** El color es una cualidad organoléptica de los alimentos y que gracias al sentido físico de la vista se puede apreciar. También se lo suele considerar como un factor psicológico de estimación y criterio de preferencia para elegir un producto alimenticio entre otro similar. En el caso de los productos naturales el color se puede relacionar con su grado maduración. Sin embargo, cabe resaltar que no siempre es un criterio válido de correlación entre color y calidad, por la adición de colorantes que enmascaran las características reales del producto (Bello, 2008).

La reacción de Maillard o conocida también como la reacción de oscurecimiento, es la involucrada en un muy complejo grupo de transformaciones que trae consigo múltiples

compuestos, entre estas puede citarse las melanoidinas coloreadas, que van desde amarillo claro hasta café oscuro e incluso negro, y afectan también el sabor, aroma y el valor nutritivo de los productos involucrados. Los colores característicos y deseados en la costra de los alimentos sometidos a altas temperaturas (horneado) se deben a esta reacción. Para que el oscurecimiento se lleve a cabo se requiere un azúcar reductor (cetosa y aldosa) y un grupo amino libre, proveniente de un aminoácido o una proteína. La caramelización de la sacarosa ha sido estudiada en gran detalle lo que ha permitido comprobar que, si se calienta a más de 160°C, se genera la hidrólisis, la deshidratación y la dimerización de los productos resultantes (Badui, 2006).

Se han desarrollado una variedad de sistemas, en los cuales el color tiene una disposición tridimensional de acuerdo con su apariencia. Para los alimentos es muy usado el espacio de color Hunter Lab, este sistema está basado en la medición de tres coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . El valor de  $L^*$  representa la luminosidad y cambia desde 0 (negro) hasta 100 (blanco) el valor de  $a^*$  cambia desde  $-a^*$  (verdoso) hasta  $a^*$  (rojizo) mientras que el valor  $b^*$  va desde  $-b^*$  (azulado) a  $+b^*$  (amarillento), se debe tener en cuenta que no son variables independientes ya que  $a^*$  y  $b^*$  dependen de  $L^*$  (Nielsen, 2008, citado por Hoyos y Palacios, 2015). La temperatura y el tiempo de horneado controlan el color, la textura, el sabor, la humedad y la calidad del producto. Cuando la temperatura es muy alta, la corteza de la galleta se quema, mientras que la miga queda cruda. Sin embargo, cuando es muy baja, la miga se quema demasiado, mientras que la corteza no toma color (León, 2006).

Figura 3. Diferencias de color



Fuente. 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).

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).

**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 ese punto.

## 1.8 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).

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios y de muchos otros materiales (Flores, 2015). Existen dos divisiones de pruebas sensoriales. Las primeras son las pruebas utilizadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos y de las actitudes de los consumidores hacia los alimentos (Pruebas orientadas al consumidor). Las segundas son las pruebas analíticas se utilizan para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales (prueba orientada al producto) (Castellano, 2003).

Las pruebas afectivas o hedónicas se refieren al grado de preferencia y aceptabilidad de un producto. Este tipo de pruebas nos permiten no solo establecer si hay diferencias entre muestras, si no el sentido o magnitud de la misma. Esto nos permite mantener o modificar la característica diferencial (Liria, 2007), debido a que un panel sensorial es un “instrumento de medida” y por lo tanto, el resultado de los análisis depende de sus miembros, es indispensable que los participantes pasen por la etapa de reclutamiento, selección, entrenamiento y control (Flores, 2015). Este estudio únicamente se profundizará en las pruebas orientadas al consumidor las cuales permitirán determinar la aceptabilidad del producto.

## **1.9 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO**

El análisis bromatológico es la ciencia que estudia los alimentos mediante método convencionales para el análisis de la calidad nutricional y composicional de los alimentos, que permite conocer la naturaleza, 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 alimento o en los procesos de industrialización. 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).

**1.9.1 Humedad.** Durante el balanceo de la ración, es fundamental conocer el contenido de agua en cada uno de sus elementos; así mismo, es necesario vigilar la humedad en el alimento preparado, ya que niveles superiores al 8% favorece la presencia de insectos y arriba del 14%, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias (De Silva y Anderson, 1995). El método se basa en el secado de una muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco final y el húmedo inicial.

**1.9.2 Análisis de Proteínas.** La determinación de proteínas en alimentos puede realizarse por diversos métodos. El método que se utilizará para la determinación de proteínas de las mezclas de harinas compuestas será el método de Kjeldahl. Este método se basa en la determinación de nitrógeno de la muestra (García, Fernández, s.f). Es fundamental realizar esta prueba, ya que se busca que la mezcla de las harinas aporte el mayor valor nutricional. A su vez busca que pueda ser incluida en la dieta de niños con problemas de desnutrición, y determinar la mezcla con mayor aporte proteico es

importante ya que algunas poblaciones vulnerables el consumo de proteína animal es muy reducido. El chontaduro (*Bactris gasipaes*) podrá ser una solución a ese problema ya que presenta un alto contenido de proteína (33%) (Castillo *et al.* 2013).

**1.9.3 Análisis de grasa.** La grasa y los aceites son las principales fuentes de energía en la dieta humana. Para la formación de muchos tipos de células son necesarios algunos tipos de ácidos grasos, al no poder el organismo sintetizarlos, deben ser ingeridos por medio de alimentos para que el cuerpo produzca sustancias que mantienen una buena salud (Chaparro, 2011). Gracias al contenido de grasa del chontaduro (*Bactris gasipaes*), este es una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados (linoleico y linoleico) esenciales para la nutrición, desarrollo normal y crecimiento; además su ingesta puede contribuir con la disminución del colesterol (Restrepo y Estupiñán, 2007).

**1.9.4 Análisis de fibra.** La fibra dietaria es un concepto que en la actualidad es definido como los componentes de la dieta de origen vegetal. Se puede clasificar a la fibra dietaria como fibra soluble (pectinas, gomas, mucilagos, ciertas hemicelulosas, polisacáridos de algas y células modificadas,) y fibra insoluble (Celulosa, gran parte de las hemicelulosas y lignina). Estudios principalmente epidemiológicos enunciaron la hipótesis de enfermedades asociadas con una deficiencia de fibra dietaria (hemorroides, divertículos, cáncer de colon, diabetes, obesidad y enfermedades cardiovasculares) (Pak, 2007).

## 1.10 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

Picón, (2013) estudió la influencia de la granulometría y las procedencias de la harina sobre las masas para la elaboración de galletas libres de gluten, con el fin de establecer similitudes en las distintas galletas y buscar una alternativa a las elaboradas tradicionalmente con harina de trigo. Las harinas utilizadas fueron: trigo (elaboración galleta control), maíz, arroz y teff. Los resultados encontrados reflejaron que la granulometría es un factor clave para alcanzar las propiedades físicas del producto final, las harinas con un tamaño de partícula mayor producen masas menos resistentes que se expanden más durante el horneado, lo que dio lugar a galletas más extensas, bajas y oscuras con una menor humedad. Ninguna de las galletas presento una gran semejanza con la galleta control de trigo lo que los llevo a concluir que existe gran dificultad de desarrollar productos libres de gluten capaces de sustituir los productos tradicionales, ya que el gluten juega un papel importante incluso en la elaboración de productos como este, en la cual la red tridimensional no llega a formarse. Sin embargo, la galleta de maíz precocido fino obtuvo la mayor puntuación en 4 de los 5 parámetros evaluados, siendo precisamente la textura el único en el que la galleta de trigo tuvo mayor puntuación.

Umaña *et al.*, (2013) caracterizaron harinas alternativas de origen vegetal con potencial aplicación en la formulación de alimentos libres de gluten. Las harinas caracterizadas fueron: Lenteja (*Lens culinaris*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*), Garbanzo (*Cicer arietinum*), Chachafuto (*Erythrina edulis*), Plátano (*Musa paradisiaca*), Corteza de piña (*Ananas comosus*), Pimentón (*Capsicum annuum*), Ahuyama (*Cucurbita maxima*), Brócoli

(*Brassica olerasia*) y Champiñón (*Agaricus bisposius*). Este estudio se basó en la evaluación de la morfología de gránulos de almidón por microscopía óptica de contraste, análisis térmico con barrido diferencial calorimétrico, pruebas funcionales: índice de solubilidad y absorción, capacidad de retención e hinchamiento, pruebas de extensibilidad con métodos de plataforma. Los resultados en cuanto al análisis bromatológico, la harina de garbanzo presentó el mayor contenido etéreo de todas las harinas analizadas y el champiñón fue el de mayor porcentaje de proteína. Lograron concluir que las harinas alternativas poseen un potencial en procesos de panificación en el marco de factores nutricionales bajo los parámetros de contenido de proteína y fuente de energía con altas cantidades de carbohidratos. Las harinas evaluadas reflejaron un comportamiento tecnológico promisorio, demostrando una idea de que no solo el trigo u otros cereales pueden ser utilizados en la panificación.

Ortega *et al.*, (2011) llevaron a cabo una investigación para el desarrollo y caracterización de un producto libre de gluten a base de harina de maíz, arroz y quinua. Obtuvieron las harinas de maíz y quinua por molienda y adicionaron harina de arroz comercial, las formulaciones para el diseño fueron: 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 65:35 y 60:40 (maíz: arroz + quinua, estas últimas en partes iguales). Realizaron pruebas de absorción y solubilidad en agua, las mezclas que presentaron las mejores características (baja absorción y alta solubilidad) fueron 60:40 y 70:30; las variables están relacionadas con la palatabilidad del alimento, la mezcla con el mejor resultado en el análisis sensorial con panelistas semientrenados fue 70:30. Esto les permitió concluir que se pueden desarrollar productos funcionales de panificación con quinua, con beneficios nutricionales.

Proyectos como el de Hoyos y Palacios, (2015) proponen la utilización de harinas compuestas en panificación. Mediante su proyecto: utilización de harinas de maíz y garbanzo con adición de fibra de cascara de piña, desarrollaron productos de panificación (galletas polvorosa y pan de molde) con sustitución de 80 y 100 % en galletas y los panes 33 y 43 %, con el objetivo de evaluar las propiedades fisicoquímicas de las harinas, reológicas de las masas y sensoriales de los productos finales. Logrando concluir que las harinas compuestas con granos de garbanzo completo, maíz o la totalidad cascara de piña presentaron un aumento en su granulometría, y a su vez una disminución de su homogeneidad, al aumentar la sustitución de harina de trigo por la mezcla compuesta de harinas se obtuvieron masas para la elaboración de galletas con mayor resistencia mecánicas y masas destinadas para pan con menor resistencia a la fuerza ejercida por los gases desarrollados en procesos fermentativos. Los productos elaborados con mayor porcentaje de sustitución presentaron una tonalidad con tendencia al café característico de productos integrales, las galletas polvorosas al no requerir el desarrollo de la red del gluten, les permitieron una mayor sustitución de harina de trigo por harinas compuestas con un alto contenido de fibra y proteínas no formadoras de gluten.

Marques *et al.*, (2009) evaluaron las propiedades nutricionales, tecnológicas y sensoriales de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de avena o harina de arroz parbolizado, los niveles de inclusión fueron de 25, 50 y 75 % para la elaboración de galletas. Estas fueron evaluadas mediante parámetros químicos, físicos, color, textura y atributos sensoriales. Lograron establecer que la adición de harina de avena proporcione

mayor suavidad, un leve oscurecimiento y sensorialmente no encontraron diferencias significativas en comparación con la galleta elaborada con 100% harina de trigo. Por otra parte, la harina de arroz parborizado, las galletas nutricionalmente presentaron un mayor contenido de almidón resistente y menor contenido de lípidos a comparación de las elaboradas con harina de trigo. Concluyeron que las galletas tecnológicamente eran más suaves y que sensorialmente no hubo una diferencia estadística en relación con la galleta control hasta el 75% de sustitución.

Llerena (2010) evaluó la utilización de harina de trigo y quinua para la elaboración de galletas. Para la realización del trabajo investigativo utilizó diferentes porcentajes de harina de quinua para la elaboración del producto, determinó las características culinarias de las harinas y evaluó las características sensoriales del producto final. Los porcentajes de sustitución de harina de trigo por harina de quinua fueron: 50, 30 y 20 %. Los resultados sensoriales en cuanto a sabor indicaron que las muestras con 30 y 20 % de sustitución tienen un sabor agradable y muestra con un 50 % un sabor agradable. Concluyendo que en comparación con masas de 100% harina de trigo, las masas obtenidas a partir de la mezcla de harinas son menos elásticas y que la muestra con mayor aceptación en las pruebas de degustación fue la 20% de sustitución, cumpliendo con el objetivo de reemplazar harina de quinua sin que se altere su aceptabilidad.

Larosa *et al.* (2006) investigaron el aprovechamiento de okara en la elaboración de galletas dulces, con el objetivo del aprovechamiento de ese material, realizaron inclusiones de 10 a 50% de harina de okara a la de trigo. Okara es el sólido residual en el proceso de extracción de soja, rico en proteína y generalmente desechado o usado en la alimentación animal. Los resultados revelaron que las galletas con adición del 40% de okara presento una mejor aceptación sensorial en cuanto a atributos de aroma, color, sabor, e impresión global. Dichas galletas presentaron mayores valores de textura, el diámetro y el factor de expansión en comparación con una galleta dulce sin harina de okara y a una galleta comercial. Los resultados permitieron establecer la posibilidad de la utilización de harina de okara en la elaboración de galletas dulces con características tecnológicas y sensoriales aceptables para los consumidores.

Torres *et al.* (2015) realizaron una evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón, llevaron a cabo un análisis de la composición proximal en las muestras, aplicaron ensayos de compresión unidireccional y quiebre en tres puntos, para esto utilizaron un analizador de textura, también fue realizada una evaluación sensorial. Con el diseño experimental que aplicaron buscaban determinar la influencia del espesor de las galletas en los parámetros proximales, de textura y sensoriales.

El contenido de humedad fue menor en las muestras con mayor espesor, en el contenido de proteínas, cenizas, grasa, fibra, carbohidratos y aporte calórico; el espesor, no tuvo influencia. Según lo reportado por los autores en firmeza, consistencia, fuerza máxima y rigidez, los valores fueron directamente proporcional al espesor de las galletas; a su vez, encontraron una correlación directa y altamente significativa entre firmeza, consistencia y fracturabilidad. La influencia del espesor la asociaron con los cambios ocurridos después

del tratamiento térmico, tales como la gelatinización del almidón, desnaturalización proteica y reducción del contenido de humedad. En la prueba de evaluación sensorial las galletas presentaron una buena aceptación.

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.

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.

## 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.

### 2.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA COMPUESTA

Para la elaboración de las galletas se requirió de harina de chontaduro, harina de maíz, harina de quinua, margarina, azúcar pulverizada y polvo para hornear. La harina de maíz comercial de la marca harina pan, fabricada por alimentos Polar de Colombia adquirió en un supermercado local, la harina de quinua de la marca comercial Segalco se consiguió en Popayán Cauca y el resto de ingredientes requeridos. El fruto del chontaduro fue adquirido en la plaza de mercado del barrio Bolivar del municipio de Popayán, procedente del corregimiento cuatro esquinas, ubicado a 23 Km de la cabecera municipal del Tambo Cauca, localizado a una altura de 1269 msnm con temperatura entre 22 y 28°C, precipitaciones anuales entre 1500 y 2500 mm/año y humedad relativa entre 70 y 80 %

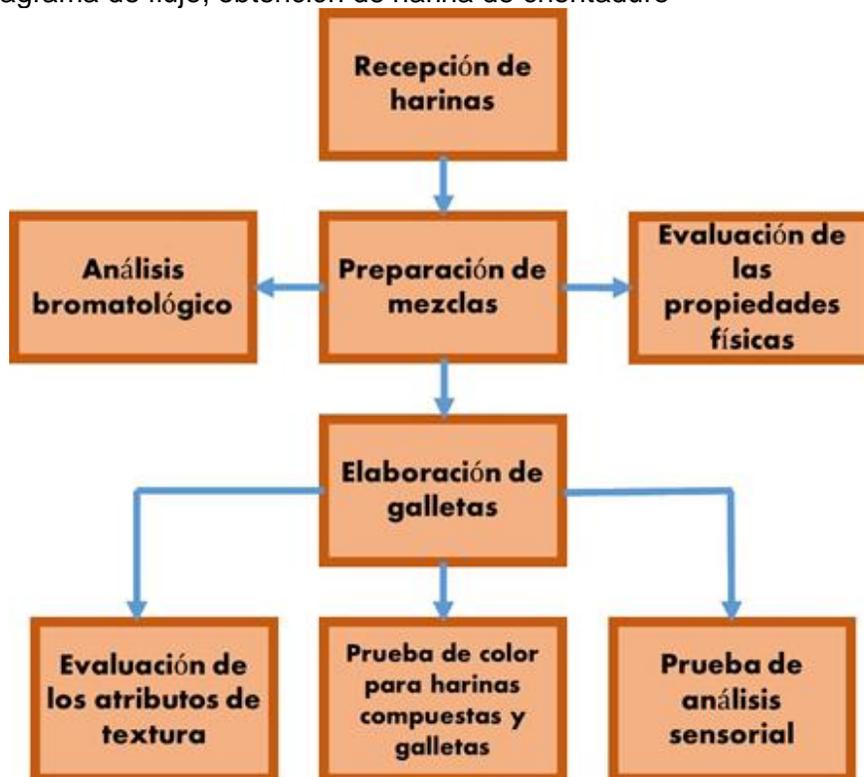
**2.1.1 Harina de chontaduro.** La harina de chontaduro fue suministrada por estudiantes de Ingeniería Agroindustrial pertenecientes al grupo de investigación Metanoia. Se obtuvo a partir de frutos provenientes del corregimiento de cuatro esquinas localizado a 23Km de la cabecera municipal de El Tambo en el pie de monte de la cordillera occidental. El transporte de los frutos a la plaza de mercado del Barrio Bolivar en Popayán y posteriormente 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 mejores características físicas, sin magulladuras y ataques de insectos, con maduración uniforme, sin presencia de enfermedad, ausencia de olor ácido o característico de pudrición del fruto. 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.

Para la obtención de la harina el fruto fue lavado y desinfectado, escaldado, pelado y troceado, para posteriormente secar; la deshidratación se realizó a 60°C para evitar pérdidas de nutrientes, hasta una humedad de 6%. Finalmente, el fruto seco fue molido en un molino de disco 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. Durante la cocción la ganancia de agua fue del 5.19%, el rendimiento en el proceso de pelado y extracción de la semilla es del 68.9% y el rendimiento durante el secado este fue del 50.19%; en general, el aprovechamiento del chontaduro para extracción de harina es de aproximadamente el 34%.

Figura 4. Chontaduro (*Bactris gasipaes*) sin raquis



Figura 2 Diagrama de flujo, obtención de harina de chontaduro



## 2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS MEZCLAS

Para determinar las propiedades físicas de las mezclas se realizó la valoración de granulometría, curvas de empastamiento, índice de absorción de agua y color.

**2.2.1 Granulometría.** La caracterización granulométrica de las mezclas de harinas, se llevó a cabo en el equipo Ro- Tap El tamaño de partícula (granulometría) se realizó con la ayuda del equipo Ro-tap (W.S. Tyler)

Figura 6. Prueba de tamizado (Ro- tap Tyler)



El equipo cuenta con un juego de 8 tamices de la serie Tyler de números 10 (2 mm), 18 (1 mm), 35 (0,5 mm), 60 (0,25 mm), 100 (0,15 mm), 120 (0,125 mm), 140 (0,106 mm) y 270 (0,053mm) y un fondo. Este equipo se encuentra en la planta piloto de alimentos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

La prueba de granulometría se realizó de acuerdo a la norma AOAC 965.22. Se procedió a pesar cada uno de los tamices del juego, posteriormente se pesaron 100 g de muestra de acuerdo con cada tratamiento y se llevó a agitación por 20 minutos, finalmente se pesó cada uno de los tamices, para hallar por diferencia de peso las fracciones retenidas en cada tamiz. Estos ensayos se realizaron por triplicado.

**2.2.2 Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA).** Para la determinación del IAA e ISA se llevó a cabo la siguiente metodología. Se procedió a pesar 2g (b.s) de las mezclas de harinas en un tubo falcón previamente pesado y rotulado, se adiciono 30 ml de agua destilada, se agito con ayuda de un bortex marca Thermolyne Maxi Mix II y se llevó a baño maría a 60°C por 30 minutos. Se dejó enfriar a temperatura ambiente para llevar a centrifugación, a 1000g por 10 minutos en un centrifuga marca Hermle. Luego se decantó el sobrenadante, se midió su volumen y se tomó una alícuota de 2 ml en una caja de Petri previamente pesada y se llevó al horno a 45 °C por 24 horas.

El sedimento retenido en los tubos se pesó método AACC 56-30.01 (AACC, 2012). El IAA e ISA se determinaron de acuerdo a las ecuaciones 3 y 4. Los ensayos se realizaron por triplicado.

**2.2.3 Curvas de empastamiento.** Esta prueba se realizó por triplicado a todos los tratamientos, el procedimiento estuvo a cargo de la persona encargada del laboratorio de reología de la facultad de ciencias agrarias de la universidad del Cauca. Primero se preparan aproximadamente 25 ml de una suspensión al 8% en base seca de la muestra de agua destilada y posteriormente se adiciono en la celda de aluminio. El método programado en el software fue:

Etapa de acondicionamiento a una temperatura de 50°C, con una velocidad de precizalla de 78,53 rad/s durante 30 s.

Etapa de equilibrio a una velocidad angular de 16,75 rad,s durante 1 minuto, a temperatura de 50°C.

Rampa de temperatura desde 50°C hasta 90°C a una velocidad de calentamiento de 12,2°C/min y velocidad angular de 16,75 rad/s.

Etapa de equilibrio (Peak hold step) a una velocidad angular de 16.75 rad/s durante 2 minutos y 30 segundos, a temperatura de 90°C.

Rampa de temperatura desde 90°C hasta 50 °C a una velocidad de enfriamiento de 12.2°C/min y velocidad angular de 16,75 ras/s.

Etapa de equilibrio (Peak hold step) a una velocidad angular de 16,75 ras/s durante 2 minutos, a temperatura de 50°C.

Etapa pos-experimental con temperatura de 30°C.

Las variables analizadas en la caracterización de curvas de empastamiento fueron: temperatura y tiempo de inicio de gelatinización ( $T_{pasting}$  °C) y ( $t_{pasting}$ - min), viscosidad máxima ( $V_{max-cP}$ ), temperatura en viscosidad máxima ( $T_{V_{max}}$  °C) y tiempo en viscosidad máxima ( $t_{V_{max}} -min$ ), inestabilidad del gel (Breakdown) ( $V_{max}- V_{PC} -cP$ ), viscosidad de la pasta caliente ( $V_{PC}-cP$ ), viscosidad mínima ( $V_{min}-cP$ ), viscosidad de la pasta fría ( $V_{PF}-cP$ ), reorganización(Setback) ( $V_{PF}- V_{max}- cP$ ).

**2.2.4 Color.** La prueba de color a las mezclas obtenidas se realizó con un colorímetro marca 3nh, el cual permitió la lectura directa de las coordenadas  $L^*$ (luminosidad),  $a^*$ (Tonalidades de verde a rojo) y  $b^*$ (Tonalidades de azul a amarillo).

Para la prueba de colorimetría Se tomó una muestra de la cada una de las mezclas de harinas y del producto (galleta) y se procedió a hacer la medición con el colorímetro, el

cual realizó 18 mediciones y el cálculo el promedio de estas fue arrojado de manera inmediata. El análisis se realizó al cambio global de color durante el proceso de fabricación de galletas tomando como punto inicial el color de las mezclas de harinas y el punto final el color del producto (Cauvain y Young, 2002). Para el cálculo correspondientes a cada tratamiento de las galletas; fue necesario triturarlas y depositadas en cajas de petri para realizar la lectura de las coordenadas con el equipo.

Figura 7. Colorímetro triestimulos NRxE 3nh



### 2.3 ELABORACIÓN DE GALLETAS

Para analizar el efecto que tiene sustituir la harina de trigo por una mezcla de harinas compuestas en la fabricación de galletas con base en una formula estándar, se realizarán 4 formulaciones diferentes, que incluyen la mezcla de harina de chontaduro (HC), harina de maíz (HM) y harina de quinua (HQ).

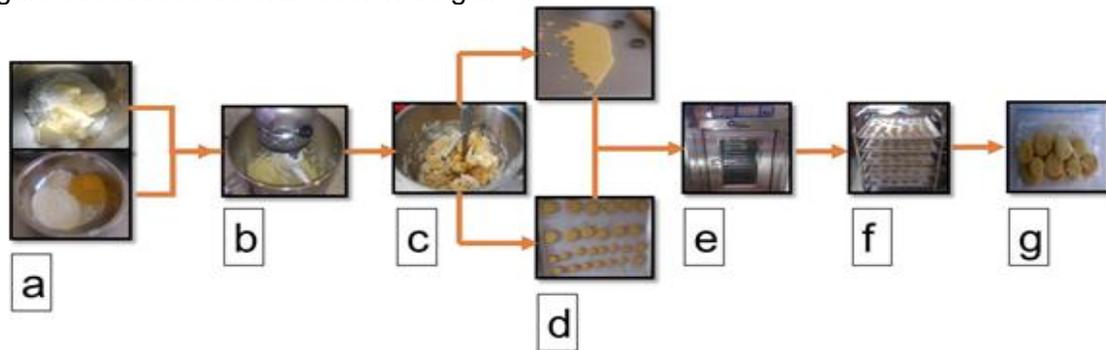
Para la elaboración de las galletas se utilizará una formula estándar descrita en el cuadro 6, donde se especifican los porcentajes de todos los ingredientes requeridos en el proceso.

Cuadro 6. Formulación para elaboración de galletas

Ingrediente	Proporción (%) *
Mezcla de Harinas	100
Azúcar	33 con base en la mezcla de harinas
Margarina	55
Agua	11
Polvo de hornear	1

\*Los porcentajes de cada ingrediente están dados con respecto a la cantidad de harina a utilizar, asumiendo las sumatoria de estas como un 100%.

Figura 8. Proceso de elaboración de galletas



Los siguientes pasos describen como se llevó a cabo la elaboración de galletas, Ortega et al. (2013), coinciden con este procedimiento.

Se pesa en la balanza los ingredientes de acuerdo con los porcentajes recomendados en el cuadro 6 y se mezcla de forma manual en una tarrina.

Se lleva a cabo el cremado de la margarina y el azúcar en una mezcladora con una velocidad baja de aproximadamente 5 minutos una vez transcurrido este tiempo se eleva la velocidad hasta tener una mezcla homogénea y cremoso sin gránulos y se adiciona el polvo para hornear.

Se agrega la mezcla de harinas y el agua, esto se realizará en una mezcladora marca KITCHENAID por dos minutos más, hasta tener una masa que sea moldeable y manejable la cual se dejará en reposo por aproximadamente 20 minutos.

Transcurrido el tiempo de reposo se procede a laminar con un rodillo de forma manual hasta obtener un espesor de aproximadamente 8 mm, luego serán cortadas con moldes para galletas. Las galletas son colocadas sobre las bandejas de panadería que previamente fueron cubiertas con papel mantequilla.

Se llevan las latas al horno a 160°C por 12 minutos  
Se deja que las galletas se enfríen en las latas.  
Se empaca en bolsas de polietileno

## 2.4 EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TEXTURALES DE LAS GALLETAS

Las pruebas de textura se realizarán en el laboratorio de reología y empaque de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, un día después de la

fabricación de las galletas, empleando la maquina universal de ensayos, marca SHIMADZU modelo EZ-L, utilizando el software Rheometer.

**2.4.1 Prueba de compresión uniaxial.** Galletas con dimensiones 3 cm de diámetro y 0,8 cm de espesor fueron llevadas a la zona de prueba del equipo y se les realizo la prueba de compresión uniaxial. Los parámetros de la prueba fueron velocidad de prueba: 60 mm/min, carga: 50 N y desplazamiento de 0.4 cm, se obtuvo la fuerza a la que las galletas se fracturan (kg. m<sup>2</sup>.s<sup>-2</sup>); y la dureza, a la cual el producto se fractura totalmente (kg.m<sup>2</sup>.s<sup>-2</sup>). Esta prueba se realizó por triplicado a cada uno de las cinco formulaciones, incluida la formulación de la galleta control. En la Figura se ilustra la prueba de compresión uniaxial realizada una galleta.

**2.4.2 Prueba de penetración en galletas.** Se realizó en galletas con dimensiones similares a las utilizadas en la prueba de compresión uniaxial, las galletas fueron apoyadas sobre los soportes verticales paralelos del equipo, se utilizó un punzón para obtener mediciones. Los parámetros de la prueba fueron: velocidad de prueba: 60 mm/min, carga: 50 N y desplazamiento de 0.4 cm. La prueba se realizó por triplicado a todas las formulaciones incluida la muestra control. En la figura se ilustra la prueba de penetración para una galleta elaborada con una mezcla de harina compuesta.

## **2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL**

Las galletas fabricadas con las mezclas de harinas compuestas, fueron evaluadas sensorialmente por medio de una prueba de aceptación de escala hedónica de 5 puntos, a 50 panelistas no entrenados. La prueba fue realizada en el SENA ubicada al norte de la ciudad de Popayán (Cauca), a estudiantes de ambos sexos y de programas diferentes con un rango de edades entre 18 y 28 años. Los atributos que se evaluaron fueron: aroma, color. Sabor, gusto residual, textura y aceptación global. En el anexo A se muestra el cuestionario que se utilizó para la evaluación sensorial.

## **2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, se analizaron con un diseño experimental unifactorial Para el análisis estadístico se utilizó el programa minitab17. El estudio experimental se llevó a cabo en galletas, cinco tratamientos correspondientes a un testigo y cuatro tratamientos con diferentes porcentajes de inclusión de harina de chontaduro, harina de maíz y harina de quinua, con 3 repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales. Se evaluó la normalidad de los datos con el programa SPSS Statistics 22 (ver anexo B) y análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia al 5% y para determinar las diferencias entre las muestras se aplicó el test de Tukey a un nivel de significación del 95%, asumiendo comportamientos paramétricos y no paramétricos en los resultados.

**2.6.1 Diseño experimental para galletas.** Las formulaciones de harinas compuestas que se utilizaron para la elaboración de galletas, estaban divididas en cinco tratamientos, de los cuales cuatro de ellos sus porcentajes de inclusión variaban a excepción de la harina de quinua, esta fue de 10% para todos ellos incluido el blanco (testigo), a continuación, se describe cada uno de los tratamientos. En el Cuadro 8 se muestra el diseño experimental que se llevó a cabo para analizar el efecto de las diferentes inclusiones de harinas compuestas.

**T1:** 10% harina de quinua 60% Harina de chontaduro 30% harina de maíz

**T2:** 10% harina de quinua 50% Harina de chontaduro 40% harina de maíz

**T3:** 10% harina de quinua 40% Harina de chontaduro 50% harina de maíz

**T4:** 10% harina de quinua 30% Harina de chontaduro 60% harina de maíz

**T5:** 10% harina de quinua 90%harina de trigo. TESTIGO

Cuadro 7. Diseño experimental para las mezclas

Variable	Categoría / Escala			Variable de respuesta
Porcentaje de combinación de mezclas de harinas	H.CH	H.M	H.Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Firmeza (N)</li> <li>• Dureza (N)</li> <li>• Deformación de ruptura (Nmm-2)</li> <li>• Aceptación sensorial</li> </ul>
	60%	30%	10%	
	50%	40%	10%	
	40%	50%	10%	
30%	60%	10%		
Blanco	H.T.	H.Q		
	90%	10%		

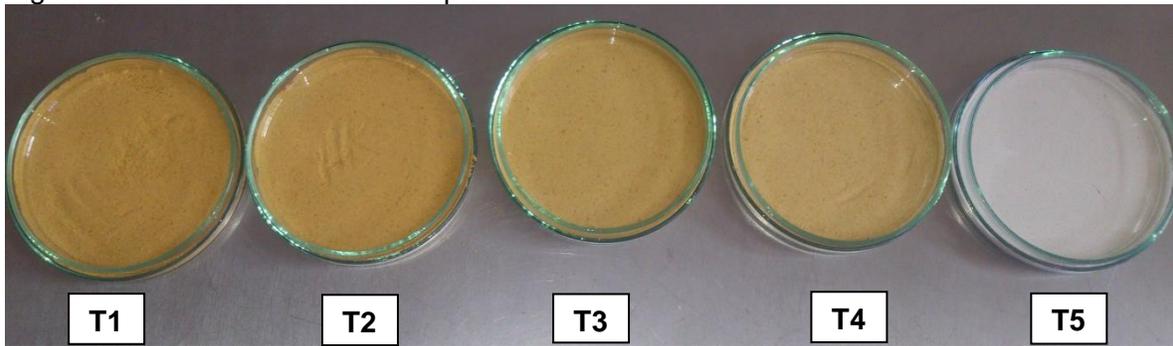
HCH= harina de chontaduro    HM= harina de maíz    HQ= harina de quínoa

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS Y LAS MEZCLAS

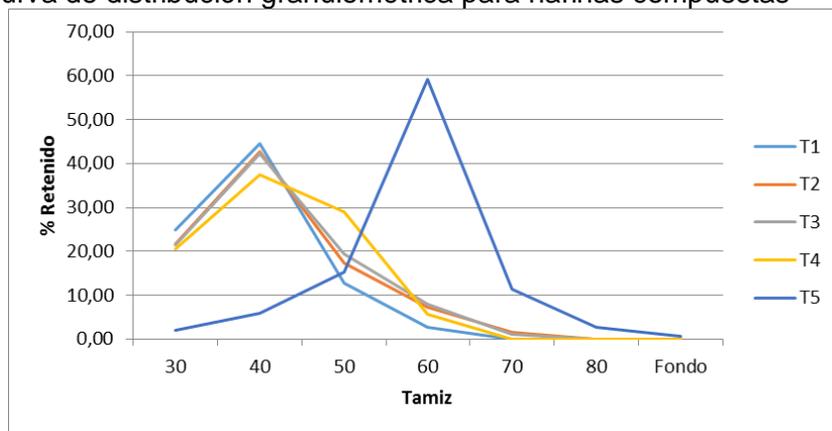
En la Figura 10 se observan las muestras correspondientes a las mezclas de harinas compuestas obtenidas después de la homogenización. La harina de chontaduro tiene un porcentaje mayor de fibra, lípidos y ceniza, un color amarillo crema que se ve más acentuado por la harina de maíz. Se caracterizarán mezclas con potencial en panificación.

Figura 9. Mezclas de harinas compuestas



**3.1.1 Granulometría.** El análisis granulométrico se refiere a la distribución del tamaño de partícula de las mezclas de harinas analizadas en este estudio, se presenta a continuación los valores de porcentajes de retención en cada malla (ver anexo C), y se representa gráficamente la distribución en cada tamiz.

Figura 10. Curva de distribución granulométrica para harinas compuestas



Se puede observar en la gráfica como a medida que es mayor el porcentaje de inclusión de harina de maíz, el tamaño de partícula disminuye. Los tratamientos T1, T2 y T3

quedaron principalmente retenidos en los tamices 30 y 40 con los siguientes porcentajes 69.35%, 64.43% y 63.68% respectivamente. El 66.50% del T4 quedo retenido entre los tamices 40 y 50 como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Distribución de las harinas compuestas

Distribución promedio de las harinas compuestas (%)						
No Tamiz	tamaño de partícula (µm)	T1	T2	T3	T4	T5
20	850	12,65	6,95	5,95	4,18	0,23
30	600	24,81	21,78	21,51	20,56	2,07
40	425	44,54	42,65	42,17	37,49	5,92
50	300	12,75	17,30	19,30	29,01	15,29
60	250	2,78	7,37	8,06	5,69	59,16
70	212	0,00	1,63	1,12	0	11,30
80		0,03	0	0	0	2,65
Pérdidas por tamizado		2,44	2,32	1,89	3,07	3,37

\*Las pérdidas de harina se atribuyen al proceso de limpieza, en cada tamizado.

Con el análisis granulométrico de las harinas compuestas representado se pudo determinar que el T1 tuvo un porcentaje promedio de retención en el tamiz 30 del 24.81% y del 44.54% en el tamiz número 40, siendo este tratamiento el de mayor tamaño de partícula, seguido en orden descendente por los tratamientos T2, T3, T4 y T5. Cabe resaltar que los tratamientos presentaron una compactación a la hora del equipo ejercer el movimiento, según lo reportado por Hoyos y Giselle (2015) esto puede deberse a el carácter altamente higroscópico que presenta la harina de maíz, además encontraron en el análisis granulométrico que el 88,1% de harina de maíz quedo retenida entre tamices 18 y 35, con una la distribución uniforme.

Según la NTC 267 mínimo el 98% de la harina de trigo debe pasar a través del tamiz de 212 µm (tamiz 70), el tratamiento T5 como se aprecia en el cuadro 8, fue el de menor tamaño de partícula, en comparación a las demás siendo la retención del 15,29% y 59.16% en los tamices 50 y 60 respectivamente. A pesar de estar compuesto por 90% harina de trigo y 10% harina de quinua, esta última, aunque en menor proporción presentó influencia en los resultados haciendo que este tratamiento tuviera una diferencia en comparación a lo exigido por la norma.

En general todos los tratamientos se encuentran dentro de la clasificación de harinas gruesas por los valores MF obtenidos, a excepción del tratamiento T5, el cual alcanzó a entrar dentro de la clasificación de harina media. Aunque como se mencionó anteriormente, el tamaño de partícula en las harinas se relaciona con su capacidad de absorción de agua y formación de masas con buenas cualidades reológicas, partículas más pequeñas en general incorporan más agua (Quintero y Zambrano, 2011). 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).

Cuadro 9. Módulo de fineza y diámetro promedio de las mezclas compuestas

Mezclas de harinas	Diámetro promedio	MF
T1	0.5656±0.01	6.3227±0.05
T2	0.5066±0.007	5.9814±0.04
T3	0.4999±0.008	5.9448±0.06
T4	0.4867±0.003	5.8816±0.02
T5	0.3108±0.000	4.0136±0.09

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 (Rodrigues et al., 2011). Según el cuadro 9 el diámetro promedio de los tratamientos es mayor a los reportados por Hoyos y Giselle (2015), donde la granulometría de las mezclas es muy cercana a la materia prima empleada en productos tradicionales de panadería (pan y galletas).

Harinas con mayor tamaño de partícula producen masas menos resistentes que se expanden más durante el horneado, y a su vez las galletas son más extensas, bajas y oscuras con una menor humedad final (Picon, 2013). Las mezclas a pesar de estar clasificadas dentro de harinas gruesas, fueron utilizadas para la obtención de galletas, ya que la granulometría empleada para la elaboración de estas es muy variable y depende de las características finales que se desee en el producto.

**3.1.2 Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua de agua (ISA).** En los anexos D y E se presentan los resultados de las pruebas índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA) de las harinas compuestas para la elaboración de galletas con diferentes porcentajes de inclusión.

Cuadro 10. Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA) para las harinas compuestas

Tratamientos	IAA	ISA
T1	7,75 ± 0,09 <sup>a</sup>	14,79 ± 0,6 <sup>a</sup>
T2	7,37 ± 0,03 <sup>b</sup>	10,55 ± 0,15 <sup>b</sup>
T3	7,22 ± 0,05 <sup>b</sup>	5,07 ± 0,21 <sup>d</sup>
T4	6,79 ± 0,08 <sup>c</sup>	5,15 ± 0,16 <sup>d</sup>
T5	5,06 ± 0,06 <sup>d</sup>	6,27 ± 0,08 <sup>c</sup>

Las diferentes letras de a-e indican diferencia significativa entre las medias de (IAA E ISA) para las mezclas de harinas compuestas con un (P<0,05).

El alto valor para el ISA se puede observar para el T1 y T2, puede ser atribuido a la temperatura y a la morfología de los gránulos de almidón, además a la solubilidad que presentan las proteínas aportadas por el chontaduro y la quinua. A pesar de que en la literatura no se reportan datos de la proporción de proteínas hidrosolubles (albuminas y globulinas) presentes en el chontaduro, el ISA de este tratamiento puede relacionarse a ellas, ya que este fruto no contiene proteínas formadoras de gluten las cuales son insolubles en agua y soluciones de sales diluidas.

Figura 11. Prueba índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad (ISA)



Tubo falcon con sobrenadante para realizar (IAA)



Toma de alícuota para llevar prueba (ISA)

Las proteínas del gluten representan entre un 80 y 85% del total de las proteínas del trigo (De la Vega, 2009). El T5 compuesto principalmente por harina de trigo presentó un mayor ISA en relación al T3 y T4, estos conformados mayormente por harina de maíz, según la gráfica de intervalos de confianza de 95% de Tukey estos dos tratamientos no presentan una diferencia significativa (ver anexo F). El ISA del tratamiento control se puede asociar en cierta medida con las proteínas hidrosolubles, que para el caso de la harina de trigo son alrededor del 1,61% (García y Carbonero, 1983), y para la harina de maíz cerca de 1,33 % (Rivas et al., 2003).

En el proceso de obtención de harina de chontaduro se lleva a cabo una pre gelatinización (Díaz, 2012), la gelatinización, comienza con un proceso lento de absorción de agua en las zonas amorfas de la estructura del almidón al iniciarse el calentamiento, puesto que los puentes de hidrogeno de estas áreas son menos rígidos que en las áreas cristalinas. Con la completa hidratación de la parte amorfa y el incremento de la temperatura la zona cristalina se hidrata igualmente. La amilosa y la amilopectina se disuelven finalmente, cuando el granulo alcanza su volumen máximo y por último se da la formación de una pasta de almidón (Badui, 2013).

El IAA es un indicativo de la cantidad de agua absorbida por los gránulos de almidón (Carvalho et al. 2002). Se considera que la propiedad funcional de las harinas relacionadas con la capacidad de absorción de agua para formar la masa a utilizar en la elaboración de la galleta, tiende a ser una de las propiedades fisicoquímicas más importantes de los carbohidratos, por relacionarse con el grado de asociación intermolecular entre los polímeros amiláceos. Esta característica contribuye al mantenimiento de la humedad de algunos alimentos, como en el caso de los productos de panadería y pastelería, ya que pueden formar una capa superficial que limita la pérdida de agua, siendo desfavorable, por ejemplo, cuando conduce a la formación de aglomerados que limitan la posterior solubilidad de los azúcares en la formulación de las masas de galletas (Cori y Pacheco, 2004; Rebolledo, et al., 1999).

La temperatura alta o calentamiento prolongado pueden provocar el rompimiento de la estructura del granulo de almidón, reduciendo la capacidad de absorber agua (Teba 2014). Según Moura (2012), el índice de solubilidad en agua aumenta con la severidad del tratamiento térmico, debido a la naturaleza de los gránulos de almidón, a temperaturas frías y tibias estos pueden ser difícilmente hidratados, a partir de temperaturas de 55-60°C los enlaces fuertes entre la cadena de almidón implicadas en la forma cristalina son disociados y las cadenas se relajan, permitiendo que el agua penetre y por lo tanto que el granulo de almidón se hinche y se abra (Jeantet et al., 2010). Se ha establecido que las harinas ricas en fibra y en proteínas no formadoras de gluten, pueden favorecer el aumento de la absorción de agua, ya que estas moléculas compiten bien por las moléculas de agua (Da Silva et al., 2013; Da Silva et al., 2011).

Según los resultados mostrados en el cuadro 10, el T1 fue el que obtuvo el valor más alto de hidratación, y a pesar de que su tamaño de partícula en la prueba de granulometría, fue superior a los demás y este sea un factor influyente sobre la propiedad de absorción de agua. El comportamiento de este tratamiento compuesto mayor mente por harina de chontaduro, con una previa pregelatinización del almidón, se relaciona a su contenido de fibra y a que los frutos de esta palma, son ricas en almidón (Mosquera et al., 2013). A diferencia de las harinas de maíz y trigo el chontaduro contiene alrededor del 8,35% de fibra (Pizzani et al., 2008), mientras que el contenido de fibra en la harina de trigo es de aproximadamente 3,01% (Bae et al., 2014), en el maíz 7,29 % (Shukla y Cheryan, 2001) y en la harina de quinua es de aproximadamente el 2,5 % (Castro, 2010). Estas características anteriormente nombradas le confieren al T1 una gran capacidad de absorción de agua como se evidencio en dicha prueba.

El IAA se vio afectado significativamente ( $P < 0,05$ ) a medida que se presenta una mayor sustitución de harina de chontaduro por harina de maíz, sin embargo los tratamientos T2 y T3 no presentaron una diferencia significativa, se puede apreciar en los gráficos de intervalos de confianza de 95% de Tukey (ver anexo G), donde las medias de los dos tratamientos coincide en el punto cero, atribuido posiblemente a que dichos tratamientos tienen muy poca diferencia en sus porcentajes de inclusión de maíz y chontaduro y no son extremos como el caso de T1 y T4, donde la diferencia fue significativa. Haciendo una relación de la muestra patrón T5 con las demás, esta fue la que obtuvo el menor resultado en la prueba de hidratación y en el gráfico de intervalos su media estuvo más alejado del resto de tratamientos.

A diferencia de las otras harinas (Chontaduro y maíz), la harina de trigo está constituida principalmente por proteínas formadoras de gluten y un bajo contenido de fibra lo que le puede conferir un bajo poder de absorción. Este tratamiento no estaba constituido únicamente por trigo si no también harina de quinua la cual es rica en proteínas, y posiblemente debido a eso, se obtuvieron resultados superiores a los encontrados por Hoyos y Giselle, (2015) en harina de trigo. Sin embargo, cabe resaltar que la quinua incrementa el tiempo necesario para una completa hidratación del material, y que el almidón del pseudocereal, tiene un bajo poder de hinchamiento y baja solubilidad, debido a las fuertes fuerzas de unión o los entrecruzamientos dentro de los gránulos de almidón (Ruales, Nair, 1994; Ahamed et al. 1996).

La morfología, el procesamiento y la composición de las harinas afectan sus propiedades funcionales, por consiguiente, aunque los niveles de lípidos presentes en la harina de trigo son bajos, afectan el poder de hinchamiento y la absorción de agua de este almidón (Singh et al. 2003).

**3.1.3 Curvas de empastamiento.** Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos y otras aplicaciones industriales incluyen las fisicoquímicas: gelatinización y retrogradación; y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles (Wang y White, 1994).

Cuadro 11. Propiedades de gelatinización en harinas compuestas

Tratamientos	T gelatinización (°C)	Viscosidad max (Pa.s)	Breakdown (Pa.s)	Setback (Pa.s)
T1	62,333±0,5773 <sup>a</sup>	0,04506±0,0035 <sup>c</sup>	-	0,015±0,0017 <sup>b</sup>
T2	62,466±0,7571 <sup>a</sup>	0,05822±0,0039 <sup>c</sup>	-	0,026±0,0041 <sup>b</sup>
T3	62,366±0,3511 <sup>a</sup>	0,11690±0,0098 <sup>b</sup>	-	0,039±0,0070 <sup>b</sup>
T4	62,100±0,7211 <sup>a</sup>	0,11133±0,0119 <sup>b</sup>	-	0,076±0,0095 <sup>b</sup>
T5	61,300±0,7810 <sup>a</sup>	0,56670±0,0095 <sup>a</sup>	0,194±0,0296 <sup>a</sup>	0,520±0,0914 <sup>a</sup>

Las diferentes letras de a-e indican diferencia significativa entre las medias de (T gelatinización, Viscosidad max., Breakdown y Setback) para las mezclas de harinas compuestas con un (P<0,05).

Durante el proceso de gelatinización, el orden molecular dentro de los gránulos es destruido gradual e irreversiblemente, por esto la temperatura de gelatinización es característica para cada tipo de almidón y depende fundamentalmente de la transición vítrea de la fracción amorfa del almidón (Eerlingen y Delcour, 1995). Como se puede apreciar en el cuadro 11, todos los tratamientos incluyendo el control no presentaron una diferencia significativa según el análisis Anova (P>0,05) respecto a la temperatura de gelatinización, las medias de los tratamientos estuvieron dentro de un rango similar (ver anexo G). Aunque se esperaba un comportamiento diferente, por la inclusión de harinas como maíz y chontaduro, ya que al ser precocidas, el almidón pregelatinizado debió tener algún tipo de influencia frente a esta característica; sin embargo, esto se puede atribuir a las diferencias entre las composiciones de las harinas.

En el anexo I se puede observar los gráficos de las comparaciones Tukey, las medias de todos los tratamientos incluidos los controles se encuentran dentro del rango de cero clasificándolos como semejantes estadísticamente. Según lo reportado por Ortega et al., (2011) la temperatura de gelatinización para la harina de maíz fue la más baja en comparación a la harina de arroz y quinua, dicho comportamiento fue el esperado para los gránulos más pequeños de almidón. En el caso de las harinas que emplearon observaron a través de la micrografía SEM que los gránulos eran grandes y una explicación a ese comportamiento, fue que los almidones pregelatinizados son una forma de almidón modificado que se caracteriza por captar agua rápidamente a temperatura ambiente y formar pasta uniforme. En el caso de la viscosidad máxima se presentó una diferencia significativa entre los tratamientos evidenciándose una agrupación estadística entre los tratamientos T1 con T2 y T3 con T4, el tratamiento control fue significativamente diferente con el resto de tratamientos además de presentar el valor más alto en este atributo. En el

anexo J se puede apreciar gráficamente la comparación y agrupación estadística. Barbosa, (2013) encontró diferencias en la viscosidad final y viscosidad máxima en relación a harinas de chontaduro con cocción y sin cocción, atribuyendo este resultado al tratamiento término de pregelatinización del almidón.

La inestabilidad del gel (breakdown), la cual es un indicativo de que tan estable y resistente al cizallamiento son los geles en procesos agroindustriales y representa la fragmentación de los gránulos, entre más bajos sea el valor mucho más estable son los geles a la fragmentación mecánica, (Quintero, 2012). Se puede observar en el cuadro 12 y en el viscoamilograma (ver anexo K), que los tratamientos T3 y T4 no registraron breakdown y que además si hubo influencia frente al tratamiento control con la inclusión de harinas compuestas ( $P < 0.05$ ). En la gráfica de diferencias de medias Tukey (ver anexo J), los tratamientos T1 y T2 expresaron una semejanza estadística, en comparación con el tratamiento control estos dos tratamientos fueron estadísticamente diferentes.

Los tratamientos T3 y T4 una vez que alcanzaron la viscosidad máxima fueron los que presentaron mayor estabilidad del gel, característica importante en la elaboración de productos instantáneos como sopas o cremas. Llevando a pensar que este tipo de mezclas no solo pueden tener un uso en panificación sino también en otra clase de productos donde la agroindustria jugaría un papel importante para desarrollarlos de tal manera que todos los nutrientes que estas harinas compuestas pueden brindar, sean aprovechados en un tipo de dieta diferente a las que comúnmente se encuentran en el mercado.

La reorganización o setback, se presenta con el incremento de la viscosidad durante la fase de enfriamiento, eso sucede porque se reestablecen los enlaces de hidrogeno entre las moléculas de amilosa y amilopectina, lo que da lugar a la consistencia tipo gel, por la pérdida de calor en el sistema y al proceso de retrogradación que se genera (Hoyos et al. 2012). Para el caso del presente estudio, el mayor valor alcanzado en reorganización fue el del tratamiento T5 siendo el único tratamiento con una diferencia significativa frente a los demás tratamientos como se aprecia en el gráfico de diferencia de medias Tukey (ver anexo L), esto se puede atribuir a que este tratamiento está conformado por harinas no precocidas lo cual se asemeja a lo reportado por Barbosa, (2013), quien encontró, que valores de retrogradación fueron mucho menores en lotes de harina pos tratamiento térmico, lo cual se debía al efecto de los lípidos que fueron mayores para esos lotes, que al interactuar con los gránulos de almidón no permiten la formación de enlaces de hidrogeno, diferente a lo que ocurre con la harina sin tratamiento térmico. Los almidones de harina sin cocinar le presentaron altos saltos de viscosidad, lo que reveló la fragilidad de los gránulos de esos almidones cuando se cocinan en agua.

La pasta de almidón obtenida después de la gelatinización no es estable, ya que durante el almacenamiento se presentan transformaciones estructurales que, en conjunto, reciben el nombre de retrogradación. En general cabe resaltar que a pesar de que la retrogradación de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 fue menor en comparación al control, se puede observar con la ayuda del viscoamilograma (ver anexo G), como estas harinas

al reducirse su temperatura comienzan a aumentar la viscosidad, por la reorganización de los polímeros de almidón solubles y los fragmentos granulares insolubles, lo cual es ideal en productos como compotas, donde la estabilidad y viscosidad final son unas de las características más importantes en la aceptación sensorial.

### 3.2 COLOR

La importancia del color como una característica de valoración física y de calidad en los alimentos hace necesario disponer de métodos objetivos de mediciones que permitan la obtención de valores comparables y reproducibles. El color es afectado por muchos factores, tales como la iluminación, el observador, el espectro, la presencia de pigmentos o las propias características de superficie, tamaño, textura y brillo de la muestra analizada (Rettig, 2014). En el trabajo actual se evaluó el color por medio de la escala CIE L\*a\*b\*. Una vez obtenidas las mezclas se procedió a realizar las mediciones de color en cada una con los resultados que aparecen el siguiente cuadro:

Cuadro 12. Análisis colorimétrico de los tratamientos de harinas compuestas

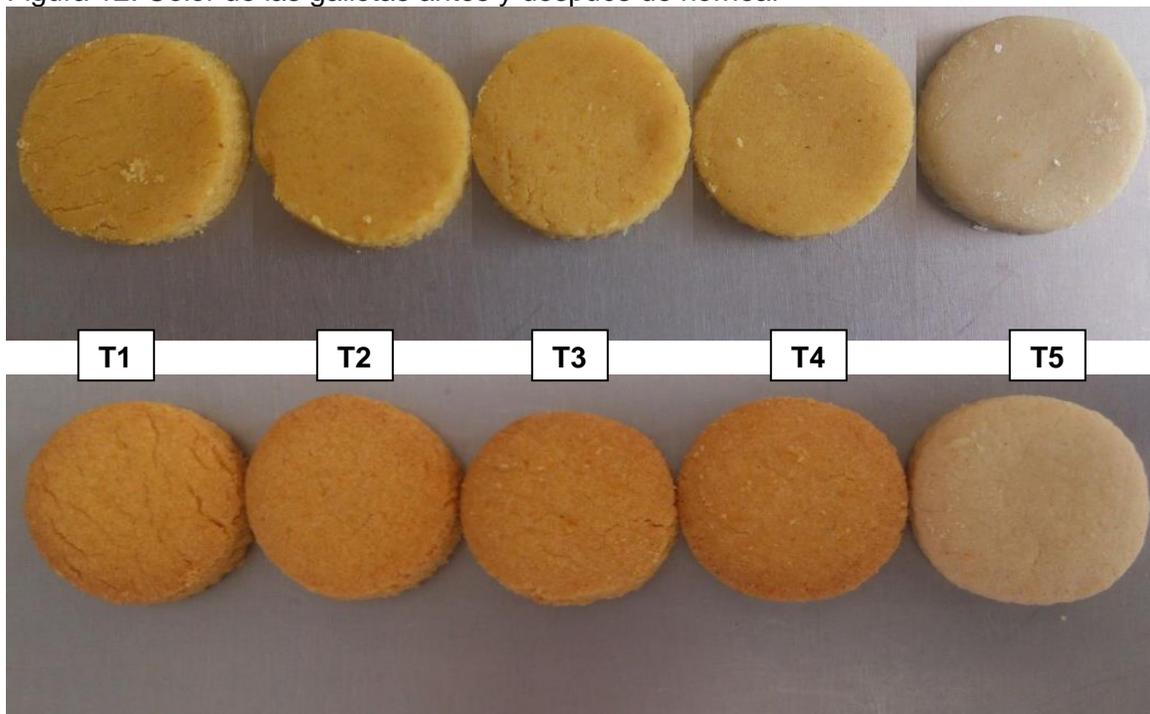
Tratamientos	L*	a*	b*
T1	72,30±0,21 <sup>d</sup>	13,71±0,17 <sup>a</sup>	46,23±0,4 <sup>a</sup>
T2	73,10±0,31 <sup>cd</sup>	12,97±0,02 <sup>b</sup>	44,19±0,05 <sup>b</sup>
T3	73,57±0,24 <sup>c</sup>	11,85±0,15 <sup>c</sup>	41,74±0,32 <sup>c</sup>
T4	75,62±0,13 <sup>a</sup>	10,33±0,00 <sup>d</sup>	37,03±0,02 <sup>d</sup>
T5	86,70±0,06 <sup>b</sup>	3,85±0,01 <sup>e</sup>	6,78±0,04 <sup>e</sup>

Las diferentes letras de a-e indican diferencia significativa entre las medias de (L\*, a\*, b\*) para las mezclas de harinas compuestas con un (P<0,05).

Los valores de colorimetría fueron diferentes para todas las muestras, 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, el color más oscuro y amarillo aumentan a medida que lo hace el contenido de harina de chontaduro. Este efecto también se evidenció en el estudio de Hoyos (2015), observándose 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).

Las variaciones y el color característico de las galletas están 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 galleta. Estos cambios de color también están asociados también al contenido de carotenoides de la harina de chontaduro (Rojas, 2011).

Figura 12. Color de las galletas antes y después de hornear



Cuadro 13. Análisis colorimétrico de las galletas horneadas

Tratamiento	L*	a*	b*
T1	63,94±0,20 <sup>c</sup>	16,02±0,08 <sup>a</sup>	47,98±0,22 <sup>a</sup>
T2	63,86±0,25 <sup>c</sup>	15,47±0,18 <sup>b</sup>	46,58±0,25 <sup>b</sup>
T3	65,00±0,02 <sup>b</sup>	14,6±0,00 <sup>c</sup>	45,00±0,01 <sup>c</sup>
T4	65,79±0,31 <sup>b</sup>	13,59±0,05 <sup>d</sup>	42,80±0,20 <sup>d</sup>
T5	74,11±0,08 <sup>a</sup>	7,10±0,04 <sup>e</sup>	23,99±0,08 <sup>e</sup>

Las diferentes letras de a-e indican diferencia significativa entre las medias de (L\*, a\*, b\*) para las mezclas de harinas compuestas con un (P<0,05).

De acuerdo con los cuadros 12 y 13 puede observarse que todos los tratamientos presentan diferencia en las variables L\*, a\* y b\* para cada caso individual. Sin embargo, se realizó un análisis por medio del "t test" y ANOVA para lograr identificar claramente si esos cambios fueron significativos o no.

El índice de luminosidad (L\*), tanto en las masas como en las galletas presento un cambio de manera ascendente acercándose a 100 a medida que la inclusión de harina de maíz aumentaba, esto se relaciona con las características de esta harina, la cual es de una tonalidad más clara en comparación a la harina de chontaduro, en las harinas el único parámetro en el que se presentó una diferencia de medias no significativa fue en luminosidad, donde compartieron letras el T1 con T2 y T3 con T2, en el anexo M se puede apreciar gráficamente la diferencia de medias Tukey. Los resultados de luminosidad fueron superiores a los reportados por Guerrero y Palechor, (2017) quienes evaluaron

entre otros aspectos, la influencia de la granulometría en harina de chontaduro sobre atributos como el color.

En la prueba para galletas, de nuevo la luminosidad fue el único parámetro donde algunos de los tratamientos no presentaron diferencia significativa, T1 con T2 y T3 con T4 fueron los tratamientos que compartieron letra según el análisis Anova, agrupándose dentro de dos grupos estadísticos (ver anexo N), esto se atribuye a las composiciones de estos pares de tratamientos. En el caso de las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  se puede observar como en las harinas compuestas y las galletas este valor disminuye a medida que la inclusión de chontaduro se reduce, además todos los tratamientos tanto en las harinas como en las galletas no fueron estadísticamente iguales, la comparación de diferencia de medias por el método Tukey lo corrobora (ver anexos Ñ, O, P y Q).

Según el diagrama de cromaticidad cuando el valor de  $a^*$  aumenta, la muestra tiende a una tonalidad cada vez más rojiza, y  $b^*$  a un tono amarillo, relacionándose lo anteriormente nombrado con el color característico del tipo de chontaduro utilizado para este estudio (rojo Cauca). En el caso de la muestra patrón (T5) esta obtuvo los mayores valores en luminosidad ( $L^*$ ) y los menores en  $a^*$  y  $b^*$ , asociándose con las tonalidades claras de la harina de trigo y quinua.

Cuadro 14. Cambio de color total de harinas a galletas

Tratamientos	$\Delta E$	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$
T1	8,85	8,37	-2,32	-1,74
T2	9,86	9,24	-2,50	-2,38
T3	9,69	8,57	-2,76	-3,58
T4	11,86	9,83	-3,27	-5,78
T5	21,57	12,59	-3,25	-17,21

En la elaboración de galletas, se presentaron cambios en las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ; en el cuadro 14 se aprecia como la luminosidad disminuyó en todos los tratamientos; que, a su vez, se ve reflejado en un oscurecimiento en el producto final. En cuanto  $a^*$  y  $b^*$  aumentaron, evidenciando un cambio hacia el lado derecho del plano cromático, con tonalidades rojas y amarillas más marcadas, estos resultados se asemejan a los reportados por Da Silva et al., (2013) Existe una relación indirecta entre la pérdida de peso y la luminosidad, además que resulta lógico suponer que también existe relación entre el nivel de proteína de la harina y  $L^*$  de la galleta ya que estas reacciones se dan entre un azúcar reductor (cetosa o aldosa) y un grupo amino libre proveniente de un aminoácido o una proteína (Picon 2013).

En general los productos elaborados a partir de harinas compuestas presentan tonalidades más oscuras en comparación a los productos control elaborado con harinas de trigo, que es utilizada tradicionalmente en muchos productos de panadería y es el parámetro de referencia para realizar comparaciones y conclusiones. En el caso de las galletas elaboradas para este estudio, el color juega un papel importante puesto que este es un factor influyente en la aceptación global del producto final.

### 3.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE TEXTURA EN GALLETAS

En el cuadro 15 se muestran los valores promedios (dureza, firmeza, rigidez y deformación máxima de ruptura) de las pruebas de compresión uniaxial y penetración, realizadas a las galletas elaboradas con harina compuesta.

Cuadro 15. Resultados de prueba de compresión uniaxial y penetración de las galletas

Tto.	Dureza	Firmeza	Rigidez	Deformación mx ruptura
T1	104,75±3,91 <sup>b</sup>	2,09±0,11 <sup>b</sup>	0,94±0,08 <sup>b</sup>	0,11±0.01 <sup>b</sup>
T2	57,7±1,05 <sup>d</sup>	4,09±0,33 <sup>b</sup>	1,58±0,19 <sup>b</sup>	0,19±0.02 <sup>b</sup>
T3	87,47±1,47 <sup>c</sup>	3,53±0,42 <sup>b</sup>	1,33±0,08 <sup>b</sup>	0,16±0.01 <sup>b</sup>
T4	82,95±3,98 <sup>c</sup>	3,89±0,60 <sup>b</sup>	1,19±0,15 <sup>b</sup>	0,14±0.01 <sup>b</sup>
T5	326,23±12,21 <sup>a</sup>	35,90±2,48 <sup>a</sup>	9,781±0,96 <sup>a</sup>	1,22±0.12 <sup>a</sup>

Las diferentes letras de a-e indican diferencia significativa entre las medias de (Dureza, Firmeza, rigidez y deformación mx. de ruptura) para las mezclas de harinas compuestas con un (P<0,05).

En el cuadro 15 se puede observar como el tratamiento T2 no presenta una relación coherente con los demás tratamientos y su agrupación estadística en el atributo de dureza. Relacionándose con bolsas de aire que se forman comúnmente en productos de este tipo. Con la gráfica de diferencias de medias (ver anexo R), se puede visualizar como dicho tratamiento se encuentra más alejado que los tratamientos T1, T2 y T3 del punto cero, el cual denota la diferencia significativa que puede existir entre un par de tratamientos. Según Torres et al., (2015) reportaron variabilidad en los datos de deformación de ruptura, y lo atribuyeron a la irregularidad en la superficie de la muestra, como al contenido de aire dentro de la estructura, lo cual posiblemente opuso una resistencia parcial a las fuerzas ejercidas sobre las respectivas galletas. Resultados similares fueron los de Castro et al., (2003), quienes encontraron que las bolsas de aire presentes en la estructura interna del producto, fueron el principal error y la variabilidad de los datos en los parámetros texturales de galletas fermentadas y horneadas.

**3.3.1 Prueba de compresión.** Esta prueba requiere muestras de formas geométricas normalizadas y consiste en aplastar una muestra lentamente y medir la fuerza en función de la velocidad de deformación.

La textura permite establecer algunos descriptores sensoriales para definir la preferencia por una galleta, tales como desmoronable, masticoso, pastoso, crujiente, harinoso, quebradizo, grumoso, cohesivo, seco, blando, suave o duro (Maldona y Pacheco, 2000).

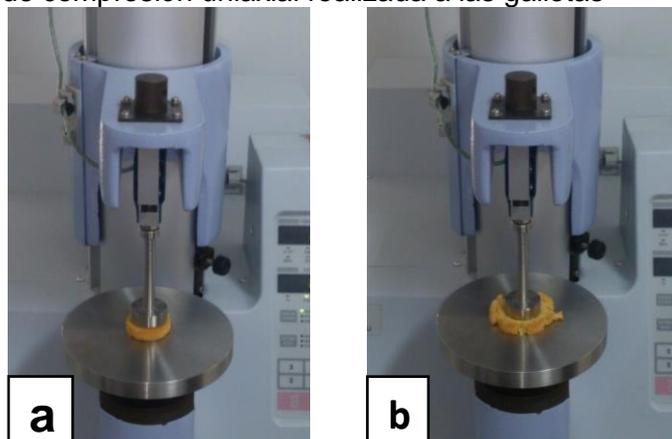
En el análisis de las propiedades texturales de galletas hay factores que pueden verse involucrados en errores a la hora de realizar las mediciones, Hoyos y Giselle (2015), relacionándolo con la diferencia de humedad que presentaron las galletas a la hora de realizar las pruebas, percibiendo una textura blanda en estas por un inadecuado almacenamiento. Otro de los factores que pueden tener gran incidencia es el espesor. El

valor registrado va a tener una gran dependencia con el grosor de la galleta, ya que galletas más gruesas son capaces de ejercer una resistencia mayor debido a la compresión de diversas capas de la galleta que se traduce en un mayor “reparto” del esfuerzo (Picon, 2013). En el caso del presente estudio las condiciones de almacenamiento se llevaron a cabo con las precauciones necesarias en cuanto a empaque y sitio de reposo del producto, para evitar alteraciones en las pruebas las cuales se realizaron el día siguiente a su elaboración. El grosor de las galletas a pesar intentar mantener uniforme en todos los tratamientos, fue imposible lograr una similitud del cien por ciento en todos ellos, debido a las características quebradizas de las masas que no permitieron el adecuado procesamiento en una laminadora para galletas, y que por consiguiente llevo a cabo de una forma manual. Estas imprecisiones se ven reflejadas en las altas desviaciones que presentaron los tratamientos respecto a sus promedios, a su vez se relaciona con los datos obtenidos en el tratamiento T2.

La dureza que es la característica más importante de textura, se mide como la fuerza máxima para chasquear la galleta (Chung et al. 2014). Fue mediante la prueba de compresión uniaxial que se recogieron los datos mostrados en el cuadro 15, donde se observa que a una menor incorporación de harina de chontaduro la dureza disminuye, y aunque el T2 haya presentado una diferencia alta en relación a los demás tratamientos excluyendo al control (T1, T2 y T3), los datos del T3 reflejan que a pesar de que no existe una diferencia estadística significativa entre T3 y T4, este obtuvo un mayor promedio siendo constituido, por un porcentaje mayor de chontaduro.

Según Picon, (2013); de modo general, harinas con un tamaño de partícula mayor producen masas menos resistentes que se expanden más en el horneado, lo que da lugar a su vez a galletas más extensas, bajas, oscuras y una menor humedad final. Contrario a lo descrito por este autor en el presente trabajo se encontró que las galletas con mayor proporción de harina de chontaduro, obtuvieron el mayor valor en dureza, siendo de un diámetro promedio superior; sin embargo, si presentaron un color más oscuro en la prueba de colorimetría obteniendo la menor puntuación en luminosidad.

Figura 13. Prueba de compresión uniaxial realizada a las galletas

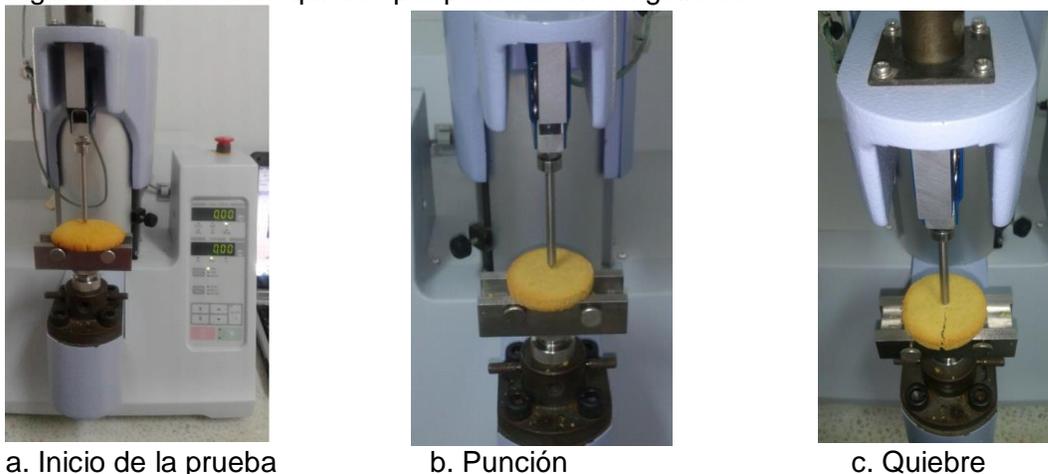


\*a. Inicio de la prueba

b. Fin de la prueba.

**3.3.2 Prueba punto 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 14. Prueba de quiebre por penetración en galletas



Con los datos de firmeza se puede observar como los distintos porcentajes de inclusión de harinas de chontaduro y maíz no presentaron una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ( $P > 0,05$ ), a excepción del tratamiento control, el cual mostro el mayor valor para este atributo, con una diferencia significativa frente a todos los constituidos por harinas compuestas, el grafico de intervalos firmeza vs tratamientos (ver anexo S), refleja como efectivamente el tratamiento control es el más alejado de los puntos de los demás tratamientos. En el caso de la rigidez y deformación máxima de ruptura nuevamente no se reflejó diferencia alguna atribuida a las diferentes composiciones de los tratamientos; sin embargo, en comparación al control todos son significativamente diferentes a este, gráficamente el T5 es el único desagrupado en la comparación estadística de medias (ver anexos T y U), exhibiendo la influencia del contenido de gluten, fibra y almidón en los parámetros de textura en galletas.

Bastardo et al., (2015), Indicaron que, al llevarse a cabo la retrogradación y la gelatinización del almidón de la harina de maíz, aumento la rigidez, la firmeza y la consistencia de las galletas. Según lo reportado por estos autores el almidón es un factor de alta influencia en las características de textura. La harina de maíz al ser pobre en proteínas y rica en almidón debió presentar en las galletas con mayor porcentaje de inclusión, valores de firmeza más altos en relación a las demás; sin embargo, este no fue el caso, y por ello se podría atribuir errores a la prueba, aunque es de resaltar la baja variabilidad que se presentó en los datos de penetración, diferente fue lo encontrado en la prueba de compresión, donde la alta dispersión de los datos conlleva a suponer que la estructura tanto interna como externa fue la causante de esas altas fluctuaciones en la variable de respuesta. Castro et al., (2003), reportaron coeficientes de variabilidad cercanos al 18%, para el parámetro de fuerza máxima de flexión y superiores al 27% para parámetros de rigidez.

### 3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL APLICANDO PRUEBA HEDÓNICA

Cuadro 16. Resultados de la evaluación sensorial de las galletas

Trat.	Aroma	Color	Sabor	Gusto residual	Textura	Aceptación global
T1	3,54±0,97 <sup>b</sup>	3,78±0,84 <sup>cb</sup>	2,86±0,96 <sup>b</sup>	2,74±0,96 <sup>b</sup>	3,32±0,93 <sup>a</sup>	2,92±1,04 <sup>b</sup>
T2	4,06±0,79 <sup>a</sup>	4,04±0,75 <sup>ab</sup>	2,9±0,97 <sup>b</sup>	2,86±0,96 <sup>b</sup>	3,32±0,91 <sup>a</sup>	2,86±0,88 <sup>b</sup>
T3	4,14±0,75 <sup>a</sup>	4,14±0,72 <sup>ab</sup>	3,72±0,92 <sup>a</sup>	3,54±0,81 <sup>a</sup>	3,72±0,88 <sup>a</sup>	3,56±0,97 <sup>a</sup>
T4	4,14±0,83 <sup>a</sup>	4,36±0,66 <sup>a</sup>	3,4±0,98 <sup>ab</sup>	3,14±1,06 <sup>ab</sup>	3,66±1,00 <sup>a</sup>	3,58±0,99 <sup>a</sup>
T5	3,30±1,07 <sup>b</sup>	3,54±1,09 <sup>c</sup>	2,98±1,09 <sup>b</sup>	2,82±1,04 <sup>b</sup>	3,5±0,95 <sup>a</sup>	3,06±1,03 <sup>ab</sup>

Las diferentes letras de a-e indican diferencia significativa entre las medias de (aroma, color, sabor, gusto residual, textura y aceptación global) para las mezclas de harinas compuestas con un (P<0,05).

En el cuadro 16 se presentan los promedios obtenidos de la evaluación sensorial (ver anexo V), llevada a cabo por medio de una encuesta hedónica. Los datos obtenidos en esta prueba no presentaron una distribución normal, por lo cual fue necesario una transformación de los datos con ayuda del programa minitab 18 por medio de la opción transformación de datos Box-Cox (Ver anexo W). Mediante el análisis realizado a las preferencias que tuvieron los panelistas, frente a los diferentes tratamientos, evaluando los atributos sensoriales (Aroma, color, sabor, gusto residual, textura y aceptación global); se pudo establecer que en general el T3 y T4 presentaron las puntuaciones más altas, y aunque dichas puntuaciones no hayan presentado diferencias significativas frente a otros tratamientos con menores promedios, hay que resaltar que estos dos tipos de galletas en todos los atributos sus promedios estuvieron por encima de 3 como se puede apreciar en el cuadro 16, además de no presentar diferencia significativa entre sí. Los mencionados anteriormente están compuesto en mayor proporción por harina de maíz frente a las otras harinas compuestas, estos resultados se pueden relacionar con los reportados por Torres et al., (2015) quienes apreciaron una buena aceptación sensorial sobrepasando el umbral de mínimo 3.0 en una escala de 1 a 5, en galletas elaboradas a base de harina de maíz.

En la calificación del tratamiento T5 o control, en algunos atributos no reflejó diferencia significativa. Para el caso del aroma no se presentó una diferencia significativa, las medias de todos los tratamientos estuvieron dentro de un rango similar según la comparación por el método de Tukey (ver anexo X), en el atributo de sabor y gusto residual todos los tratamientos a excepción del T3, no presentaron diferencia significativa, en los anexos Y y Z se evidencia gráficamente la agrupación estadística. En cuanto a textura, la sustitución total de harina de trigo por harinas compuestas no tubo influencia sobre este atributo, ya que según el análisis ANOVA (Test Tukey), con un (P>0,05) no se presentó una diferencia significativa entre todos los tratamientos y el control (ver anexo Y).

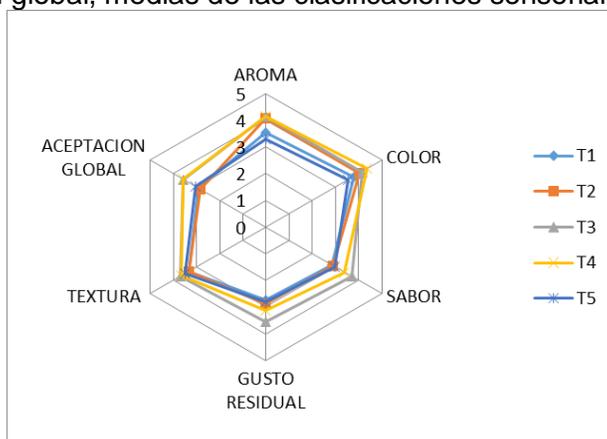
En general los panelistas aseguraban que el color del T5 era muy opaco lo que hacía a la galleta poco atractiva, en la prueba de colorimetría, la luminosidad con un (P<0,05), si presentó una diferencia significativa entre tratamientos, tanto en las harinas como en las galletas. Los valores de luminosidad obtenidos en la prueba de color para el T5 indicaron que este obtuvo el valor más alto, y aunque se presentó una reducción después del horneado los demás tratamientos mantenían un color más oscuro y atractivo típico en

galletas comerciales, esto se puede atribuir a falta de una mayor temperatura y tiempo en esta etapa del proceso, ya que los demás tratamientos así lo requerían por la naturaleza de sus materias primas, principalmente por el contenido de proteínas y su relación con reacciones de Maillard. Sin embargo, el T5 es una referencia de comparación y por ende debió ser sometido a iguales condiciones de procesamiento que el resto de tratamientos. Al ser el color un atributo fundamental a la hora de impactar al panelista a primera vista debe mencionarse que los tratamientos con mejor aceptación en el atributo de color fueron T2, T3 y T4, por otra parte, el tratamiento T1 y el control no exteriorizaron una diferencia significativa (ver anexo AA).

En el atributo de textura, según el test Dunnet donde se hace una comparación de los tratamientos frente al control, estos no presentaron una diferencia significativa con un ( $P > 0,05$ ), aunque en la prueba instrumental como se puede observar en el cuadro 16, si existió dicha diferencia, en todos los parámetros de textura siendo el T5 el que presentara los valores más altos en dureza, firmeza, rigidez y deformación máxima de ruptura. Resultados similares a los encontrados en este trabajo, fueron reportados por Bello et al. (2000), durante la evaluación de dos tipos de galletas elaboradas con almidón de plátano, donde no detectaron diferencias en las evaluaciones de cada uno de los jueces para la dureza de las galletas con un ( $P = 0,318$ ), contrario a la prueba instrumental de textura donde si hallaron una diferencia significativa entre las galletas con un ( $P < 0,05$ ). Este tipo de situaciones donde las valoraciones por panelistas y los datos obtenidos por medio de pruebas instrumentales, no se asemejan; puede ser, debido a que la percepción de los atributos puede estar limitada por los gustos de los panelistas y su capacidad de evaluar el producto, pues al no ser panelistas totalmente entrenados la familiarización con el producto no es del todo adecuado para la evaluación sensorial (Hoyos y Giselle, 2015).

Para el atributo de aroma los tratamientos T2, T3 y T4 no presentaron diferencia significativa entre ellos, reflejando que a mayor inclusión de maíz el aroma es más atractivo para los panelistas, el T1 quedó fuera de este grupo según el análisis ANOVA, relacionado posiblemente con el aroma de los frutos de chontaduro el cual no es común en productos de este tipo, y fue más percibido en este tratamiento por su alta de inclusión.

Figura 15. Valoración global, medias de las clasificaciones sensoriales



Recogiendo los análisis individuales de atributos, se puede observar como a nivel general las galletas con mayor proporción de harina de maíz, fueron como se mencionó anteriormente más atractivas frente a las demás. La prueba de granulometría evidenció que la harina de maíz presentó un menor tamaño de partícula en comparación con la harina de chontaduro. Según lo reportado por Picón (2013), la granulometría de la harina empleada en la elaboración de galletas, resulta un factor clave para alcanzar las propiedades físicas deseadas en el producto final. A demás que, de modo general, harinas con un tamaño de partícula mayor producen masas menos resistentes que se expanden más en el horneado, lo que da lugar a su vez a galletas más extensas, bajas, oscuras y una menor humedad final.

En la aceptación global, se puede apreciar como las diferentes inclusiones no tuvieron una influencia significativa frente al tratamiento control, pero sí frente a los demás tratamientos. En el anexo BB se aprecia gráficamente la diferencia de medias y sus agrupaciones estadísticas. Se puede observar que los tratamientos T3 y T4 obtuvieron una aceptabilidad mayor ya que sus promedios frente a la escala de valoración estuvieron por encima de 3. Este último parámetro de evaluación analizado recoge una valoración global. Los resultados revelan una aceptación sensorial por parte de los panelistas en la elaboración de galletas libres de gluten frente a un tratamiento control elaborado con harina de trigo, contrario a lo reportado por Picón (2013), quien concluyó en su estudio que ninguna de las galletas que elaboró empleando maíz, arroz y teff (cereal parecido al mijo), lograra presentar semejanza con la galleta control de trigo, lo que le daba una idea de la dificultad de desarrollar productos libres de gluten capaces de sustituir los productos tradicionales. En la presente investigación sí fue posible obtener un producto moldeable con características físicas y sensoriales atractivas. Con los datos obtenidos de la encuesta sensorial (ver anexo CC), la elaboración de galletas libres de gluten con incorporación de harinas compuestas, exhibió unos resultados positivos logrando valoraciones por encima de 3 en general.

### 3.5 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

La humedad constituye uno de los controles más severos en la producción industrial de galletas (previo empaque) y en el seguimiento de la estabilidad en almacén debido a las implicaciones relacionadas con el tiempo de vida útil, estabilidad química y microbiológica (Maldonado y Pacheco, 2000).

Cuadro 17. Composición química la mezcla T3 respecto al T5 o control

Análisis	T3	T5	Método
Humedad y material volátil g/100g	12,36	12,73	Perdida por secada a 130°C
Proteína total (%N x 6,25g/ 100g)	6,79	12,57	Basado en ISO 1871
Grasa g/100g	6,42	2,59	Basado en AOAC 922.06
Cenizas g/100g	1,06	0,94	Basado en AOAC 923,03
Carbohidratos totales g/100g	73,37	71,17	Calculado
Calorías totales Kcal/100g	378,42	358,27	Calculado

Fuente: Ángel Bioindustrial “Laboratorio de análisis industrial y de alimentos”.

La influencia de la humedad en las propiedades de la masa y galletas obtenidas debería ser nula ya que el valor de humedad de las masas se corrige añadiendo una cantidad de agua que depende de la humedad de la harina empleada, sin embargo algunos autores respaldan la teoría de que el agua presente en la harina como humedad no juega el mismo papel que el agua añadido durante la elaboración de la masa, con lo que dos masas con el mismo porcentaje de agua pero distinto origen podrían no tener las mismas propiedades (Picón, 2013).

En el cuadro 17 se presentan los resultados del análisis bromatológico realizado al tratamiento T3, el cual fue uno de los tratamientos con mayor preferencia en la prueba sensorial, dicho tratamiento fue comparado con el tratamiento control (ver anexo DD y EE). El contenido de humedad de las dos mezclas de harinas no presente una mayor diferencia, y se encuentra por debajo de lo reportado por Cori y Pacheco, (2004) quienes evaluaron el efecto de la suplementación de galletas dulces tipo oblea con harina desgrasada de girasol. Por su parte Guerrero y Palechor, (2017) determinaron el contenido de humedad en harina de chontaduro el cual fue de 11,35%, siendo inferior en comparación a la reportada en el presente estudio.

En el contenido de proteína se presentó una alta diferencia entre los dos tratamientos, el tratamiento T5 fue el que tuvo el mayor porcentaje de proteína, este valor se atribuye a las proteínas formadoras de gluten las cuales representan entre el 80 y el 85 % de las proteínas totales del trigo, el resultado obtenido del T5 se asemeja al reportado por León y Rosell, (2007). El tratamiento T3 (10% harina de quinua 40% Harina de chontaduro 50% harina de maíz) obtuvo un menor porcentaje de proteína; sin embargo, las proteínas de esta mezcla se caracterizan por ser de alta calidad por su contenido de aminoácidos esenciales y corresponde a las proporciones tomadas para la prueba. Los resultados del tratamiento T5 fueron similares a los reportados por Rebolledo et al., (1999), donde galletas enriquecidas con germen de maíz presentaron un 12,7% de proteína. Para el caso del T3, el contenido de proteína se asemeja al encontrado por Guerrero y Palechor, (2017) quienes reportaron un 6,13%, a si mismo Picon, (2013) reporto un 6,99% de proteína para harina de maíz precocido.

El tratamiento T3 frente al T5 presento un mayor contenido de grasa; sin embargo, estos resultados están por debajo de los reportados por Torres, (2015), Chim et al., (2003), Jacob y Leelavathi, (2007) quienes formularon galletas con bajo contenido de grasa; señalando que en cuanto al contenido de grasa, esta es una característica que resulta importante no solo desde el punto de vista de conservación del producto, por la menor tendencia a la rancidez oxidativa durante el periodo de almacenamiento, sino también en el procesamiento al considerar que el bajo contenido de grasa favorece la formación de una textura adecuada en las galletas horneadas. Lo descrito anteriormente por dichos autores se puede relacionar con los resultados que se obtuvieron en la prueba de dureza, donde el tratamiento T3 obtuvo un menor valor en relación al T5. Por otra parte, autores como Cori y Pacheco reportaron valores más elevados en grasa (16,90%), Maldonado y Pacheco, (2000), encontraron valores de grasa de 9,42% en galletas con mezcla de harina de trigo y plátano verde. Esto refleja como las mezclas propuestas, puede ser una buena opción en una dieta baja en grasa, porque las grasas instauradas presentes en la

harina de chontaduro y los ácidos grasos saturados, lo permiten compararlo con los aceites de girasol, oliva pues las grasas polinsaturadas son grasas saludables que contribuyen al crecimiento de las células y mejora la vitalidad del cerebro.

Desde el punto de vista nutricional, puede inferirse a las cenizas como un aporte de fuente de minerales (García y Pacheco, 2007). El contenido de cenizas tanto del tratamiento T3 y T5 fue muy similar 1,06 y 0,94 respectivamente. A nivel de procesamiento este contenido favorece los cambios funcionales deseables para la formación y horneado de la galleta, porque los altos contenidos de minerales pueden tardar la gelatinización y retrogradación del almidón (Maldonado y Pacheco, 2000; Pacheco y Testa, 2005). En las cenizas, el contenido de carbohidratos no hay diferencia respecto al testigo. Por tanto, las harinas compuestas presentan son una buena opción en la industria de panificación y de alimentos agradables libres de gluten y bajos en grasa.

#### 4. CONCLUSIONES

La inclusión de harinas compuestas en mezclas para elaboración de galletas no influyó en la temperatura de gelatinización y tampoco en la viscosidad máxima, los datos del Breakdown por el contrario indican una diferencia significativa. Las harinas compuestas frente a la harina de trigo tienen una mayor estabilidad del gel cuando la temperatura se hace constante, este tipo de mezclas podría ser utilizado para la elaboración de productos donde la viscosidad juega un papel fundamental como es el caso de las sopas y otros productos instantáneos. Harinas no precocidas como la de trigo presentan una retrogradación superior, relacionado a la fragilidad de los gránulos de almidón frente a procesos como la pregelatinización. Así mismo las mezclas con inclusión de 60% y 50% de harina de chontaduro fueron las que exhibieron un mayor ISA, se relacionó este resultado al contenido de proteínas no formadoras de gluten.

El color de las galletas con harinas compuestas influyó significativamente frente a las de harina de trigo, en los atributos  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . En el cambio de color total. Al comparar las mezclas iniciales y las galletas después del horneado se observó que el índice de luminosidad se redujo, relacionado con las reacciones de Maillard. Los atributos  $a^*$  y  $b^*$  tomaron valores negativos debido a que después del proceso de horneado, dichos atributos aumentaron, según el cuadro de cromaticidad, los cambios que ocurrieron con estos dos atributos para las harinas compuestas, tienen una tendencia a un color rojo característico del chontaduro.

La gran diferencia que existe entre las galletas elaboradas con harinas sin gluten y la que lo contiene fue más visible en la prueba de textura, porque las galletas que con harina de trigo fueron presentan valores más altos de dureza, firmeza, rigidez y deformación máxima de ruptura. El tamaño de partícula de las mezclas de harinas compuestas fue 600  $\mu\text{m}$  y 425  $\mu\text{m}$ , a diferencia de la mezcla con harina de trigo, la cual tuvo un menor tamaño de partícula con mayor retención de los tamices de 300  $\mu\text{m}$  y 250  $\mu\text{m}$ . Se evidenció un menor tamaño de partícula en los tratamientos a medida que el porcentaje de inclusión de harina de maíz aumentaba la granulometría permitió que los tratamientos se clasificaran como harinas gruesas, según su MF. Pese a contar con harinas gruesa y la dificultad que evidencian autores como Picón (2013) para el desarrollo de productos libres de gluten, capaces de sustituir los productos tradicionales; en el presente estudio se logró obtener un producto con características típicas de una galleta polvorosa. Por tanto, es posible el aprovechamiento de materias primas locales como alternativa alimenticia y valor agregado, ya que chontaduro y quínoa presentan un importante aporte de grasas poliinsaturadas, minerales proteínas de alto valor y fibra.

Mediante el análisis de la prueba hedónica realizada se pudo evidenciar que las galletas elaboradas con una inclusión de harina de chontaduro del 40% y 30 % tuvieron una buena aceptación sensorial, sobrepasando la calificación de la galleta control en atributos tales como aroma y color. Porcentaje más altos de inclusión de harina de chontaduro, según los panelistas generan un aroma poco común en este tipo de productos.

## **5. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar ensayos con harinas de un tamaño de partículas homogéneas con el fin de evaluar la influencia de la granulometría en el producto final.

Se recomienda llevar a cabo estudio de vida útil, determinando cambios físicos y microbiológicos.

Se recomienda realizar en futuros estudios, pruebas hedónicas con panelistas entrenados con el fin de obtener datos estadísticamente más confiables.

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, F. Nutrición y Desarrollo en el Pacífico colombiano. Documentos de trabajo sobre economía regional. Cartagena (Colombia): Banco de la República. Centro de estudios económicos regionales (CEER). (Jul., 2005); p. ISSN 1692-3715.

AHAMED, N.T.; SINGHAL, R.S.; KULKAMI, P.R.; PALB, M. Physicochemical and functional properties of Chenopodium quinoa starch. 1996. Carbohydr. Polym. 31:99-103. 4 p.

ALTENBACH, S., DUPONT, F., KOTHARI, K., CHAN, R., JOHNSON, E., LIEU, D. Temperature, water and Fertilizer influence the timing of key events during grain development in US Spring Wheat. 2003. Journal of Cereal Science, 37, p. 9-20.

AMENDOLA, J., & REES, N. Understanding Baking: The Art and Science of Baking. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc. 2003.

ANZALDÚA, M. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica: en lengua española. Zaragoza (España). Acribia, S. A. 1994, p. 123 - 157.

ARROYAVE, L., M., ESGUERRA, C. Utilización de la harina de quinua (Chenopodium quinoa wild) en el proceso de panificación. Bogotá (Colombia): Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos. [Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero de alimentos]. 2006, p. 33-39.

BADUI, S. Química de los alimentos. 4 ed. Pearson Educación. Naucalpan de Juárez, México. 2006.

BAE, W., LEE, B., HOU, G. G., LEE, S. Physicochemical characterization of wholegrain wheat flour in a frozen dough system for bake off technology. 2014. Journal of Cereal Science, 60(3), 520-525. 5 p.

BARBOSA, M. Obtenção de farinhas de pupunha (bactris gasipaes) para aplicação no desenvolvimento de produtos. Belem. Universidade Federal Do Pará, Instituto de Tecnologia Programa de pós- Graduação em ciência e tecnologia de alimentos. 2013, p. 54- 57.

BASTARDO, L., SILVA, M., V. Product type cookie made with flour mixture pigeon pea (Cajanus cajan L.) and corn starch (Zea mays L.). Saber, 2015, 27, 1. p. 1-9.

BELLO, J. Ciencia Bromatológica; Principios Generales de Los Alimentos, Ediciones Díaz de Santos S. A. [En línea]; Madrid. 2008 < <https://es.slideshare.net/DesireSomale/ciencia-bromatologica-principiosgeneralesdelosalimentosmedilibroscom>> [Citado el 09 de septiembre de 2017]

BEMILLER, James. WHISTLER, Roy. Starch: Chemistry and Technology. Third Edition. USA: Academic Press, 2009.

CABEZA, RODRÍGUEZ, S. Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas. Universidad de Burgos, Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Ciencias.

CALAVERAS, J. Nuevo Trabajo de Panificación y Bollería. 2º edición, AMV ediciones y Mundi-prensa. Madrid, 2004. En: CABEZA, S. Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas. Trabajo de grado en Master Europeo en Seguridad Y Biotecnología alimentaria. Departamento de Biotecnología y ciencia de los alimentos.

CALDERÓN DE LA BARCA, A. M., Rojas, M. E., Islas-Rubio, A. R., Cabrera-Chávez, F. Gluten-Free Breads and Cookies of Raw and Popped Amaranth Flours with Attractive Technological and Nutritional Qualities. Plant Foods for Human Nutrition. 2010, 65, 246.

CARMONA, I. Situación actual y perspectivas del mercado para productos especiales. [Online]. Agrimundo. Inteligencia Competitiva para el sector Agropecuario. 2013, <[http://www.agrimundo.cl/wpcontent/uploads/131120\\_reporte\\_alimentos\\_procesados\\_n8p df](http://www.agrimundo.cl/wpcontent/uploads/131120_reporte_alimentos_procesados_n8p df)> [Citado 21 febrero 2017].

CARVALHO RV, Ascheri JL, Cal Vidal J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. Ciênc. Agrotec. 2002, 26 (5): 1006-1018. 12 p.

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

CASTILLO, Eileen. Caracterización química de la harina de un fruto del amazonas (Bactris gasipaes) crudo y procesado. Sartenejas. Universidad Simón Bolívar. [Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Química]. 2016, p. 2-5

CASTRO E., VERDUGO M., MIRANDA M., RODRÍGUEZ A. Determinación de parámetros texturales de galletas. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. [En línea]; Santiago (Chile). 2003

<[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/c20028221225determinacionparametros1.pdf](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/c20028221225determinacionparametros1.pdf)> [Citado 21 diciembre 2017].

CAUVAIN, S. P., YOUNG, L. S. Fabricación de Pan. Zaragoza (España): Editorial ACRIBIA S.A. 2002.

CERÓN, A., F., BUCHELI, M., A., OSORIO, O. Elaboración de galletas a base de harina de papa de la variedad Parda Pastusa (*Solanum tuberosum* L.). Pasto (Colombia): Corporación Universitaria Lasalle. Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. 2014, p. 4-5

CÓRDOVA, M., A., TERÁN, W., J., Aprovechamiento del mesocarpio del chontaduro (*bactris gasipaes* h.b.k) para elaboración de harina, bebida y yogurt. Guayaquil (Ecuador): Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. [Trabajo de titulación Previa a la obtención del título de Ingeniero Químico]. 2014, 79 p. CORI, M., Pacheco, E. Efecto de la suplementación de galletas dulces tipo oblea con harina desgrasada de girasol sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Revista Facultad de Agronomía (Maracay), 2004. 30: p. 109-122.

CORPOICA. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Plan Nacional de Investigación, Desarrollo y Fomento del Cultivo del Maíz Tecnificado en Colombia (2006-2020). [En línea] Villavicencio (Colombia). (Nov. 2005) <[http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch\\_down\\_load/Corp2005MT.pdf](http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/Corp2005MT.pdf)> [citado 2 de septiembre 2017] [Citado el 13 de noviembre 2017]

CHAPARRO, M., C. Obtención de aceite a partir de los residuos del chontaduro. Santiago de Cali (Colombia): Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. [Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Químico]. 2011, p. 2-3

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Maíz amarillo tecnificado en Colombia. [En línea]. Colombia. 2004.

DE SILVA, S., Anderson, T. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman & hall. Malaysia: 1995, p. 1971-1979.

EERLINGEN, R. C.; DELCOUR, J. A. Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. 1995. Journal of Cereal Science, v. 22, n. 2, p. 129-138.

Elías, L. G. Concepto y Tecnologías para la Elaboración y Uso de Harinas Compuestas.

INCAP. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 2005.

FENNEMA, Owen R. Química de los alimentos. 2da edición. Acribia. Zaragoza. 2000. ISBN: 84- 200-0914-8.

FERREIRA, F., PALMIRO, D., PILER, C. Propiedades reológicas y de adsorción de agua de harina extruida de arroz y bagazo de cebada. En: Revista Ceres, Vol. 61 No. 3 (Jun. 2014); ISSN 0034- 737X.

FLORES, N. "Entrenamiento de un Panel de Evaluación Sensorial, para el Departamento de Nutrición de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile". Santiago (Chile): Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química. (Nov. 2015); 107 p.

FORERO, C., GODOY, S., DÍAZ, D., LUNA., MOTTA, E. Estandarización conservas de chontaduro como alternativa para el fortalecimiento integral de la mini cadena de la palma de chontaduro (*Bactris gasipaes*) en el Departamento del Cauca. En: Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, vol. 3, no.1.

FUNIBER. Fundación Universitaria Iberoamericana. Base Internacional de Composición de Alimentos. [En línea]. <<https://www.composicionnutricional.com/alimentos/MAIZ-BLANCO-CRUDO-4>> [Citado el 21 de junio 2018]

GARCÍA, E., FERNÁNDEZ, I. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. ETSIAMN. Universitat Politècnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos. s.f., 2 p.

GODOY, S., MOTTA, E., L., FORERO, C., L., DIAZ, D., E., LUNA, G., A. Estandarización de harina de chontaduro para fortalecer su cadena productiva en el Departamento del Cauca. En: Revista Biotecnológica en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias. Vol4 No.1 (Febr., 2006); p. ISSN 1909-9959.

GODOY, R., M. Análisis químico, evaluación sensorial y valor proteico de una galleta de harina de trigo (*Triticum aestivum*) y harina de arveja dulce (*Pisum sativum*). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. [Maestría en Alimentación y Nutrición]. (Nov. 2010); 119 p.

GÓMEZ R. Actividad de agua de los alimentos, Métodos de determinación. [En línea]. s.f. <[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/awMetDet\\_1817.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/awMetDet_1817.pdf)> [Citado el 25 enero 2017].

GÓMEZ, J. Plan de negocio para la transformación y comercialización de chontaduro. Pereira (Colombia): Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Administración del Medio Ambiente. 2009, 77 p.

GRACIA, M. Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en extractos naturales. [En línea]. Querétaro (México); Universidad Autónoma de Querétaro. s.f <[http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias2007/56\\_1UAQGarciaNava.pdf](http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias2007/56_1UAQGarciaNava.pdf)> [Citado el 25 enero 2017].

GUERRERO, M., PALECHOR, Y. Evaluación granulométrica y colorimétrica de la harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*) para elaboración de galletas. Popayán (Colombia). Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. 2017, p. 20-22.

HERNÁNDEZ, A. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas en la producción de harina de trigo galletera en una harinera comercial. Cuautitlán Izcalli (México): Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. [Trabajo profesional]. 2007, p. 23-24.

HERNÁNDEZ, J., MORA, J. Y ROCHA, O. Diversidad genética y relaciones de parentesco de las poblaciones silvestres y cultivadas de pejibaye (*Bactris gasipaes*, Palmae), utilizando marcadores microsatelitales. En: Revista de Biología Tropical. Vol. 56, NO. 1 (Mar. 2008); p. ISSN 0034-7744.

HOYOS, D., PALACIOS, A. 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. Cali (Colombia): Universidad del Valle. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería de alimentos. [Tesis Ingeniero de Alimentos]. 2015, p. 1-71.

ICA. Instituto colombiano agropecuario. Reactivación en la producción de chontaduro. [En línea]. Colombia. 2012 <<https://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/2012/Reactivacion-en-la-produccion-de-chontaduro.aspx>> [Citado 3 de septiembre de 2017] 2011, p. 2-3

JACOB, J., LEELAVATHI, K. Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. Journal Food Engineering, 2007. 79, 1: 299-305.

JEANTET, R., CROGUENNEC, T., SCHUCK, P., & BRULÉ, G. Ciencia de los Alimentos. Zaragoza (España): Editorial ACRIBIA S.A. 2010.

JUAREZ, A. Desarrollo de mermeladas, cobertura de chocolate y polvos para hornear para la industria de la panificación. Cuautitlán Izcalli (México). Universidad Nacional

Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. [Trabajo profesional para obtener el título de ingeniería en alimentos]. 2009, 70 p.

JUÁREZ, Z., BÁRCENAS, M., HERNÁNDEZ, L. Temas Selecto de Ingeniería de alimentos 8-1. 2014, p 79-93.

KENT, N. L. Tecnología de los cereales. Zaragoza, España: Acribia 1987.

LAROSA, G., ROSSI, E. A., BARBOSA, J. C., & BARBIERI DE CARVALHO, R. M. Aspectos sensoriais, nutricionais e tecnológicos de biscoito doce contendo farinha de'okara'. Alimentos e Nutrição Araraquara, 17(2), 2006, 151-157.

LEITE, M., CAETANO, S. Propiedades físicas de substitutos do cacau.[En línea]. São Paulo (Brasil): Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica. (May. 2010). <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-20612010000500037](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000500037)> [Citado 08 de octubre de 2017].

LEÓN, A. E., ROSELL, C. M. De tales harinas, tales panes: granos, harinas y Productos de panificación en Iberoamérica. Córdoba: Hugo Báez Editor. 2007, p. 75-96.

LEÓN, L., D. Elaboración de Galletas Nutricionales. Ficha Tecnológica No.6 instituto de Nutrición De Centro América y Panamá. Boletín Red Agroindustria Rural. [En línea]. Guatemala, 2006, <<http://agroindustria.economiafamiliar.gob.ni/wp-content/uploads/2016/07/Guia-Procesado-de-Alimentos.pdf>>. [Citado 10 de septiembre 2017].

LIRIA, M. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. [En línea]. Agro Salud. Lima (Perú); 2007, <<https://es.slideshare.net/evytaguevara/gua-para-la-evaluacin-sensorial-de-alimentos>> [Citado 9 de Diciembre de 2017].

LOOR, A. Desarrollo de un Manual de Operaciones para un Proceso de Galletas Crackers. Guayaquil (Ecuador): Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencia de la Producción. [Tesis de grado Ingeniería Química]. 2008, p. 92-94.

LLERENA, K., P, Utilización de harina de trigo y quinua para la elaboración de galletas, para los niños del parvulario de la E.S.P.O.CH. [Tesis de grado]; Riobamba (Ecuador): Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Salud Publica, Escuela de Gastronomía. 2010, 65 p.

LLERENA, K., P. Utilización de harina de trigo y quinua para la elaboración de galletas, para los niños del parvulario de la E.S.P.O.CH. [Tesis de grado]; Riobamba (Ecuador): Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Salud Pública, Escuela de Gastronomía. 2010, 65 p.

MADR. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [En línea]. Consultado 3 de septiembre 2017.

MAESTRO, A. Reología de espesantes celulósicos para pinturas al agua: modelización y mecanismo de espesamiento asociativo. Barcelona: Universidad de Barcelona, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia. [Tesis doctoral]. (Dic. 2002); 2 p.

MAGNO, N., MEYHUAY, D. Composición química y valor nutricional del grano de quinua y derivados. [En línea]. Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA).2006, <<http://www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch11-02.htm>> [Citado 15 de septiembre de 2017]

MALDONADO, R., PACHECO, E. Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. Maracay (Venezuela): Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. (Dic 2000); p. ISSN 0004-0622.

MARQUES, L., ZAVAREZE, E. DA R., RADÜNZ, A. L., GUERRA DÍAS, Á. R., GUTKOSKI, L. C., CARDOSO, M. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. 2009. Alimentos e Nutrição Araraquara, 20(1), 15-24. 9 p.

MATTOS, L., MORA, J. Descripción morfológica general de pejibaye cultivado [Bactris (Guilielma) Gasipaes Kunth-Arecacea] [en línea]. Universidad de Costa Rica. Costa Rica: 1996. Disponible en internet <http://www.pejibaye.urc.ac.cr/Morfologia/Morfologia1.htm>. [Citado: 23 de febrero de 2018].

MORA, J., WEBER, J., CLEMENT, C. Peach palm. Bactris gasipaes Kunth. International Plan Genetic Resources Institute: 1997. ISBN 92-9043-347-7

MOSQUERA, D., MARTINEZ, M., MEDINA, H., HINESTROZA, L. Caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia. Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Programa de Maestría en Ingeniería Agroindustrial. 2013, 5 p.

MOURA L. Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz, milho e feijão por extrusão termoplástica [Disertación]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-Rio de Janeiro. 2012, 105 p.

ORTEGA, K., HERNANDEZ, D., ACOSTA, H. Desarrollo y caracterización de un producto libre de gluten a base de harina de arroz, maíz y quinua. Cali (Colombia), Universidad del Valle, Escuela de ingeniería de alimentos. 2011, 14 p.

PACHECO, E., TESTA G. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. (2005). *Interciencia*, 30, 5: 300-304.

PARADA, A., ARAYA, M. El gluten. Su historia y efectos en la Enfermedad celiaca. *Rev.Med.Chile*. 2010, 138: 1319-1325.

PARKER, R and RING, S. G. Aspects of the Physical Chemistry of Starch. *Journal of Cereal Science*, 2001, 34, 1–17.

PICÓN J. Estudio de la influencia del tipo de harina en el desarrollo de galletas sin gluten. Palencia (España): Universidad de Valladolid, E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera. [Trabajo fin de Máster]. 2014, p. 2-3.

PIEDRAHITA, C. Conservación de los frutos de la palma chontaduro (*Bactris gasipaes*, H.B.K.). [En línea]. Cali (Colombia); Universidad del Valle, 2005, <<http://www.pejibaye.ucr.ac.cr/Industria/IndustriaF1.htm> > [Citado 21 enero 2017].

PIZZANI, P., BLANCO, M., MALAVER T., GODOY, S., MATUTE, I., PALMA, J., OBISPO, N. Composición fotoquímica y nutricional de harina de pijiguao (*Bactris gassipaes* Kunth en H.B.K). San Juan de los Morros, estado Guárico (Venezuela). Universidad Rómulo Gallegos, Area Agronomía. *Zootecnia Trop*. 2008, 26(3): 235-238. 4 p.

PROCHILE. Tendencias del Mercado. Consumo de alimentos libres de gluten en Estados Unidos. [En línea]. Documento elaborado por proChile Nueva York. 2016 <[http://www.prochile.gob.cl/wpcontent/uploads/2016/08/Tendencias\\_EEUU\\_Gluten\\_2016.pdf](http://www.prochile.gob.cl/wpcontent/uploads/2016/08/Tendencias_EEUU_Gluten_2016.pdf)> [Citado 21 febrero 2017].

QUINTERO, M., ZAMBRANO, J. Proceso de obtención de una harina de cidra papa (*Sechium edule*) y su caracterización físico química. Santiago de Cali (Colombia): Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Alimentos. [Trabajo de grado]. 2011, 68 p.

QUINTERO, V., LUCAS, J. C., ALZATE, E. N. Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto. Colombia. Universidad del Quindío, Facultad de ingeniera. 2012, 17 p.

RAMOS, F. Maíz, trigo y arroz, los cereales que alimentan al mundo. Universidad Autónoma del Nuevo León. La Ciencia a tu alcance. Primera edición. 2013 p. 49-60.

REBOLLEDO, M., SANGRONIS, E., BARBOSA, G. Evaluación de galletas dulces enriquecidas con germen de maíz y fibra de soya. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 1999, 49, 3: p. 3-9.

RESTREPO, J., ESTUPIÑAN, J. Potencial del chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K) como fuente alimenticia de alto valor nutricional en países tropicales. Cali (Colombia): Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad del Valle. 2007, 8 p.

RODRÍGUEZ E., FERNÁNDEZ A., AYALA A. Rheology and texture of doughs: Applications on wheat and corn. Ingeniería e Investigación. 2005. Vol. 5 p. 72-78.

RODRIGUEZ, E., FERNANDEZ, A., AYALA, A. Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. En: Revista ingeniería e investigación No. 57, (Abr. 2005); p. 72-78.

RODRÍGUEZ, E., LASCANO, A., SANDOVAL, G. Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quínoa y papa en las propiedades termomecánicas de panificación de masas. Rev. U.D.C.A. Act& Div. Cient. 15(1): 199-207, 2012.

RODRÍGUEZ, P., C. Elaboración de galletas sin gluten con mezclas de harina de arroz-almidón-proteína. [Trabajo fin de Máster]. Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos Universidad de Valladolid. E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia). 2015, p. 8-9.

ROUDOT, A., C. Reología y análisis de la textura de los alimentos. Zaragoza (España): Editorial ACRIBIA S.A. 2004, p. 220.

RUALES, J.; NAIR, B.M. Properties of starch and dietary fibre in raw and processed quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. 1994. Plant Foods for Human Nutr. 45:223-246. 23 p.

SCHMIELE, M., HACKBART DA SILVA, L., PINTO DA COSTA, P. F., DA SILVA RODRIGUES, R., 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. 2011. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, 29(1), p. 71-82.

SERNA, S. R. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. D.F. México: AGT Editor 2009.

SHUKLA, R., CHERYAN, M. Zein : the industrial protein from corn. Industrial Crops and Products, 2001. 13(1), p. 171-192.

SILVA, C. J. Elaboración de pan con harina de trigo, enriquecido con harina de soya y fibra soluble para mejorar su valor nutritivo. Guayaquil (Ecuador). Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química [Maestría en Procesamiento y Conservación de Alimentos]. (Oct. 2016), p. 23-27.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N.S.; GILL, B.S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. Food Chem. 81:219-231. 2003, 12 p.

SURMACKA, A. Texture is a sensory property. Food Quality and Preference. 2002; 13: 215 - 225.

TEBA C. Desenvolvimento e caracterização de farinhas mistas extrudadas de arroz e concentrado proteico de soro de leite bovino para a elaboração de biscoitos e mingaus [Tesis]. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-Rio de Janeiro. 2014, 192 p.

TORRES, J.D., TORRES GALLO R., ACEVEDO CORREA D., GALLO-GARCÍA L.A. Evaluación instrumental de los parámetros de textura de galletas de limón. Revista Vector: 10. 2015a, p. 14-24.

TORRES, J.D, GONZALES K., ACEVEDO D. Analisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. Revista Reciteia: Revision de la Ciencia, Tecnologia e Ingenieria de los Alimentos, 2015b 14,2: 63-75.

TOVAR, C., E., PERAFAN, E., ENRIQUEZ, M., PISMAG, Y., CERON., L. Ecuación del proceso de extracción de harina de quinua. Revista Biotecnológica en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol. 15 No. 2 p. 30-38, (Jul-Dic., 2017); ISSN - 1909-9959.

VELEZ, E., M., Martínez, H., A., Obtención de Compuestos antioxidantes a partir de chontaduro (*Bactris gasipaes*) usando extracción asistida con microondas. Palmira

(Colombia): Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Administración. Libro Memorias CEM. 2013, p. 18-21.

VILLACHICA, H., CARVALHO, J., MULLER, C.H., DÍAZ, S., ALMANZA, M. Frutales y Hortalizas Promisorios de la Amazonia. Secretaria Pro-Tempore, Tratado de Cooperación Amazonia. Lima, (Perú); 1996.

VILLADA, Héctor. Efecto de las variables de operación de un extrusor de huso sencillo en la producción de almidón termoplástico a partir de almidones agrios de yuca. Cali, 2005. Tesis doctoral. Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos.

VU, T.S, SMOUT, C. SILA, D.N, LYNGUYEN, B., VAN LOEY, A.M.L Y M.E.G HENDRICKX. "Effect of Preheating on Thermal Degradation Kinetics of Carrot Texture", Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2004, p. 37-44.

WANG, L. Z.; WHITE, P. J. Structure and properties of amylose, amylopectin and Intermediate materials of oat starches. Cereal Chemistry, v. 71, n. 5, p. 263-268, 1994.

YUYAMA, L., AGUILAR, J., YUYAMA, K., CLEMENT, C. MACEDO, S., FAVARO, D., AFONSO, C., VASCONCELLOS, M., PIMENTAL, S., BADOLATO, E., S., VANNUCCHI, H. Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (*Bactris gasipaes*) populations grown in Central Amazonia. Brazil 2003. En: international journal of Food Sciences and Nutrition, vol. 54, no. 1, p. 49-56.

## ANEXOS

**ANEXO A. Formato de respuesta para la prueba hedónica de aceptación sensorial de los productos. El código 940 corresponde al tratamiento t1, el 256 al t2, el 103 al t3. El 425 al t4 y el 687 al t5**

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

**OBJETIVO:** EVALUAR CARACTERÍSTICAS SENSORIAL DE GALLETAS ELABORADAS CON MEZCLAS DE HARINAS COMPUESTAS, APLICANDO UNA PRUEBA HEDÓNICA.

**FECHA:** \_\_\_\_\_  
**SEXO:** \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_ F      **EDAD:** \_\_\_\_\_

**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.

<i><b>NIVEL DE AGRADO</b></i>	<i><b>ESCALA DE PUNTUACIÓN</b></i>
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.

Código	425					687					256					940					103				
Valoración	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Aroma																									
Color																									
Sabor																									
Gusto residual																									
Textura																									
Aceptación global																									

5. Por último diga que sabor(es) logro percibir en las muestras en general.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Muchas gracias por su colaboración.

## ANEXO B. Test de Shapiro-Wilk

El estadístico del test es:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde

$x_{(i)}$  (con el subíndice  $i$  entre paréntesis) es el número que ocupa la  $i$ -ésima posición en la muestra (con la muestra ordenada de menor a mayor);

$\bar{x} = (x_1 + \dots + x_n) / n$  es la media muestral; las variables  $a_i$  se calculan

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^\top V^{-1}}{(m^\top V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}$$

Donde

$$m = (m_1, \dots, m_n)^\top$$

Siendo  $m_1, \dots, m_n$  son los valores medios del estadístico ordenado, de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, muestreadas de distribuciones normales.  $V$  es la matriz de covarianzas de ese estadístico de orden.

Cuadro 1. Índice de absorción de agua (iaa) e índice de solubilidad de agua (ISA) para las harinas compuestas

TRATAMIENTOS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
IAA	T1	,304	3	.	,907	3	,409
	T2	,250	3	.	,967	3	,649
	T3	,177	3	.	1,000	3	,973
	T4	,253	3	.	,964	3	,636
	T5	,256	3	.	,962	3	,624
ISA	T1	,253	3	.	,964	3	,635
	T2	,236	3	.	,977	3	,709
	T3	,254	3	.	,964	3	,635
	T4	,203	3	.	,994	3	,848
	T5	,306	3	.	,905	3	,401

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 2. Análisis colorimétrico de los tratamientos de harinas compuestas

TRATAMIENTOS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
a	T1	,296	3	.	,919	3	,448
	T2	,362	3	.	,805	3	,127
	T3	,177	3	.	1,000	3	,962
	T4	,337	3	.	,855	3	,253
	T5	,253	3	.	,964	3	,637
L	T1	,300	3	.	,913	3	,428
	T2	,263	3	.	,956	3	,594
	T3	,337	3	.	,855	3	,253
	T4	,262	3	.	,957	3	,600
	T5	,268	3	.	,950	3	,571
b	T1	,325	3	.	,876	3	,312
	T2	,179	3	.	,999	3	,948
	T3	,340	3	.	,848	3	,235
	T4	,354	3	.	,822	3	,168
	T5	,304	3	.	,907	3	,407

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 3. Análisis colorimétrico de las galletas horneadas

TRATAMIENTOS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
L	T1	,251	3	.	,966	3	,645
	T2	,191	3	.	,997	3	,900
	T3	,282	3	.	,936	3	,510
	T4	,243	3	.	,972	3	,679
	T5	,270	3	.	,948	3	,561
a	T1	,238	3	.	,976	3	,702
	T2	,178	3	.	,999	3	,956
	T3	,325	3	.	,876	3	,312
	T4	,225	3	.	,984	3	,756
	T5	,253	3	.	,964	3	,637
b	T1	,242	3	.	,973	3	,683
	T2	,234	3	.	,978	3	,719
	T3	,367	3	.	,793	3	,097
	T4	,323	3	.	,879	3	,321
	T5	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 4. Resultados de prueba de comprensión uniaxial

TRATAMIENTOS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DUREZA	T1	,222	3	.	,986	3	,771
	T2	,371	3	.	,784	3	,077
	T3	,367	3	.	,793	3	,097
	T4	,228	3	.	,982	3	,743
	T5	,182	3	.	,999	3	,938

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 5. Resultados de prueba de penetración de las galletas

TRATAMIENTOS		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FIRMEZA	T1	,166	5	,200*	,939	5	,657
	T2	,221	5	,200*	,974	5	,900
	T3	,165	5	,200*	,981	5	,940
	T4	,193	5	,200*	,974	5	,899
	T5	,307	5	,139	,890	5	,355
RIGIDEZ	T1	,289	5	,199	,810	5	,097
	T2	,206	5	,200*	,897	5	,395
	T3	,193	5	,200*	,976	5	,911
	T4	,235	5	,200*	,903	5	,426
	T5	,129	5	,200*	,992	5	,988
RUPTURA	T1	,289	5	,199	,810	5	,097
	T2	,206	5	,200*	,897	5	,395
	T3	,193	5	,200*	,976	5	,911
	T4	,276	5	,200*	,846	5	,182
	T5	,129	5	,200*	,992	5	,988

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Cuadro 6. Propiedades de gelatinización en harinas compuestas

TRATAMIENTOS		Pruebas de normalidad <sup>b,c,d,e</sup>					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TGELATINIZACIÓN	T1	,355	3	.	,820	3	,162
	T2	,337	3	.	,855	3	,253
	T3	,204	3	.	,993	3	,843
	T4	,276	3	.	,942	3	,537
	T5	,362	3	.	,803	3	,122
BREAKDOWN	T5	,177	3	.	1,000	3	,962
VISCOSIDAD MAX	T1	,176	3	.	1,000	3	,987
	T2	,262	3	.	,956	3	,598
	T3	,219	3	.	,987	3	,783
	T4	,211	3	.	,991	3	,814
	T5	,330	3	.	,867	3	,287

Pruebas de normalidad <sup>b,c,d,e</sup>							
TRATAMIENTOS		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SETBACK	T1	,282	3	.	,935	3	,509
	T2	,319	3	.	,885	3	,338
	T3	,179	3	.	,999	3	,947
	T4	,190	3	.	,997	3	,902
	T5	,364	3	.	,800	3	,114

a. Corrección de significación de Lilliefors

b. BREAKDOWN es constante cuando VAR00001 = T1. Se ha omitido.

c. BREAKDOWN es constante cuando VAR00001 = T2. Se ha omitido.

d. BREAKDOWN es constante cuando VAR00001 = T3. Se ha omitido.

e. BREAKDOWN es constante cuando VAR00001 = T4. Se ha omitido.

### ANEXO C. Resultados prueba granulométrica

T1					
No. Tamiz	Peso del tamiz (g)	Tamiz + Harina 1 (g)	Tamiz + Harina 2 (g)	Tamiz + Harina 3 (g)	Promedio de retención (%)
20	422,49	12,74	10,42	14,80	12,65
30	416,61	23,62	24,88	24,74	24,81
40	445,04	48,24	47,50	37,88	44,54
50,00	4070,80	9,02	12,48	16,76	12,75
60,00	408,38	1,74	3,30	3,30	2,78
70,00	405,03	0,00	0,00	0,00	0,00
80,00	386,56	0,00	0,02	0,06	0,03
Fondo	399,52	0,00	0,00	0,00	0,00

T2					
No. Tamiz	Peso del tamiz (g)	Tamiz + Harina 1 (g)	Tamiz + Harina 2 (g)	Tamiz + Harina 3 (g)	Promedio de retención (%)
20	422,49	7,00	6,14	7,72	6,95
30	416,61	21,14	22,06	22,14	21,78
40	445,04	41,94	42,00	44,02	42,65
50	4070,80	16,40	17,50	18,00	17,30
60	408,38	6,00	10,08	6,02	7,37
70	405,03	2,00	1,00	1,88	1,63
80	386,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Fondo	399,52	0	0	0	0

T3					
No Tamiz	Peso del tamiz (g)	Tamiz + Harina 1 (g)	Tamiz + Harina 2 (g)	Tamiz + Harina 3 (g)	Promedio de retención (%)
20	422,49	4,62	5,74	7,50	5,95
30	416,61	21,46	22,22	20,84	21,51
40	445,04	41,26	43,84	41,42	42,17
50	4070,80	17,82	18,64	21,44	19,30
60	408,38	9,82	8,42	5,94	8,06
70	405,03	1,78	0,16	1,42	1,12
80	386,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Fondo	399,52	0	0	0	0

T4					
No Tamiz	Peso del tamiz (g)	Tamiz + Harina 1 (g)	Tamiz + Harina 2 (g)	Tamiz + Harina 3 (g)	Promedio de retención (%)
20	422,49	4,34	4,24	3,96	4,18
30	416,61	20,42	20,46	20,80	20,56
40	445,04	37,82	35,96	38,68	37,49
50	4070,80	28,68	29,14	29,22	29,01
60	408,38	5,94	6,82	4,30	5,69
70	405,03	0,00	0,00	0,00	0,00
80	386,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Fondo	399,52	0	0	0	0

<b>T5</b>					
<b>No Tamiz</b>	<b>Peso del tamiz</b>	<b>Tamiz + Harina 1</b>	<b>Tamiz + Harina 2</b>	<b>Tamiz + Harina 3</b>	<b>Promedio de retención (%)</b>
<b>20</b>	422,49	0,42	0,28	0	0,23
<b>30</b>	416,61	2,8	1,84	1,58	2,07
<b>40</b>	445,04	5,92	7,92	3,92	5,92
<b>50</b>	4070,8	7341,5	7343,16	7343,54	7342,73
<b>60</b>	408,38	59,36	58,1	60,02	59,16
<b>70</b>	405,03	11,96	9,92	12,02	11,30
<b>80</b>	386,56	2	2	3,94	2,65
<b>Fondo</b>	399,52	0,96	0,1	1,06	0,71

## ANEXO D. Resultados prueba de índice de absorción de agua

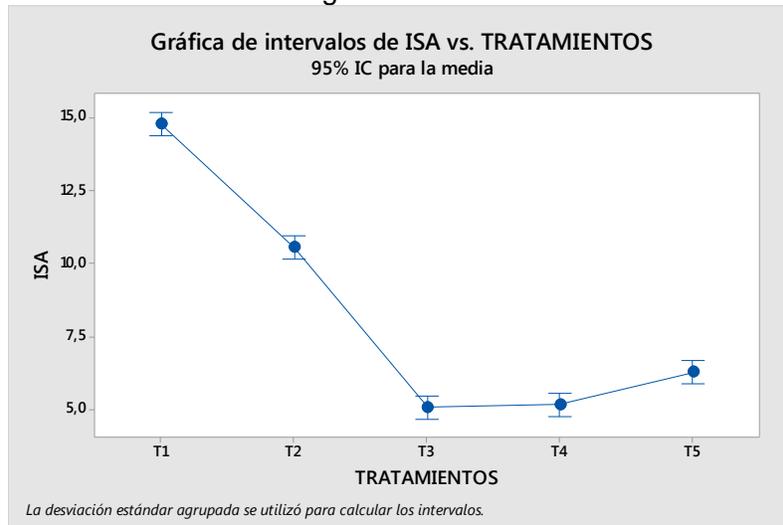
	REPETICIONES	W TUBO VACIOS	W TUBO + SEDIMENTOS	mL SOBRENADANTE	W MUESTRA HUMEDA SEDIMENTADA	PESO (g) DEL GEL-GRAMOS DE AGUA	HUMEDAD	PESO (g) MUESTRA	GRAMOS DE H2O	MUESTRA SECA	IAA	PROMEDIO IAA	DESVIACION
T1	1	12,52	26,78	18,5	14,26	14,0678	9,610%	2,0004	0,1922	1,8082	7,78	7,75	0,092906747
	2	12,6	26,93	18	14,33	14,1378		2,0002	0,1922	1,8080	7,82		
	3	12,62	26,63	17	14,01	13,8178		2,0002	0,1922	1,8080	7,64		
T3	1	13,45	27,08	18,5	13,63	13,4454	9,230%	2,0001	0,1846	1,8155	7,41	7,37	0,034183791
	2	13,56	27,07	17,5	13,51	13,3254	2,0004	0,1846	1,8158	7,34			
	3	13,49	27,04	19	13,55	13,3654	2,0002	0,1846	1,8156	7,36			
T4	1	13,4	26,56	19	13,16	12,9678	9,610%	2,0003	0,1922	1,8081	7,17	7,22	0,052178468
	2	12,58	25,83	19	13,25	13,0578		2	0,1922	1,8078	7,22		
	3	13,29	26,64	18	13,35	13,1578		2,0005	0,1922	1,8083	7,28		
T2	1	13,26	25,91	19,5	12,65	12,4585	9,570%	2,0007	0,1915	1,8092	6,89	6,79	0,083572144
	2	12,62	25,07	19	12,45	12,2586		2,0004	0,1914	1,8090	6,78		
	3	13,39	25,74	19	12,35	12,1586		2,0002	0,1914	1,8088	6,72		
T5	1	12,74	21,8	22	9,06	8,8255	11,720%	2,0007	0,2345	1,7662	5,00	5,06	0,06048358
	2	13,46	22,73	22,5	9,27	9,0355		2,0008	0,2345	1,7663	5,12		
	3	12,71	21,91	22	9,2	8,9655		2,0005	0,2345	1,7660	5,08		

### ANEXO E. Resultados prueba de índice de solubilidad de agua

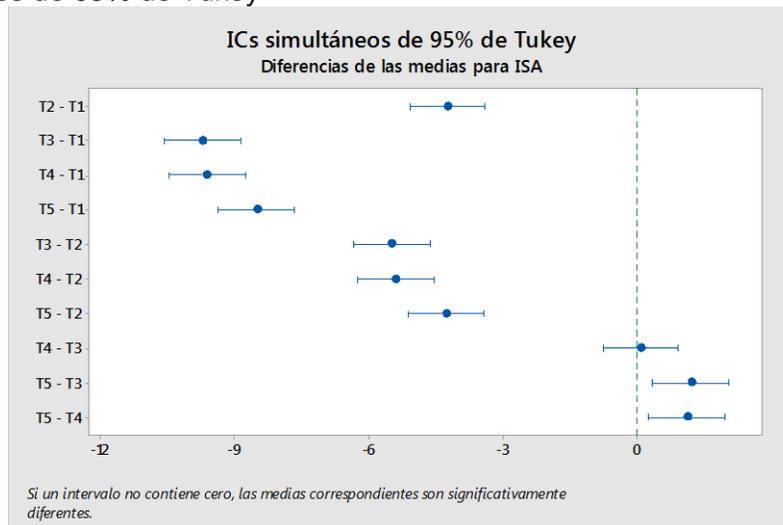
ISA	REPETICIONES	W CAJAS PETRI VACIAS	W CAJAS P. + MUESTRA SECA	SOLIDOS SOLUBLES EN 2 g	SOLIDOS SOLUBLES TOTAL	PESO (g) MUESTRA	PROMEDIO % H	GRAMOS DE H2O	MUESTRA SECA	ISA	PROMEDIO	DESVIACIÓN
T1	1	90,55	90,58	0,03	0,278	2,0004	9,61%	0,1922	1,8082	15,3471	14,7950	0,6330
	2	79,32	79,35	0,03	0,270	2,0002		0,1922	1,8080	14,9338		
	3	80,8	80,83	0,03	0,255	2,0002		0,1922	1,8080	14,1041		
T2	1	84,62	84,64	0,02	0,195	2,0004	9,23%	0,1846	1,8158	10,7393	10,5564	0,1584
	2	73,01	73,03	0,02	0,190	2,0003		0,1846	1,8157	10,4644		
	3	88,39	88,41	0,02	0,190	2,0001		0,1846	1,8155	10,4655		
T3	1	78,68	78,69	0,01	0,092	2,0001	9,61%	0,1922	1,8079	5,1165	5,0700	0,2115
	2	80,3	80,31	0,01	0,088	2,0004		0,1922	1,8082	4,8392		
	3	89,81	89,82	0,01	0,095	2,0002		0,1922	1,8080	5,2545		
T4	1	88,53	88,54	0,01	0,095	2,0003	9,57%	0,1914	1,8089	5,2519	5,1599	0,1601
	2	80,28	80,29	0,01	0,095	2		0,1914	1,8086	5,2527		
	3	91,28	91,29	0,01	0,090	2,0005		0,1914	1,8091	4,9750		
T5	1	76,28	76,29	0,01	0,110	2,0007	11,720%	0,2345	1,7662	6,2280	6,2753	0,0814
	2	81,46	81,47	0,01	0,113	2,0008		0,2345	1,7663	6,3692		
	3	79,87	79,88	0,01	0,110	2,0005		0,2345	1,7660	6,2286		

## ANEXO F. Comparación de medias para índice de solubilidad en agua

Intervalos de índice de solubilidad en agua vs. Tratamientos

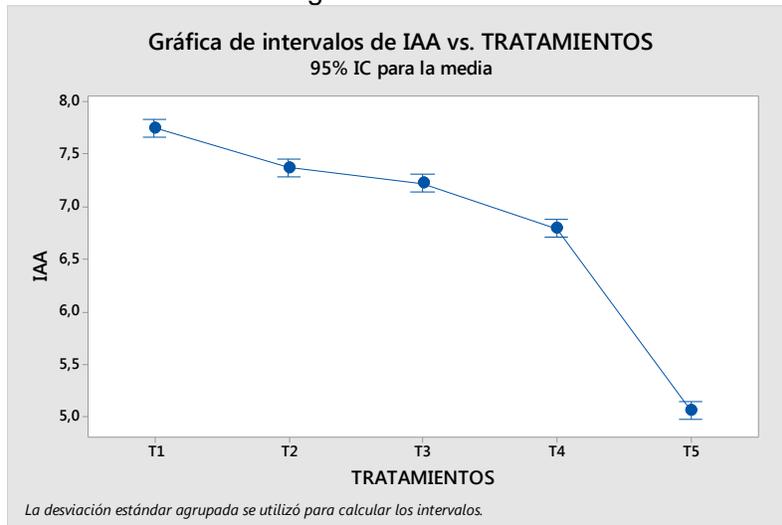


ICs simultáneos de 95% de Tukey

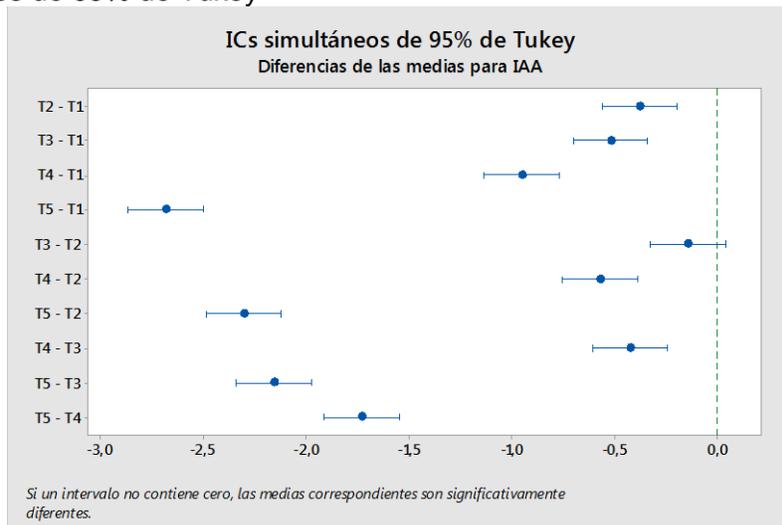


## ANEXO G. Comparación de medias para índice de absorción de agua

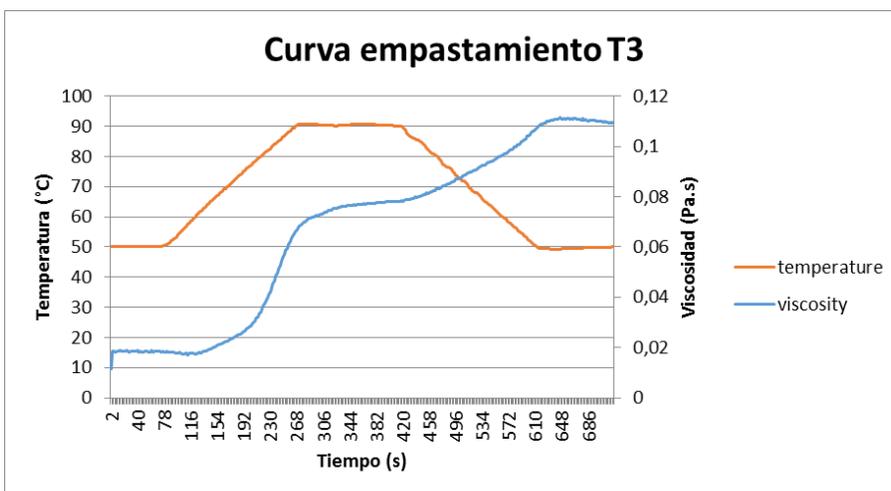
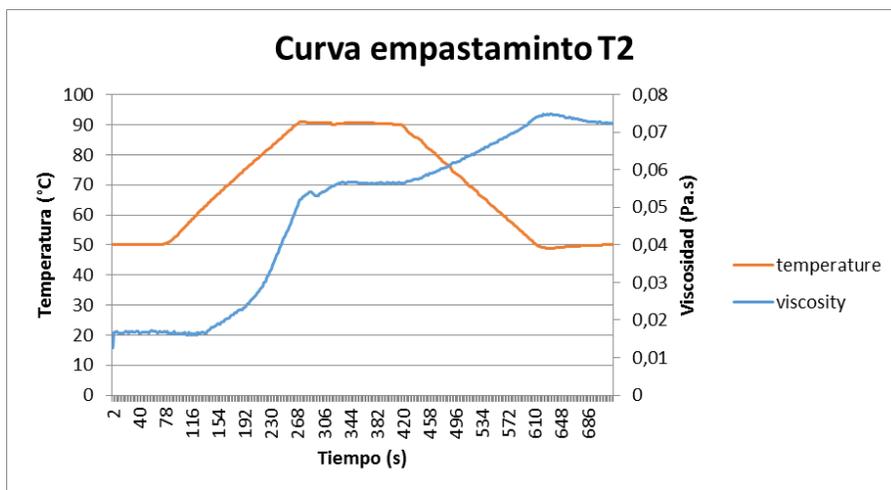
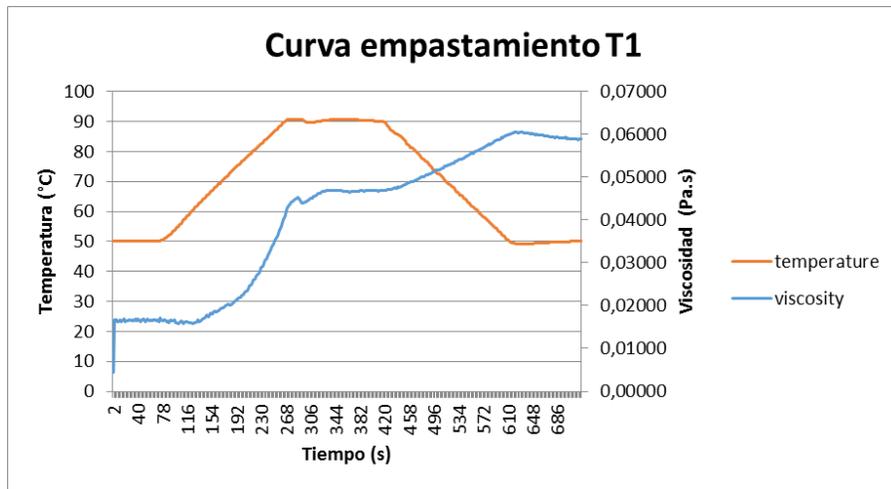
Intervalos de índice de abosrcion de agua vs. Tratamientos

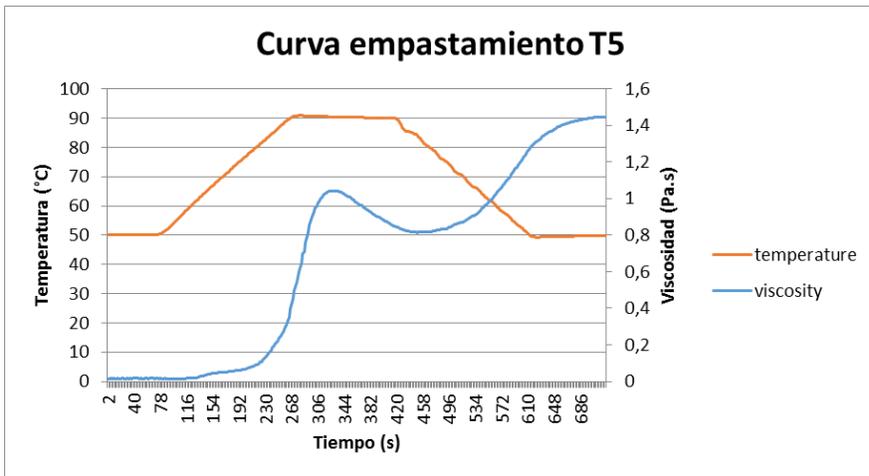
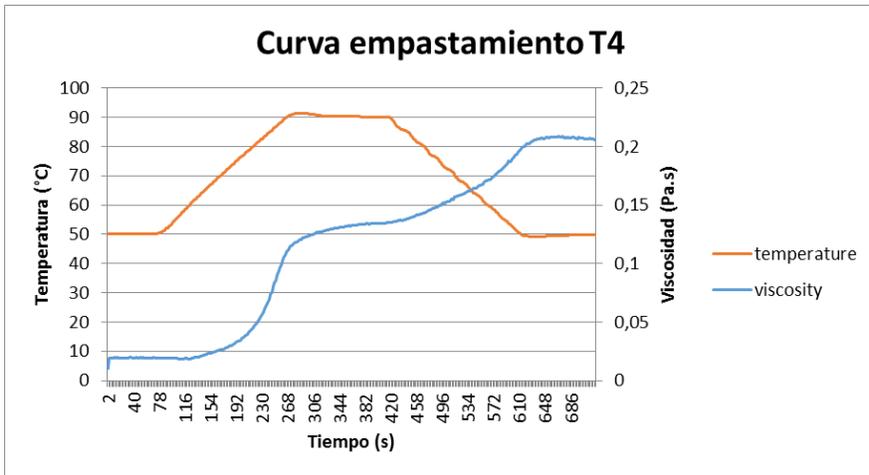


ICs simultáneos de 95% de Tukey



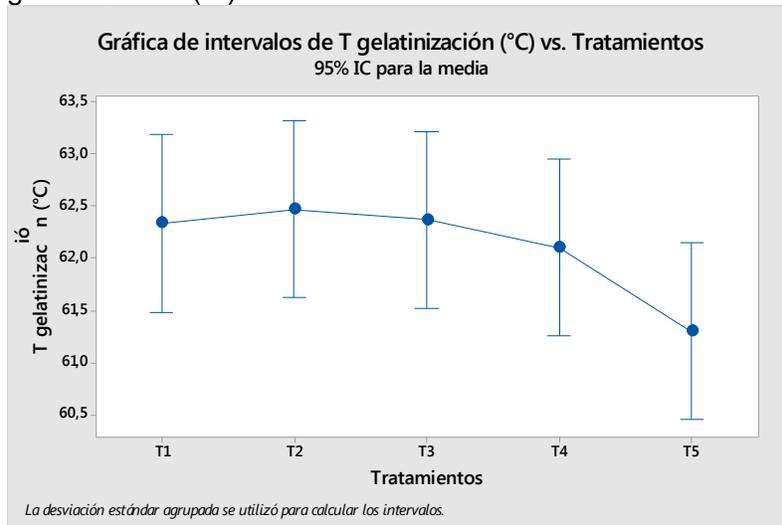
## ANEXO H. Gráficos resultados curvas de empastamiento



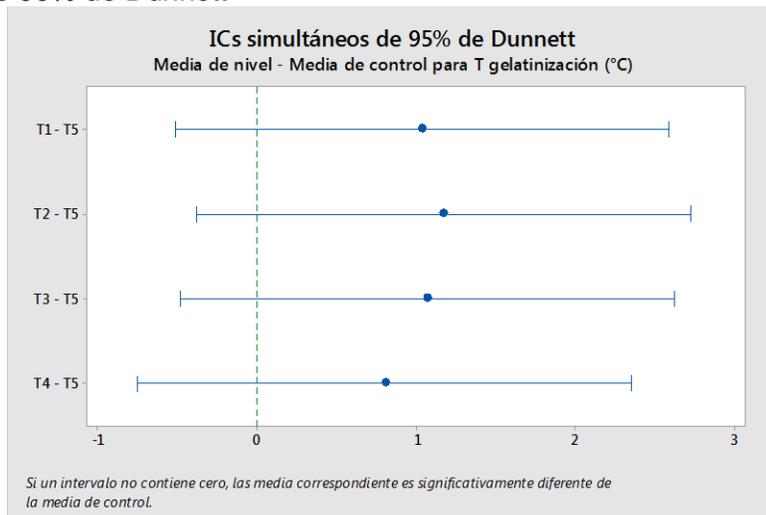


## ANEXO I. Comparación de medias para t gelatinización (°c) en galletas

Intervalos de t gelatinización (°c) vs. Tratamientos.

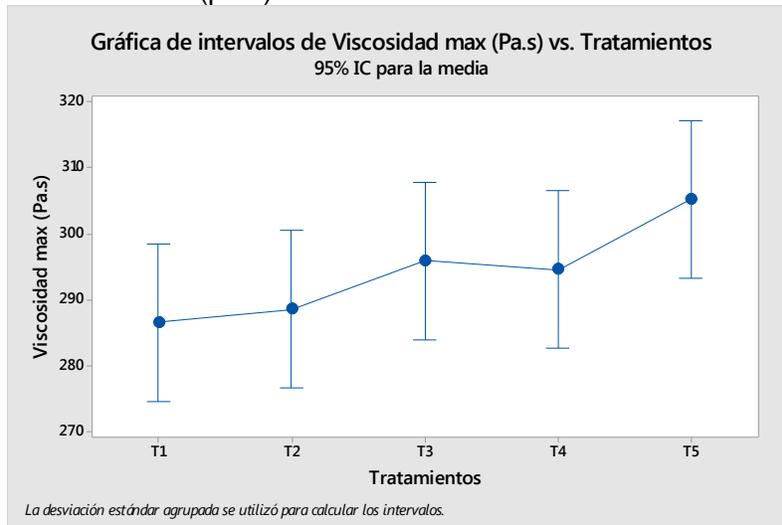


Simultáneos de 95% de Dunnett

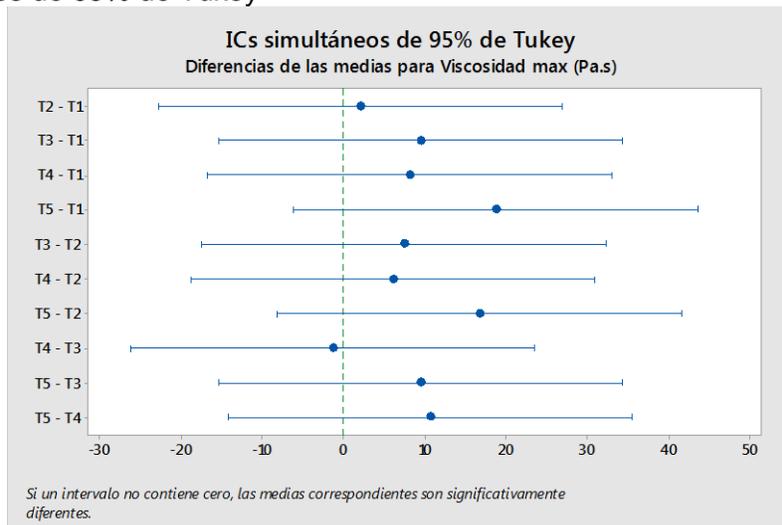


## ANEXO J. Comparación de medias para viscosidad max. (pa.s) en galletas

Intervalos de viscosidad max (pa.s) vs. tratamientos.

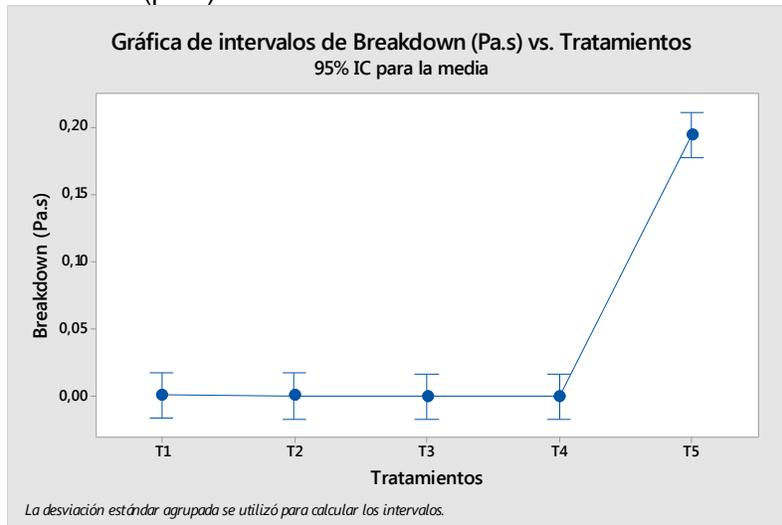


ICs simultáneos de 95% de Tukey

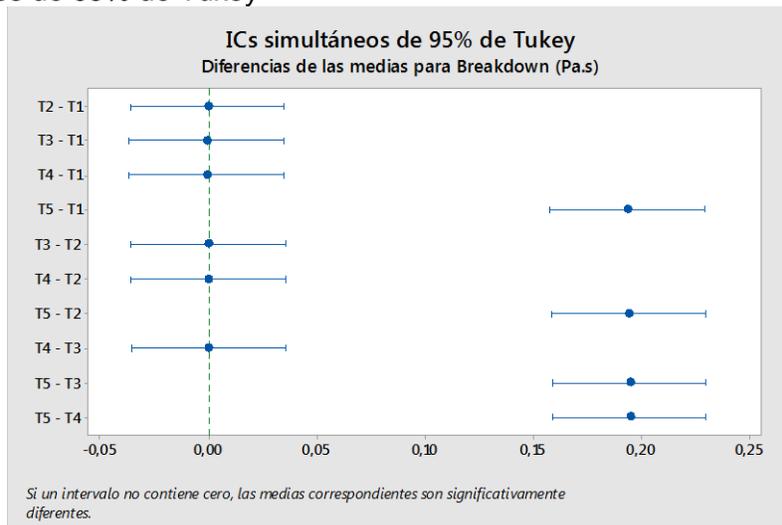


## ANEXO K. Comparación de medias para breakdown. (pa.s) en galletas

Intervalos de breakdown (pa.s) vs tratamientos

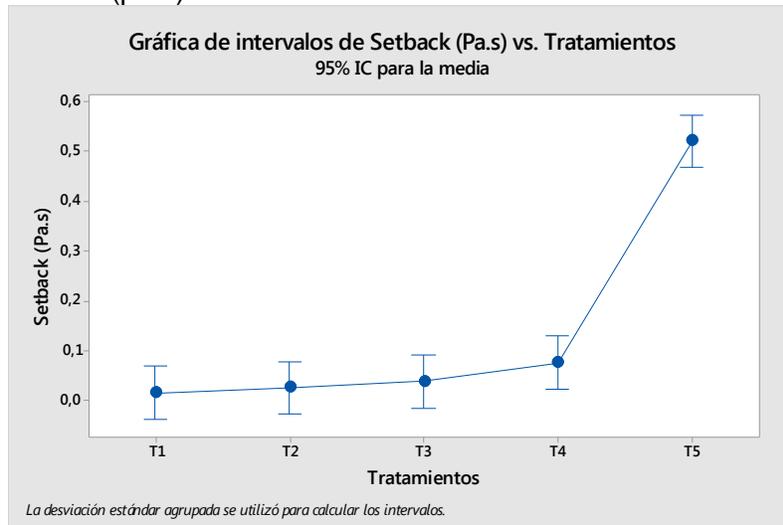


ICs simultáneos de 95% de Tukey

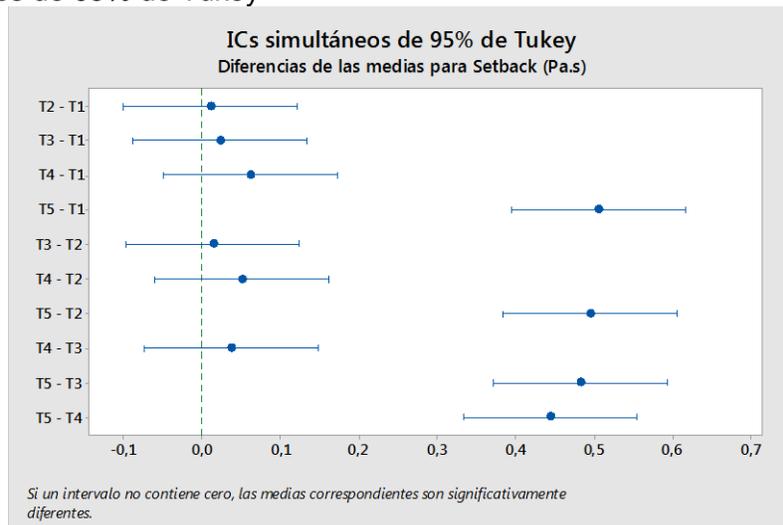


## ANEXO L. Comparación de medias para setback (pa.s) en galletas

Intercarlos de setback (pa.s) vs tratamientos

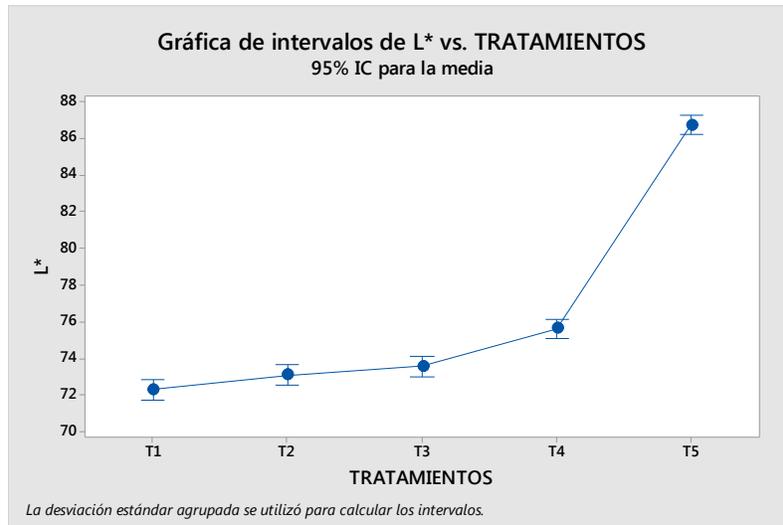


ICs simultáneos de 95% de Tukey

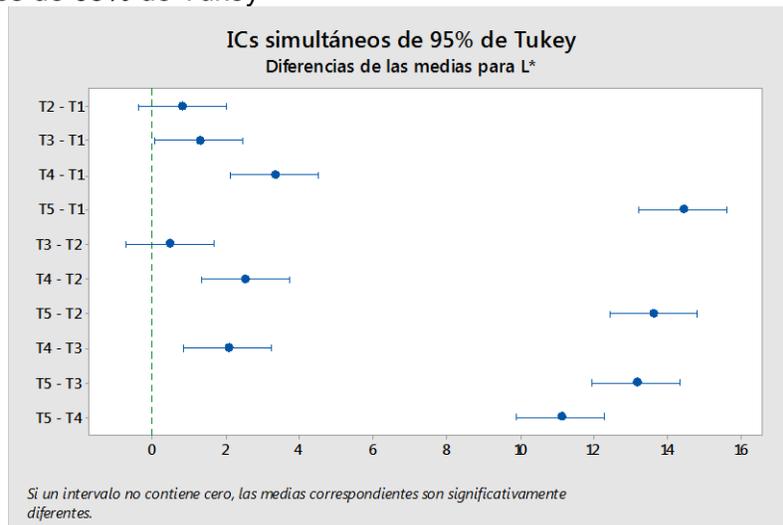


## ANEXO M. Comparación de medias para el atributo L\* en mezclas

Intervalos de luminosidad vs. Tratamientos

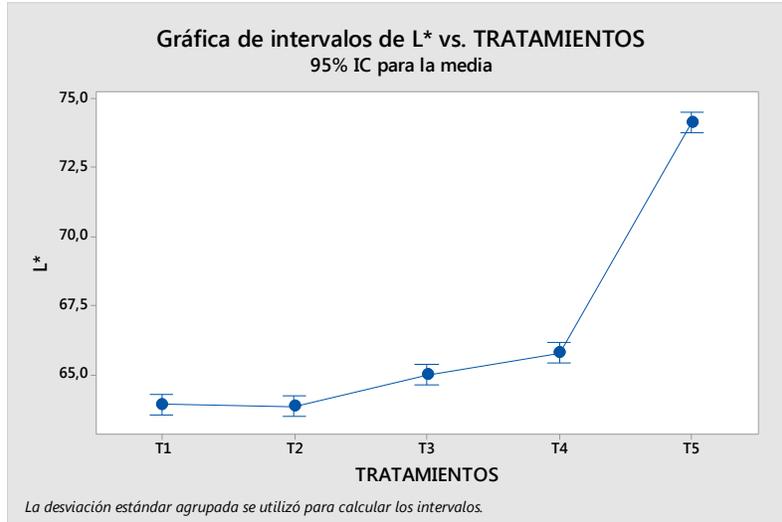


ICs simultáneos de 95% de Tukey

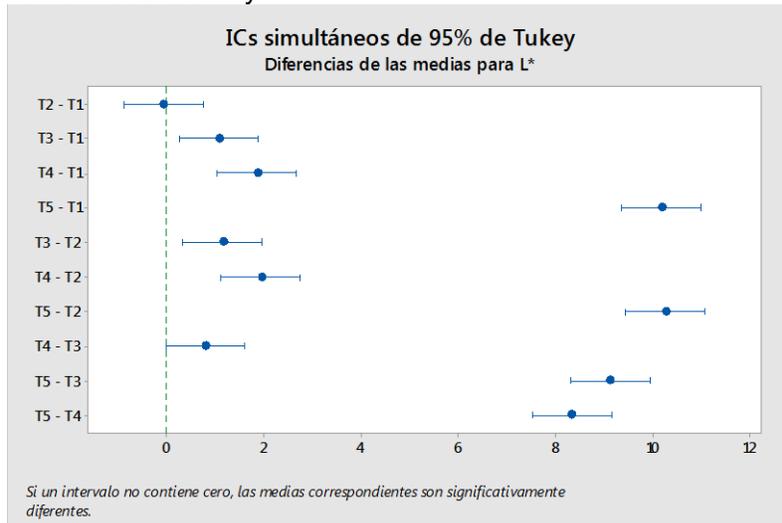


## ANEXO N. Comparación de medias para el atributo L\* en galletas

### Intervalos de L\* vs. Tratamientos

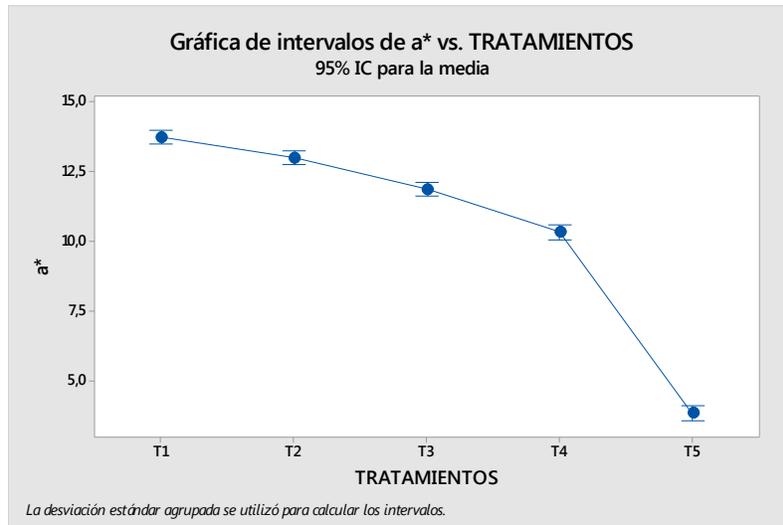


### ICs simultáneos de 95% de Tukey

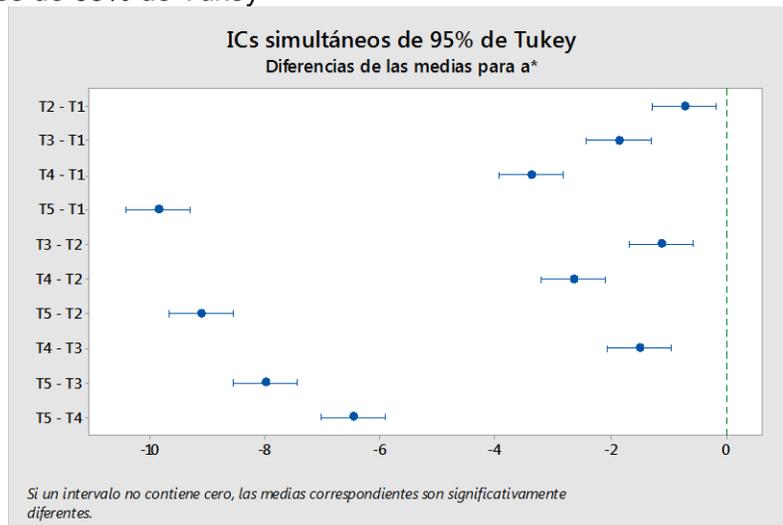


## ANEXO Ñ. Comparación de medias para el atributo a\* en mezclas

Intervalos de a\* vs. tratamientos.

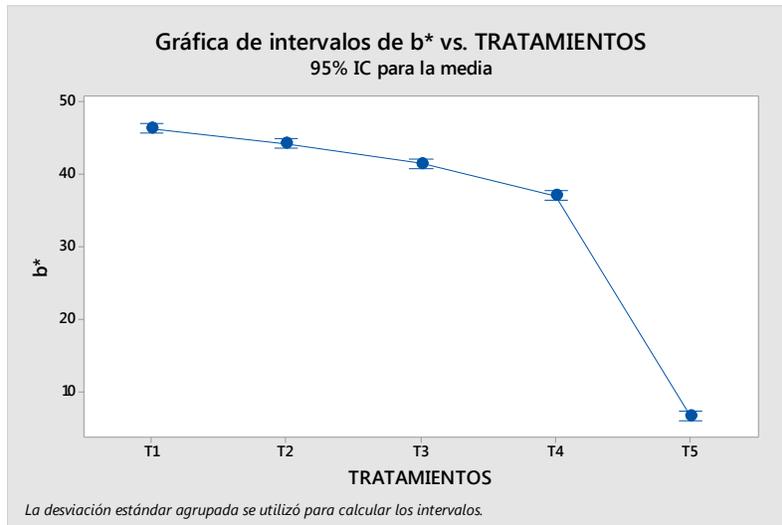


ICs simultáneos de 95% de Tukey

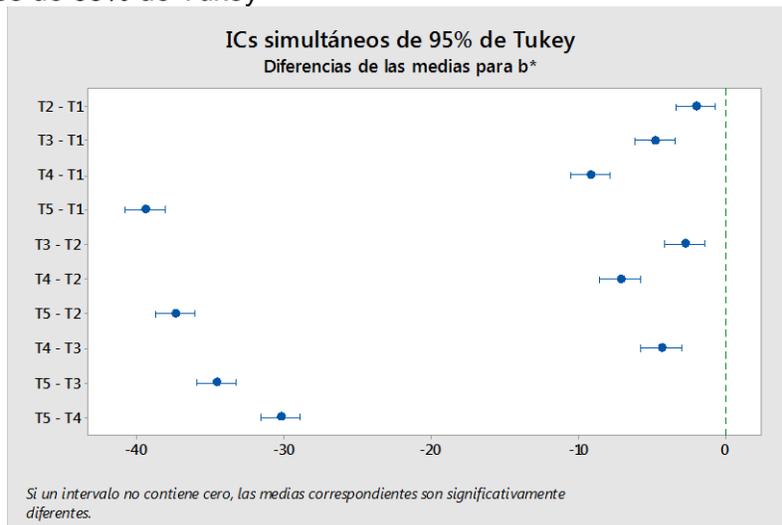


## ANEXO O. Comparación de medias para el atributo $b^*$ en mezclas

intervalos de  $b^*$  vs. tratamientos.

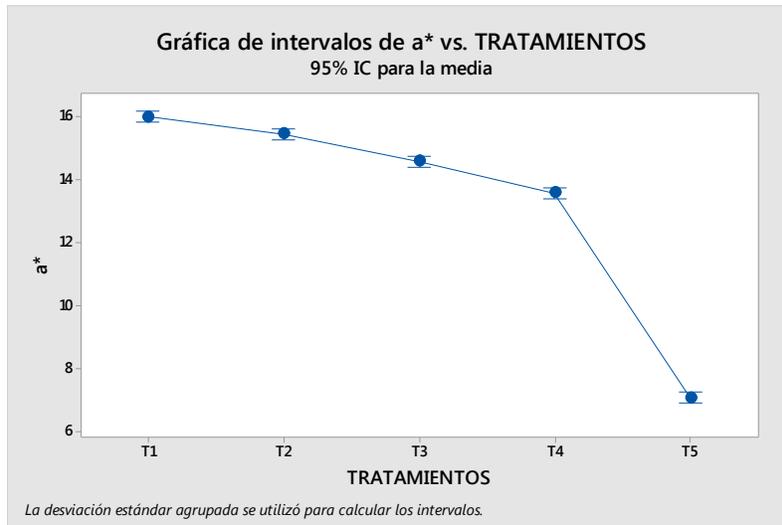


ICs simultáneos de 95% de Tukey

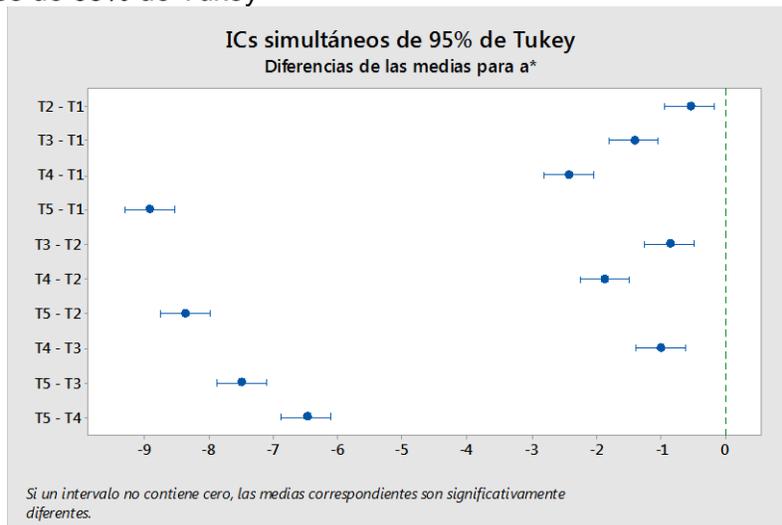


## ANEXO P. Comparación de medias para el atributo a\* en galletas

Intervalo de a\* vs. tratamientos

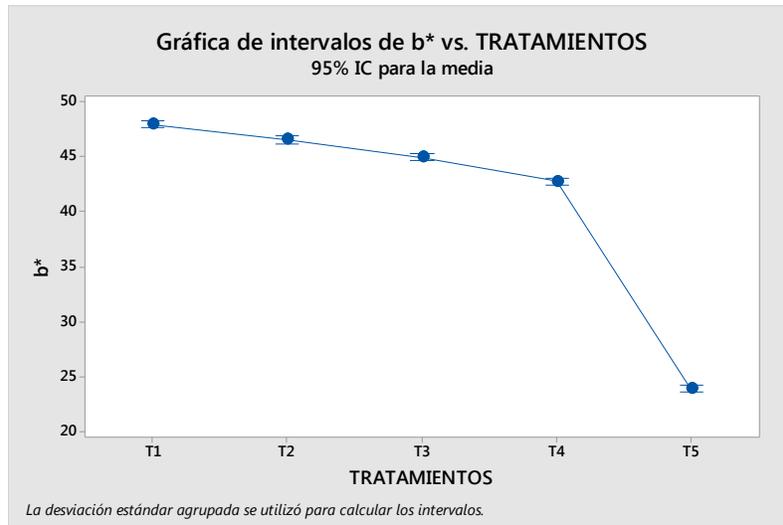


ICs simultáneos de 95% de Tukey

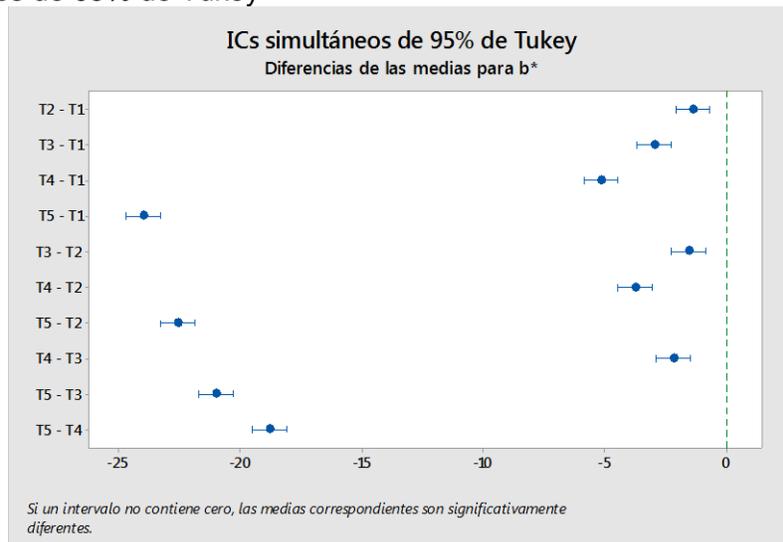


## ANEXO Q. Comparación de medias para el atributo b\* en galletas

Intervalos de b\* vs. tratamientos

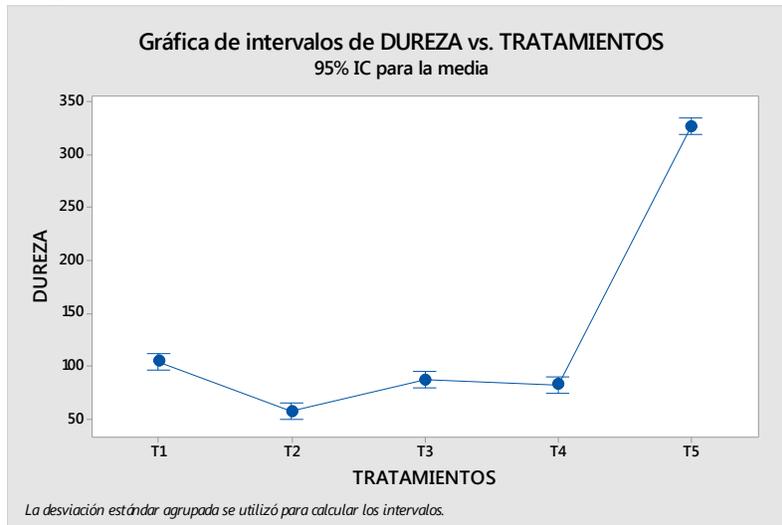


ICs simultáneos de 95% de Tukey

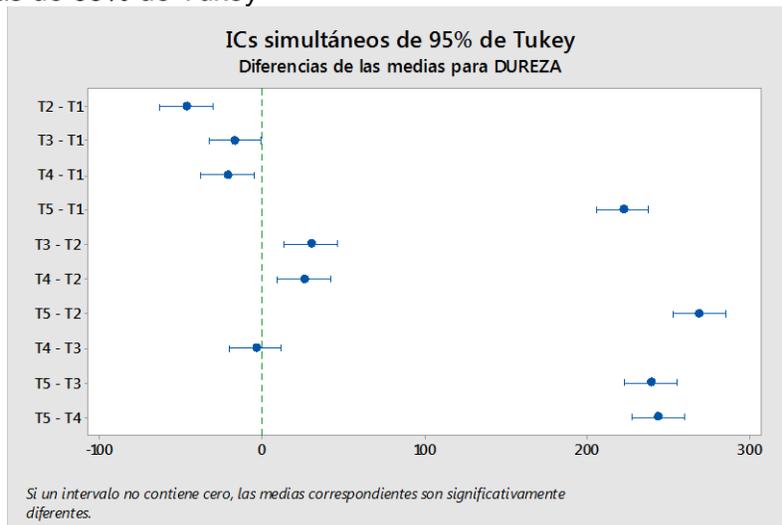


## ANEXO R. Comparación de medias para aceptación global en galletas

Intervalos de dureza vs. Tratamientos.

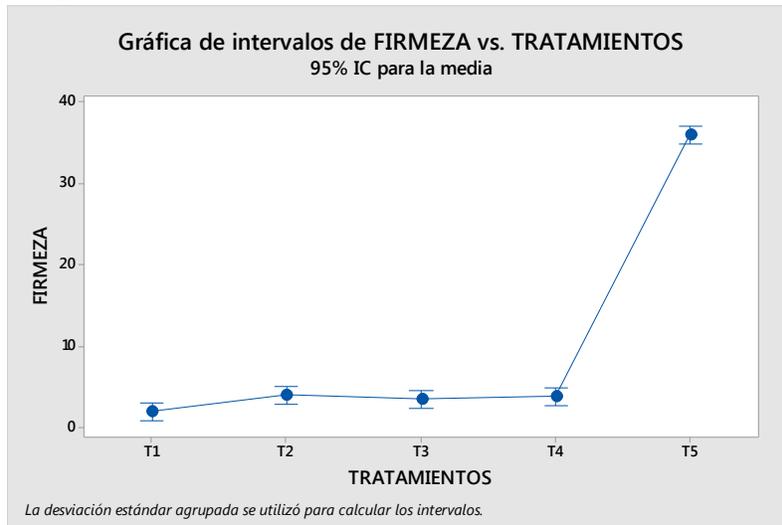


ICs simultáneas de 95% de Tukey

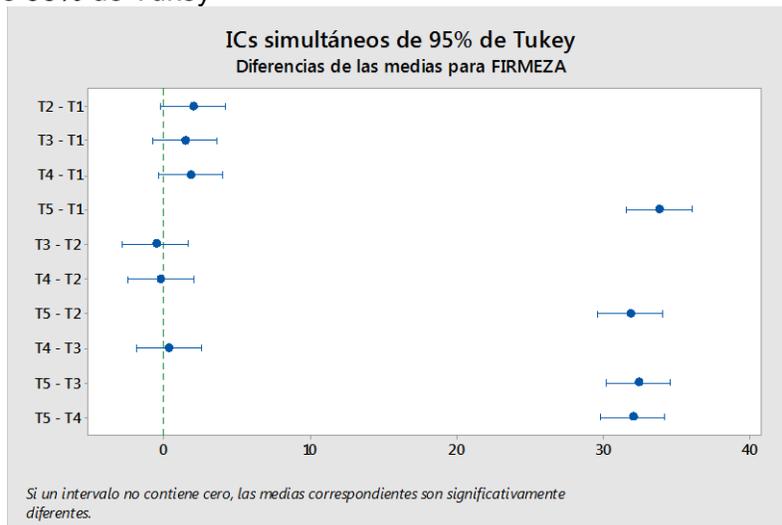


## ANEXO S. Comparación de medias para aceptación global en galletas

### Intervalos de firmeza vs. Tratamientos

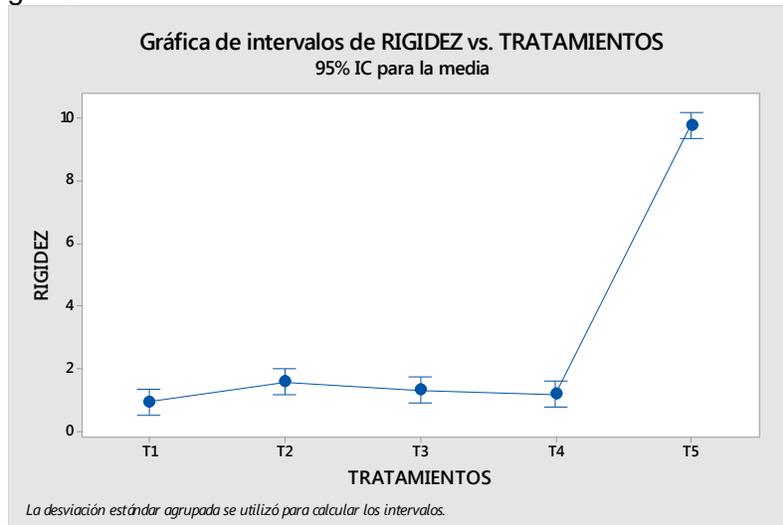


### Simultáneos de 95% de Tukey

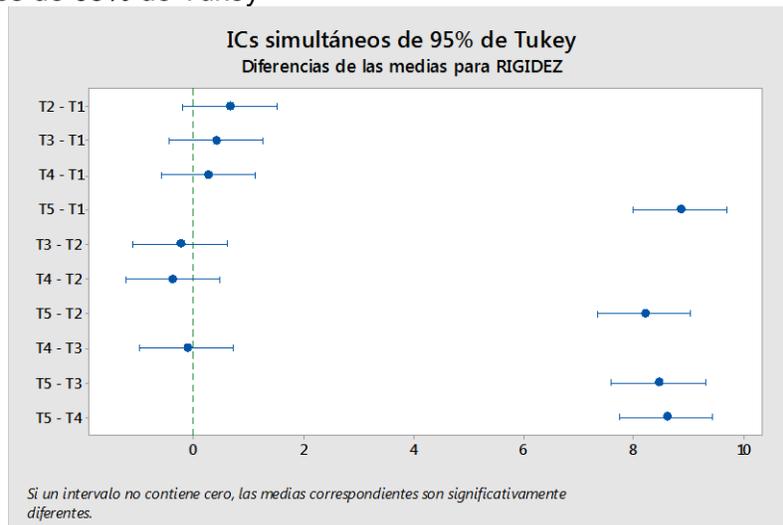


## ANEXO T. Comparación de medias para rigidez en galletas

Intervalos de rigidez vs. Tratamientos

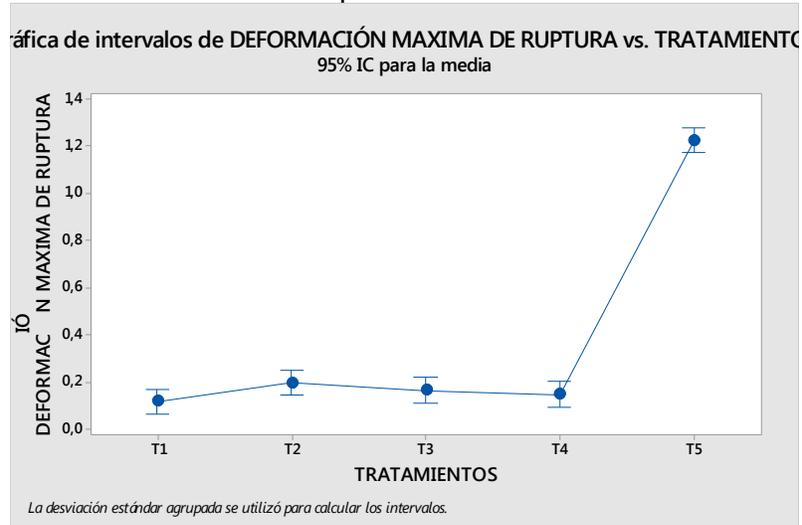


ICs simultáneos de 95% de Tukey

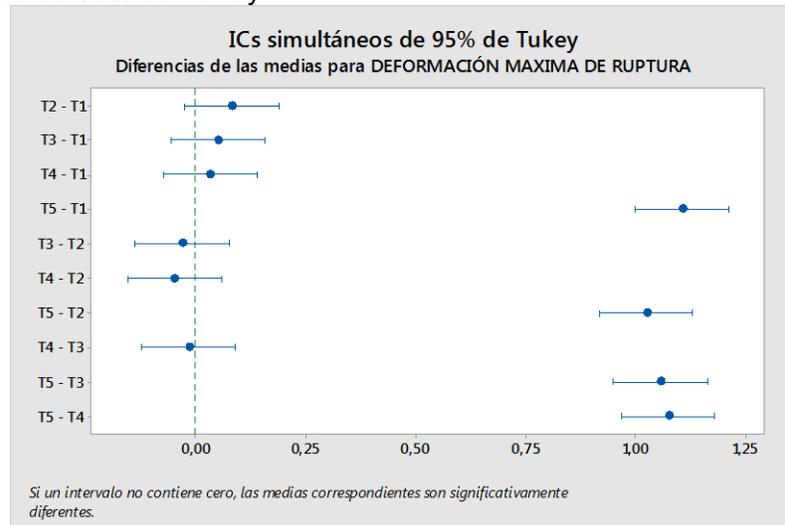


## ANEXO U. Comparación de medias para deformación máxima de ruptura en galletas

Intervalos de deformación máxima de ruptura vs. Tratamientos

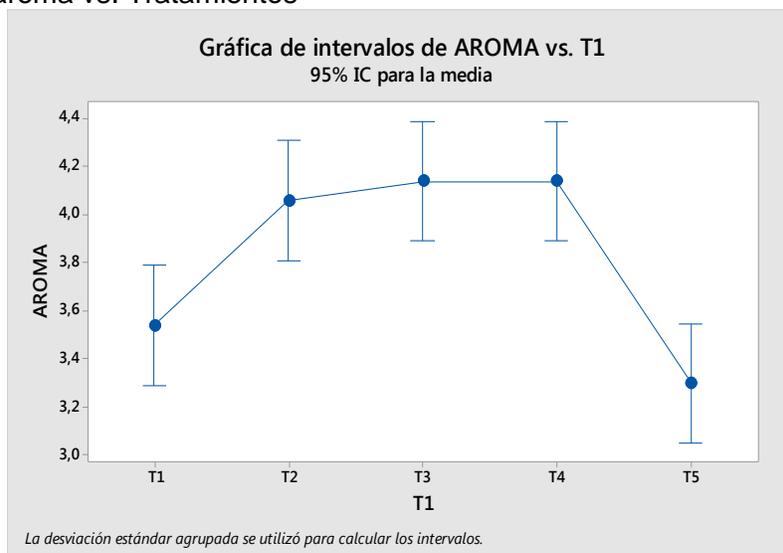


ICs simultáneos de 95% de Tukey

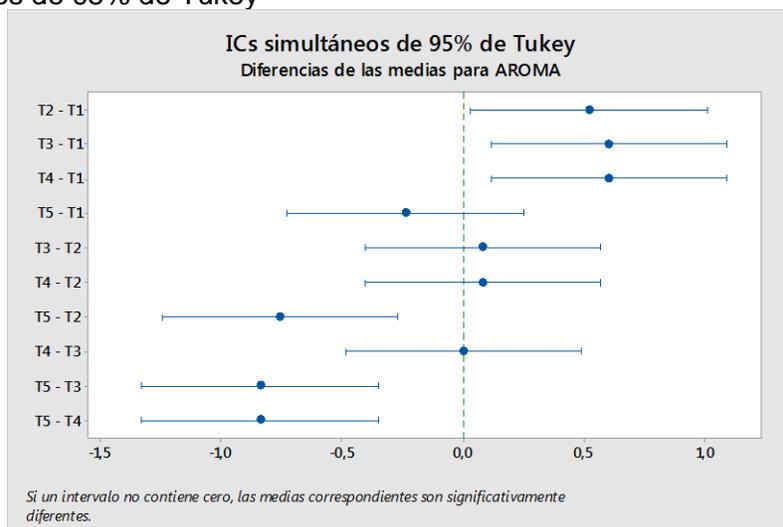


## ANEXO V. Comparación de medias para aroma en galletas

Intervalos de aroma vs. Tratamientos

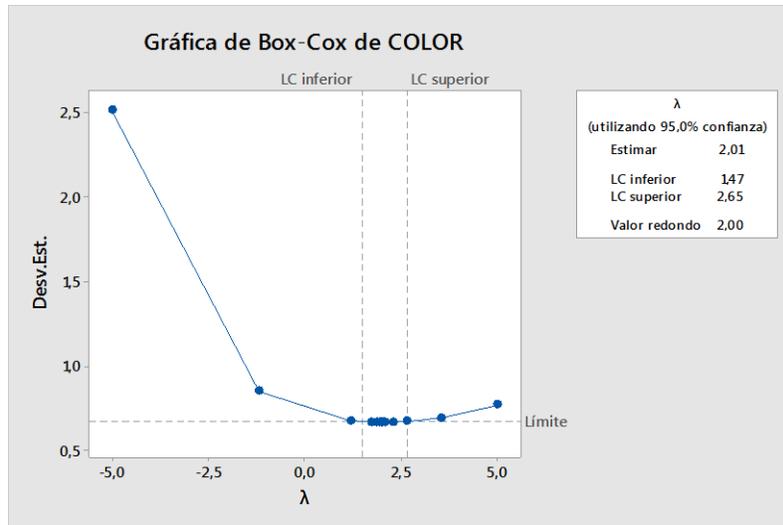


ICs simultáneos de 95% de Tukey

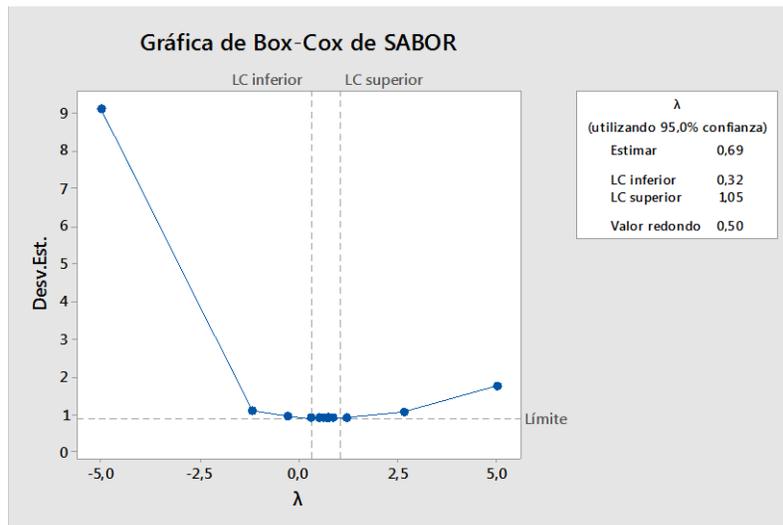


## ANEXO W. Transformación de datos box-cox

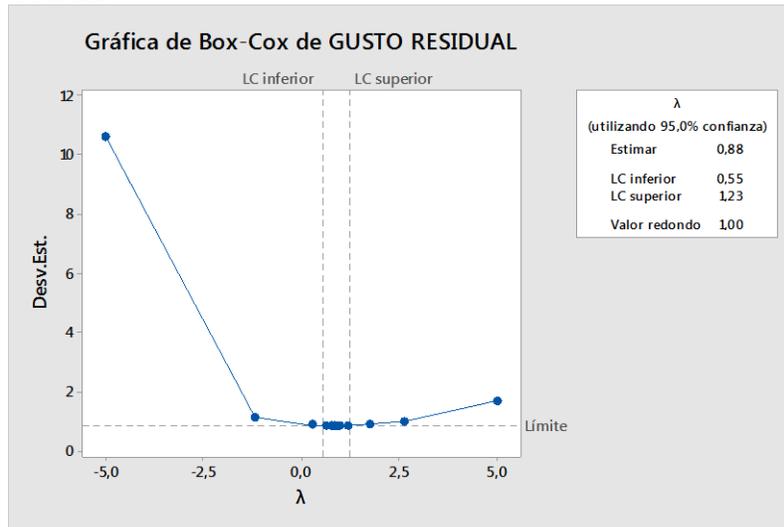
Atributo color



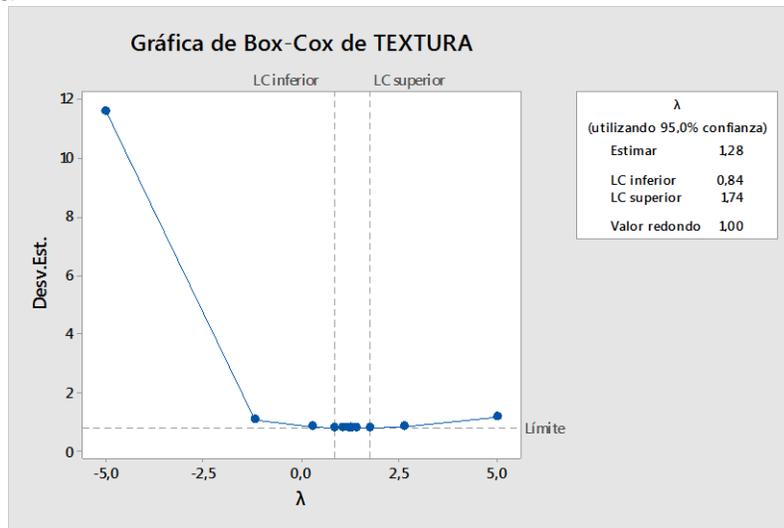
Atributo sabor



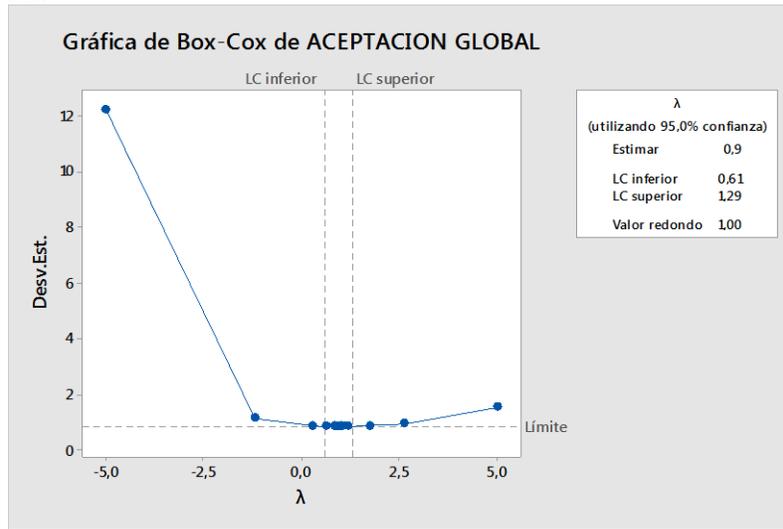
### Atributo gusto residual



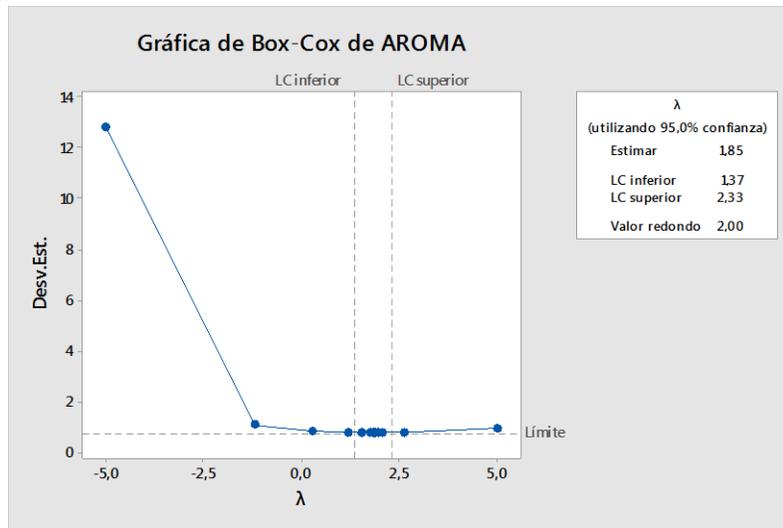
### Atributo textura



## Aceptación global

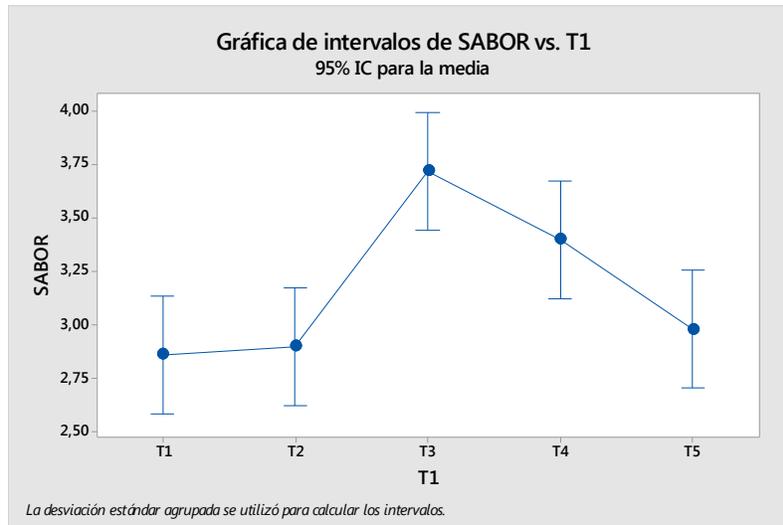


## Atributo aroma

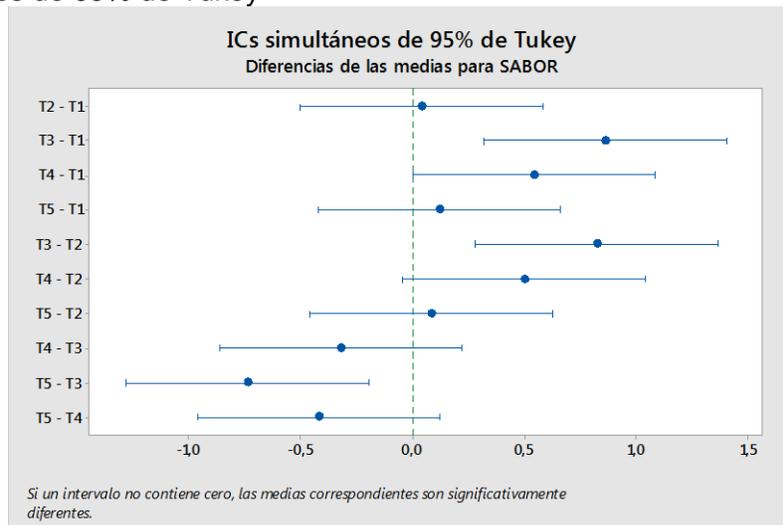


## ANEXO X. Comparación de medias para sabor en galletas

Intervalos de sabor vs. Tratamientos

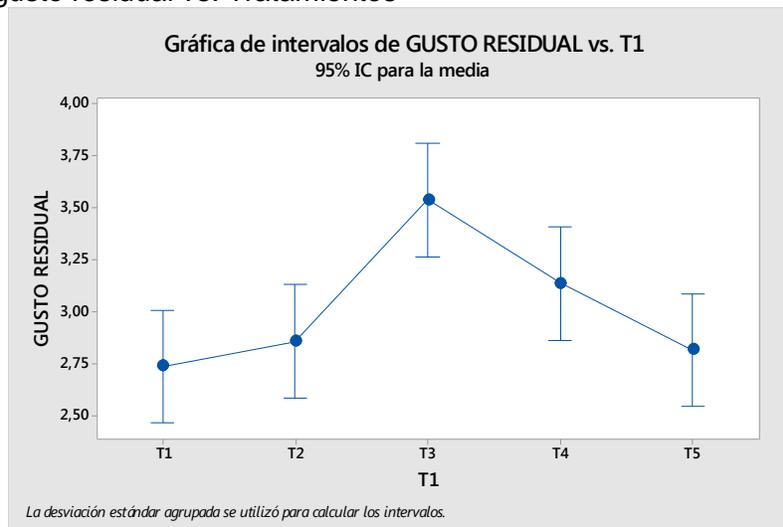


ICs simultáneos de 95% de Tukey

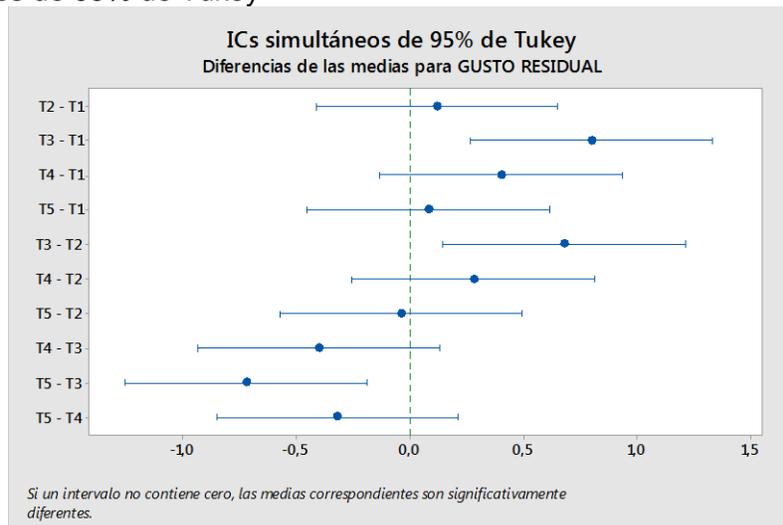


## ANEXO Y. Comparación de medias para gusto residual en galletas

Intervalos de gusto residual vs. Tratamientos

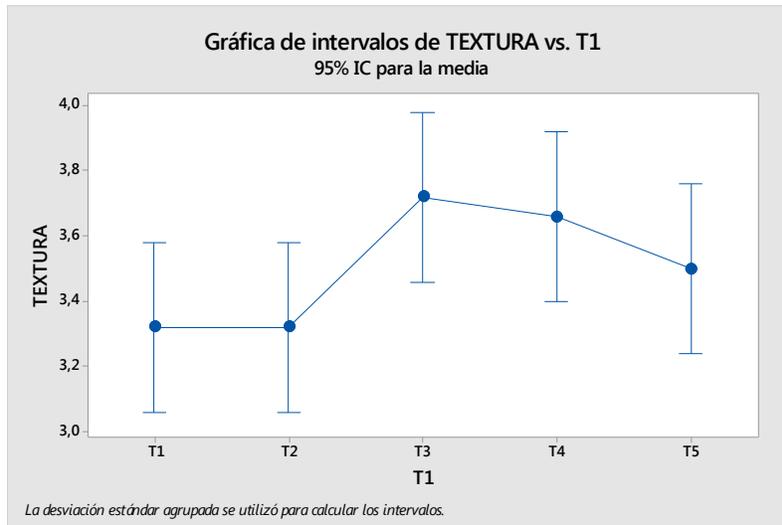


ICs simultáneos de 95% de Tukey

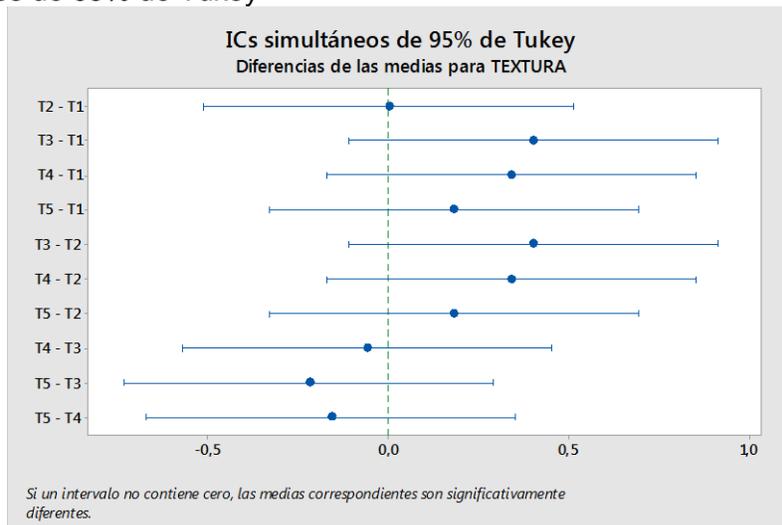


## ANEXO Z. Comparación de medias para textura en galletas

### Intervalos de textura vs. Tratamientos

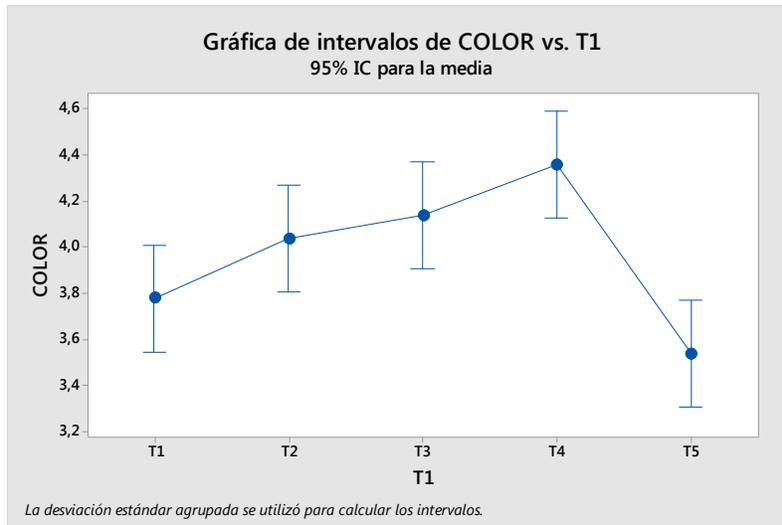


### ICs simultáneos de 95% de Tukey

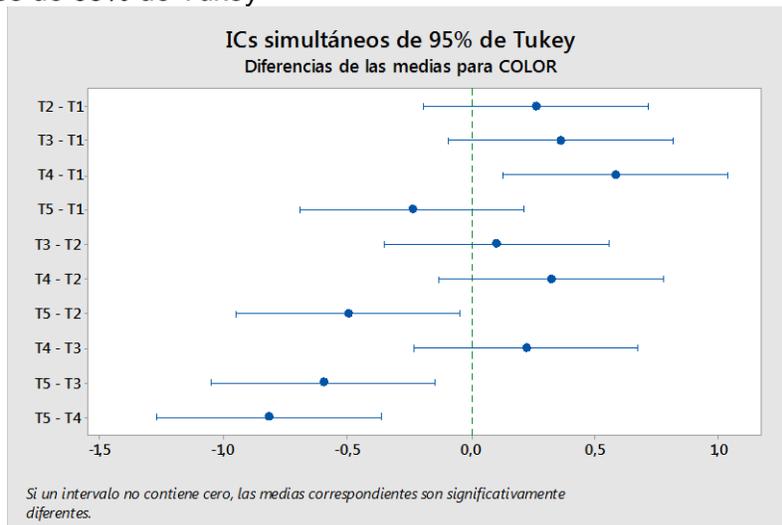


## ANEXO AA. Comparación de medias para color en galletas

Intervalos de color vs. Tratamientos

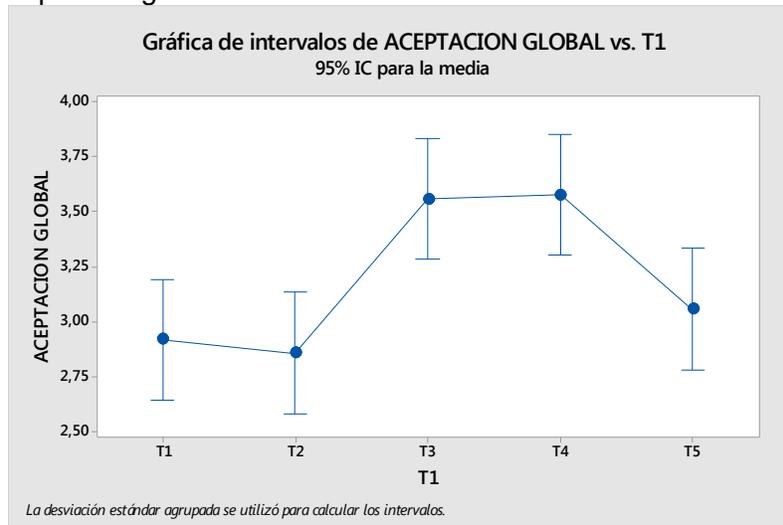


ICs simultáneos de 95% de Tukey

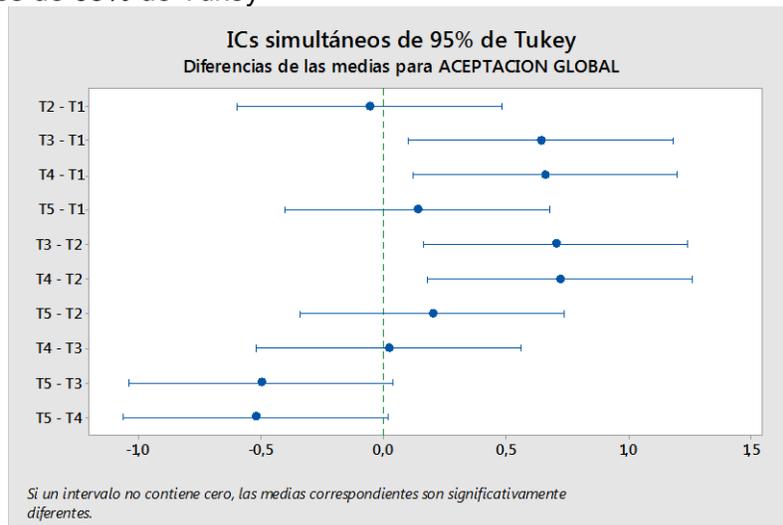


## ANEXO BB. Comparación de medias para aceptación global en galletas

Intervalos de aceptación global vs. Tratamientos



ICs simultáneos de 95% de Tukey



### ANEXO CC. Tabla de análisis sensorial

Resultado de prueba hedónica con una escala de 1 a 5, realizada en panelistas no entrenados de edades entre 18 y 28 años

Pan elis ta	AROMA					COLOR					SABOR					GUSTO RESIDUAL					TEXTURA					ACEPTACION GLOBAL				
	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
1	4	5	5	5	3	4	5	5	5	3	3	3	5	4	2	2	3	3	4	1	3	4	3	4	3	3	4	4	4	3
2	1	4	4	5	2	3	4	5	4	2	1	2	3	5	2	1	1	3	4	1	3	4	5	4	2	2	3	4	4	2
3	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	3	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5
4	2	3	4	3	1	2	3	4	3	2	3	1	4	2	1	2	2	3	1	1	2	2	2	1	2	2	1	3	2	1
5	2	4	3	3	1	3	3	4	4	2	2	3	4	2	1	2	3	3	1	1	3	4	3	1	3	2	3	4	2	1
6	4	3	4	4	4	4	3	3	3	5	3	3	3	4	5	3	3	4	4	4	4	3	4	5	5	3	3	4	4	5
7	4	4	4	4	4	3	4	5	4	4	2	4	5	3	2	2	3	5	3	2	3	3	4	4	3	2	3	4	3	2
8	5	4	3	5	2	5	4	4	5	2	5	5	3	5	2	5	4	3	5	2	5	5	4	5	2	5	4	3	5	2
9	4	5	5	5	4	3	5	5	5	3	2	2	3	3	2	2	2	4	2	2	3	3	4	3	4	2	2	4	4	3
10	4	3	5	5	3	4	5	5	5	4	4	3	5	2	3	4	5	5	5	3	4	5	5	5	4	4	3	5	4	3
11	5	4	5	5	3	4	4	5	5	4	2	2	4	4	4	2	1	4	3	3	2	3	4	5	5	2	2	4	3	4
12	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	3	4	4	3	3	3	3	3	2	2	4	3	4	4	2	4	3	3	4	1
13	4	5	5	5	3	5	4	5	5	4	5	2	5	2	2	4	2	4	1	2	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3
14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2	5	3	2	4	3	4	3	2	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3
15	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	5	4	4	2	2	4	4	3	2	3	2	3	2	2	2	2	3	3	2
16	2	5	3	5	2	2	3	4	3	2	2	3	3	5	3	2	2	3	3	2	2	1	2	3	2	2	2	3	3	2
17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3	3	4
18	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3
19	3	4	4	5	3	5	5	4	5	5	3	4	4	4	4	2	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	4	3
20	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	2	2	4	4	3	3	2	4	4	3	3	3	4	4	3	2	2	4	5	3
21	3	5	4	5	4	5	5	4	5	4	2	3	3	4	3	2	2	3	4	3	4	3	4	4	3	2	2	3	5	3
22	4	4	5	5	3	5	5	5	5	4	3	3	4	4	2	3	3	4	4	2	4	4	4	4	3	4	4	3	4	3
23	4	5	4	4	3	4	5	5	4	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	5	4	5	4	4	3	3	3	5	2
24	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2
25	3	5	5	5	4	4	5	4	4	3	2	1	4	5	2	2	1	3	3	2	3	5	4	4	4	1	1	5	5	1
26	3	4	5	4	3	4	5	4	5	2	1	2	3	4	2	2	2	4	3	2	2	3	3	4	2	2	2	4	4	3
27	3	4	3	4	2	3	4	3	4	2	2	3	4	3	2	2	3	4	3	2	3	4	4	5	3	2	3	3	4	3
28	2	4	4	3	5	4	2	3	4	3	2	2	2	1	4	2	2	2	1	4	3	3	3	4	4	2	2	2	1	3
29	3	4	3	3	2	4	4	4	4	4	2	2	1	2	3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	4	2	2	1	1	3
30	5	4	4	4	5	5	5	2	5	2	4	4	4	5	3	5	4	3	4	4	5	5	4	5	5	5	4	2	5	3
31	3	5	5	4	4	3	3	5	5	5	3	1	4	2	4	4	2	4	1	3	4	3	5	1	3	4	3	4	3	4
32	5	5	4	3	3	4	4	4	4	4	3	2	4	4	3	2	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	4	3	3

Pan elis ta	AROMA					COLOR					SABOR					GUSTO RESIDUAL					TEXTURA					ACEPTACION GLOBAL						
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5		
33	4	4	4	3	3	4	4	4	5	4	3	3	4	4	4	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	2	2	3	3	4	
34	3	4	3	3	3	3	4	3	4	4	2	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	
35	4	3	4	4	2	4	5	5	5	3	4	3	5	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	3	
36	4	3	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	
37	3	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	
38	4	4	4	4	4	3	4	3	5	5	5	3	4	5	2	4	4	4	4	2	3	5	4	5	4	4	4	4	4	4	5	3
39	3	4	4	2	1	3	4	4	5	2	2	3	4	2	2	1	3	4	2	2	2	2	3	4	4	3	2	3	4	3	3	
40	3	4	4	4	3	4	4	4	5	4	3	4	5	4	3	3	3	3	5	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	
41	4	2	4	3	2	3	3	3	4	2	2	3	3	3	2	4	2	4	4	3	5	3	4	4	2	3	2	5	3	4		
42	2	4	4	3	2	2	4	5	4	2	2	3	4	3	2	2	4	4	3	2	2	4	4	5	2	2	4	4	3	2		
43	3	5	5	4	4	3	4	4	4	5	3	4	5	3	2	3	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3	5	5	3		
44	4	5	5	4	3	3	4	4	4	2	2	3	4	3	2	2	3	4	3	2	2	3	4	3	2	2	3	4	3	3		
45	2	2	3	4	4	4	4	4	5	4	3	2	2	2	4	3	5	4	4	2	1	1	2	2	5	1	1	2	2	3		
46	4	3	3	4	4	4	3	4	3	5	3	2	3	4	4	3	2	2	4	3	3	2	2	4	4	3	2	1	4	4		
47	4	4	2	5	4	4	4	4	5	4	2	2	2	4	4	2	2	2	3	4	2	2	2	2	4	2	2	2	2	4		
48	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	5	3	4	4	3	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5		
49	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	4	3	5	3	4	4	3	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	5		
50	3	3	4	5	5	4	4	4	4	5	3	3	3	4	5	3	3	3	4	5	4	3	4	4	5	4	3	4	4	5		
Pro me dio	3, 5 4	4, 0 6	4,1 224 489 8	4,1 4	3 , 3	3, 7 8	4, 0 4	4, 1 4	4, 3 6	3, 5 4	2, 8 6	2, 7 9	3, 7 2	3, 3 4	2, 9 8	2, 7 4	2, 8 6	3, 5 4	3, 3 4	2, 8 2	3, 3 2	3, 3 2	3, 7 2	3, 6 6	3, 6 5	2, 9 2	2, 8 6	3, 5 6	3, 5 8	3, 5 0		

## ANEXO DD. Resultado fisicoquimico tratamiento T3



**EMPRESA** GERSON ARLEY LOPEZ  
**RESP.** GERSON ARLEY LOPEZ  
**AREA**  
**TEL/FAX** 3115893964  
**DIRECCION** CARRERA 2 # 2-35 BARRIO LA PAMBA

**REFERENCIA** 180212685  
**CODIGO INTERNO** FQP106  
**FECHA RECEPCION** 14 FEB 2018  
**FECHA ANALISIS** 15/02/2018  
**FECHA RESULTADO** 21 FEB 2018

**MUESTRA** T3  
**DATOS ADICIONALES** FF: 10/12/2017  
**CANTIDAD RECIBIDA** 410.5g  
**LOTE** NR  
**CONDICION** SOLIDO

### RESULTADO FISICOQUIMICO

ANALISIS	RESULTADO	METODO
HUMEDAD Y MATERIA VOLÁTIL g/100g	12,36	Pérdida por secado a 130 °C
PROTEINA TOTAL (%N x 6,25 g/100g)	6,79	Basado en ISO 1871
GRASA g/100g	6,42	Basado en AOAC 922.06
CENIZAS g/100g	1,06	Basado en AOAC 923.03
CARBOHIDRATOS TOTALES g/100g	73,37	CÁLCULO
CALORIAS TOTALES Kcal / 100 g	378,42	CÁLCULO

**NOTA:**

Las muestras se almacenarán durante 1 mes (muestras de alimentos no perecederos, materias primas, productos farmacéuticos y afines) y 1 semana (muestras de agua y alimentos perecederos)

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.

## ANEXO EE. Resultado fisicoquimico T5



**EMPRESA** GERSON ARLEY LOPEZ  
**RESP.** GERSON ARLEY LOPEZ  
**AREA**  
**TEL/FAX** 3115893964  
**DIRECCION** CARRERA 2 # 2-35 BARRIO LA PAMBA

**REFERENCIA** 180212687  
**CODIGO INTERNO** FQP107  
**FECHA RECEPCION** 14 FEB 2018  
**FECHA ANALISIS** 15/02/2018  
**FECHA RESULTADO** 21 FEB 2018

**MUESTRA** T5  
**DATOS ADICIONALES** CONTROL  
**CANTIDAD RECIBIDA** 408.0g  
**LOTE** NR  
**CONDICION** SOLIDO

### RESULTADO FISICOQUIMICO

ANALISIS	RESULTADO	METODO
HUMEDAD Y MATERIA VOLÁTIL g/100g	12,73	BIO-PR-031 V7 2015-08-05
PROTEINA TOTAL (%N x 6,25) g/100g	12,57	Basado en ISO 1871
GRASA g/100g	2,59	Basado en AOAC 922.06
CENIZAS g/100g	0,94	Basado en AOAC 923.03
CARBOHIDRATOS TOTALES g/100g	71,17	CÁLCULO
CALORIAS TOTALES Kcal / 100 g	358,27	CÁLCULO

**NOTA:**

Las muestras se almacenarán durante 1 mes (muestras de alimentos no perecederos, materias primas, productos farmacéuticos y afines) y 1 semana (muestras de agua y alimentos perecederos)

El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.

No se permite la reproducción total o parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.