



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**

---

**“UTILIZACIÓN DE GOMA XANTHAN Y MONOGLICÉRIDO  
DESTILADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA  
DEL PAN ELABORADO A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA  
(*Manihot esculenta*)”**

---

Trabajo de investigación (Graduación). Modalidad: Seminario de graduación. Presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniería en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

**Por: Ximena Isabel Wong Baros**

**Tutor: Ing. Alexandra Lascano**

**Ambato-Ecuador**

**2012**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS**

El presente trabajo investigativo: “UTILIZACIÓN DE GOMA XANTHAN Y MONOGLICÉRIDO DESTILADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL PAN ELABORADO A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*)”, desarrollado por la egresada Ximena Isabel Wong Baros; contempla las orientaciones metodológicas de la Investigación Científica.

Que ha sido dirigida en todas sus partes, cumpliendo con las disposiciones por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Por lo expuesto:

Autorizo su presentación ante los organismos competentes para la sustentación del mismo.

.....  
Ing. Alexandra Lascano  
TUTOR DEL PROYECTO

## **AUTORIA DE LA TESIS**

La responsabilidad del contenido del Proyecto de Investigación: “UTILIZACIÓN DE GOMA XANTHAN Y MONOGLICÉRIDO DESTILADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL PAN ELABORADO A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*)”, corresponde exclusivamente a la Sta. Ximena Isabel Wong Baros y es patrimonio intelectual de la Universidad Técnica de Ambato.

.....  
Srta. Ximena Wong B.

AUTOR

.....  
Ing. Alexandra Lascano

TUTOR PROYECTO

## **APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el proyecto de Investigación sobre el tema: “UTILIZACIÓN DE GOMA XANTHAN Y MONOGLICÉRIDO DESTILADO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DEL PAN ELABORADO A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*)”, desarrollado por la egresada Ximena Isabel Wong Baros; el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos

Para constancia, firman:

.....  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermanos, por sus sacrificios, por estar siempre a mi lado y ser el motivo de mi lucha para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme lo más preciado, la vida y fortaleza necesaria para seguir adelante.

Con todo mi amor dedico a mis padres, Mireya Baros y Cesar Wong, que representan un motor importante en mi vida, por brindarme la oportunidad de llevar a cabo cada uno de mis sueños, por ser mi apoyo y guía incondicional en todo momento.

A mis hermanos, Andrés y Javier por el cariño y apoyo brindado.

A la Ing. Alexandra Lascano, por su valioso conocimiento y ayuda para la culminación de este trabajo.

A mis amigas Alejandra, Daniela, Janina y Mayra, por compartir conmigo su valiosa amistad y brindarme su apoyo siempre.

A los miembros del jurados por sus valiosos comentarios y correcciones, juicios fundamentales para la construcción del documento final.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, por permitirme formar parte de esta prestigiosa institución y la Unidad Operativa de Investigación en Tecnología de Alimentos, por su contribución en la realización de este trabajo.

# INDICE GENERAL

	<b>Página</b>
Resumen Ejecutivo	XIV
 <b>CAPITULO I</b>	
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	
1.1. Tema de investigación	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.2.1. Contextualización	1
1.2.2. Análisis Crítico	8
1.2.3. Prognosis	9
1.2.4. Formulación del problema	9
1.2.5. Preguntas directrices	9
1.2.6. Delimitación	10
1.3. Justificación	10
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Objetivo general	12
1.4.2. Objetivos Específicos	12
 <b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Antecedentes Investigativos	13
2.2. Fundamentación Filosófica	19
2.3. Fundamentación Legal	19
2.4. Categorías Fundamentales	21
2.4.1 Empleo de goma xanthan y monoglicérido destilado	22
2.4.2 Textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca	26

<b>2.5.</b>	Hipótesis	32
<b>2.6.</b>	Señalamiento de variables	32

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA**

<b>3.1.</b>	Enfoque	33
<b>3.2.</b>	Modalidad básica de la investigación	33
<b>3.3.</b>	Nivel o tipo de investigación	34
<b>3.4.</b>	Población y muestra	35
<b>3.5.</b>	Operación de variables	35
<b>3.6.</b>	Recolección de la información	36
<b>3.7.</b>	Plan de procesamiento de la información	44

### **CAPITULO IV**

#### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

<b>4.1.</b>	Análisis e interpretación de resultados	45
<b>4.1.1.</b>	Caracterización de la textura del pan mediante el Texturómetro Brookfield	45
<b>4.1.2.</b>	Delimitación del mejor tratamiento	48
<b>4.1.3.</b>	Caracterización del comportamiento reológico del mejor tratamiento mediante Mixolab System	50
<b>4.1.3.1.</b>	Absorción de agua	50
<b>4.1.3.2.</b>	Índice de amasado	51
<b>4.1.3.3.</b>	Índice de gluten	51
<b>4.1.3.4.</b>	Índice de viscosidad	52
<b>4.1.3.5.</b>	Índice amilásico	53
<b>4.1.3.6.</b>	Índice de retrogradación	53
<b>4.1.4.</b>	Análisis microbiológico	54
<b>4.1.5.</b>	Análisis de pérdida de peso	56
<b>4.1.6.</b>	Análisis de humedad	56

<b>4.1.7.</b> Análisis sensorial del pan de yuca elaborado en comparación con marcas comerciales	57
<b>4.1.7.1.</b> Apariencia del pan	58
<b>4.1.7.2.</b> Color de la corteza	59
<b>4.1.7.3.</b> Olor del pan	59
<b>4.1.7.4.</b> Sabor del pan	60
<b>4.1.7.5.</b> Textura del pan	60
<b>4.1.7.6.</b> Aceptabilidad del pan	61
<b>4.1.8.</b> Análisis de costos	62
<b>4.2.</b> Verificación de hipótesis	64

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>5.1.</b> Conclusiones	65
<b>5.2.</b> Recomendaciones	69

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

<b>6.1.</b> Datos informativos	71
<b>6.2.</b> Antecedentes de la propuesta	72
<b>6.3.</b> Justificación	75
<b>6.4.</b> Objetivos	76
<b>6.4.1.</b> Objetivo General	76
<b>6.4.2.</b> Objetivos específicos	76
<b>6.5.</b> Análisis de factibilidad	77
<b>6.6.</b> Fundamentación	78
<b>6.7.</b> Metodología	83
<b>6.8.</b> Administración	85
<b>6.9.</b> Previsión de la evaluación	86



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Principales productores de yuca a nivel mundial	2
<b>Tabla 2.-</b> Operación de variable dependiente e independiente	35
<b>Tabla 3.-</b> Recursos económicos de la propuesta	78
<b>Tabla 4.-</b> Modelo operativo de la propuesta (plan de acción)	84
<b>Tabla 5.-</b> Administración de la propuesta	85
<b>Tabla 6.-</b> Previsión de la evaluación	86

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Principales destinos de las exportaciones ecuatorianas de yuca	5
<b>Figura 2.-</b> Árbol de problemas	8
<b>Figura 3.-</b> Categorías fundamentales	21
<b>Figura 4.-</b> Efecto de los emulsificantes	24
<b>Figura 5.-</b> Efecto de los emulsificantes en la estructura de la masa	25
<b>Figura 6.-</b> Mecanismos de retrogradación del almidón	27
<b>Figura 7.-</b> Función de las fracciones del almidón en el envejecimiento del pan sin emulsificantes	29
<b>Figura 8.-</b> Diagrama de flujo para el pan de yuca precocido	82

## **ANEXOS**

### **Anexo A.- DATOS OBTENIDOS**

<b>Anexo A-1.</b> Análisis del Texturómetro Brookfield	96
<b>Anexo A-2.</b> Análisis efectuados por el Mixolab Chopin	102
<b>Anexo A-3.</b> Análisis microbiológicos	103
<b>Anexo A-4.</b> Análisis de pérdida de peso	104
<b>Anexo A-5.</b> Análisis de pérdida de humedad	105
<b>Anexo A-6.</b> Análisis sensorial de todos los tratamientos	106
<b>Anexo A-7.</b> Ficha de catación	112
<b>Anexo A-8.</b> Análisis sensorial del mejor tratamiento comparado con marcas comerciales	113
<b>Anexo A-9.</b> Análisis de costos	125

### **Anexo B.- GRÁFICOS**

<b>Anexo B-1.</b> Diagrama de flujo de la elaboración de pan de yuca	130
<b>Anexo B-2.</b> Gráficos del Texturómetro Brookfield	131
<b>Anexo B-3.</b> Gráficos del análisis Mixolab Chopin	140
<b>Anexo B-4.</b> Gráficos del análisis microbiológico	142
<b>Anexo B-5.</b> Gráficos del análisis de pérdida de peso	143
<b>Anexo B-6.</b> Gráficos del análisis de pérdida de humedad	144
<b>Anexo B-7.</b> Gráficos del análisis sensorial del mejor tratamiento comparado con marcas comerciales	145

### **Anexo C.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO (STATGRAPHICS PLUS)**

<b>Anexo C-1.</b> Texturómetro Brookfield	152
<b>Anexo C-2.</b> Análisis sensorial de los tratamientos (bloques incompletos)	158

<b>Anexo C-3. Análisis sensorial del mejor tratamiento comparado con marcas comerciales</b>	<b>164</b>
<b>Anexo D.- NORMAS</b>	
<b>Anexo D-1. Norma Inen 93 (Pan. Terminología)</b>	<b>171</b>
<b>Anexo D-2. Brookfield Texture Analyzer, Operating Instructions</b>	<b>172</b>
<b>Anexo D-3. ICC Draft Standard N°. 173</b>	<b>174</b>
<b>Anexo D-4. Norma Inen 95:1979 (Pan Común. Requisitos)</b>	<b>175</b>
<b>Anexo D-5. Norma Inen 530 (Harina de Trigo- Ensayo de Panificación)</b>	<b>179</b>
<b>Anexo D-6. Norma Inen 1529 – 10:98 (Control Microbiológico de Alimentos, Mohos y Levaduras Viabiles. Recuento en Placa por Siembra en Profundidad)</b>	<b>184</b>
<b>Anexo E.- FOTOGRAFÍAS</b>	<b>188</b>

## RESUMEN

El consumo de pan se ha extendido en el mundo, lo que ha ocasionado una creciente dependencia del trigo importado en nuestro país. Sin embargo, Ecuador dispone de una gran producción de otros productos como la yuca, el cual, aunque no posea las mismas características panificables del trigo, puede emplearse para la elaboración de pan.

Es por ello, que el presente trabajo de investigación estudia la alternativa de emplear el almidón de yuca para la elaboración de un pan, incorporando aditivos para mejorar y conservar la textura suave del pan de almidón de yuca, puesto que a que a medida que transcurre el tiempo y con el enfriamiento, ésta se vuelve muy rígida, lo que se debe a la retrogradación del almidón y a la pérdida de humedad.

Se trabajó con goma xanthan en cantidades de 0.1, 0.3 y 0.5% y monoglicérido destilado con 0.5, 1 y 1.5%, debido a las características que estos aditivos presentan como agentes mejoradores en la panificación, obteniéndose un total de 9 tratamientos.

Se evaluaron parámetros como la dureza (g), trabajo dureza terminado (mJ), y deformación recuperable (mm), durante 3 días y a temperatura ambiente; a más de la realización de un análisis sensorial para todos los tratamientos, determinando como mejor tratamiento el a2b1 (0,5% goma xanthan y 1% monoglicérido destilado). Además, se determinó un adecuado comportamiento reológico de la masa, menor pérdida de peso y humedad comparado con la muestra patrón (sin aditivos) y análisis microbiológicos para mohos y levaduras, los cuales revelaron un tiempo de vida útil de 4 días.

Se realizó un análisis sensorial entre el mejor tratamiento y marcas comerciales (Facundo y Real), manifestando una mayor preferencia para el pan de yuca del mejor tratamiento en cuanto a sabor, textura y aceptabilidad. Se efectuó además un análisis de costos para evaluar su rentabilidad dentro del mercado, revelando un costo unitario de 0,15 ctvs., en comparación a panes de comerciales como el "Yogurt Persa", que se expende a 0.30 ctvs., y el pan yuca de la corporación "Supermaxi", comercializado a 0.37 ctvs.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Tema de Investigación

“Utilización de goma xanthan y monoglicérido destilado para el mejoramiento de la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta*)”

### 1.2 Planteamiento del Problema

Uno de los principales problemas de la industria de panificación, especialmente en el pan de almidón de yuca, es mantener un pan fresco para que el cliente lo consuma en cualquier momento del día; debido a que a medida que transcurre el tiempo y con el enfriamiento, empiezan a cambiar ciertas características, una de ellas, su textura, que se vuelve muy rígida, lo cual se debe a la pérdida de humedad en el pan y a la retrogradación del almidón, en la cual, las moléculas de almidón gelatinizadas se aglomeran progresivamente mediante enlaces de hidrógeno, incrementándose la cristalinidad dentro del gel dando como resultado una estructura dura, poco atractiva para el consumidor.

#### 1.2.1 Contextualización

La yuca es originaria de América Latina y el Caribe (ALC), donde se ha cultivado desde épocas prehistóricas. Su adaptación a diversos ecosistemas, su potencial de producción, la versatilidad de su mercado y de su uso final la han convertido en la base de la alimentación de la población rural y en una alternativa de comercialización para los centros urbanos (CLAYUCA, 2009).

Montoya (2007), indica que entre sus principales características se destaca su gran potencial para la producción de almidón, su tolerancia a la sequía y a los suelos degradados y su gran flexibilidad en la plantación y la cosecha adaptándose a diferentes condiciones de crecimiento.

En la tabla 1 se observan los principales productores de yuca a nivel mundial, siendo el continente africano y en particular en Nigeria, el Congo y Ghana donde la mayor producción se concentra. Le siguen en importancia el continente asiático, principalmente Tailandia e Indonesia. Finalmente, Brasil encabeza los principales productores de yuca en América Latina y el Caribe (CICO, 2009).

**Tabla 1.** Principales productores de yuca a nivel mundial

<b>Principales Productores de Yuca a Nivel Mundial</b>	
<b>Países</b>	<b>Participación (%)</b>
<i>Mundo</i>	100
Nigeria	18.18
Brasil	12.24
Indonesia	9.51
Tailandia	9.43
Congo	7.65
Ghana	5.05
Tanzania	3.54
India	3.45
Angola	3.40
Mozambique	3.15
Uganda	2.77
Vietnam	2.68
Paraguay	2.50
China	2.10
Benín	1.56
Madagascar	1.12
Malawi	1.08
Camerún	1.00
Colombia	0.98
Filipinas	0.83

**Fuente:** (CICO, 2009)

La yuca (*Manihot esculenta*), recibe diferentes nombres conforme a la zona geográfica: “yuca” en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas, “mandioca” en Argentina, Brasil y Paraguay, “cassava” en países anglo parlantes, “guacamote” en México, “aipi” y “macacheira” en Brasil y “mhogo” en los países de África oriental (Montoya, 2007).

Perfetti (2000), señala que este tubérculo gracias a su importante contenido proteico y energético constituye uno de los alimentos fundamentales en aquellas zonas con déficit alimentario. En las zonas tropicales, la yuca está calificada como la cuarta fuente de calorías después del arroz, azúcar y maíz.

La yuca tiene cuatro principales usos (mercados): para el consumo humano, como raíz fresca o congelada; en la industria alimenticia como insumo y como producto intermedio; en la industria productora de alimentos balanceados para animales como materia prima (Perfetti, 2000).

La FAO (2006), menciona que en América Latina y el Caribe está creciendo la producción comercial de almidón de yuca, con una fuerte tendencia a la producción de almidones modificados e hidrolizados, que obtienen precios más altos. Sin embargo, la extracción de almidón representa una parte muy pequeña del total de la producción de yuca.

De manera general se prevee un aumento en el consumo de la yuca, principalmente por el uso alternativo que se puede hacer de ella. Según la FAO, un uso prometedor es la fermentación del almidón para producir el etanol, empleado como biocombustible. Por otro lado, iniciativas como las adoptadas por el Brasil y Nigeria, imponen la inclusión obligatoria del 10% de harina de yuca en la producción de pan, a fin de reducir la dependencia de las importaciones de trigo y ofrecer a los productores de yuca una salida de mercado, lo cual generará un incremento gradual del consumo del tubérculo (Ponce y Oña, 2009).

En Venezuela, Colombia y República Dominicana se utiliza la yuca para preparar el “casabe”, una torta plana de harina de yuca, producida a partir de las variedades amargas. En Brasil con esta harina de mandioca se preparan unas tortillas muy finas denominadas pan de mandioca o pan de queso (Infojardín, 2011).

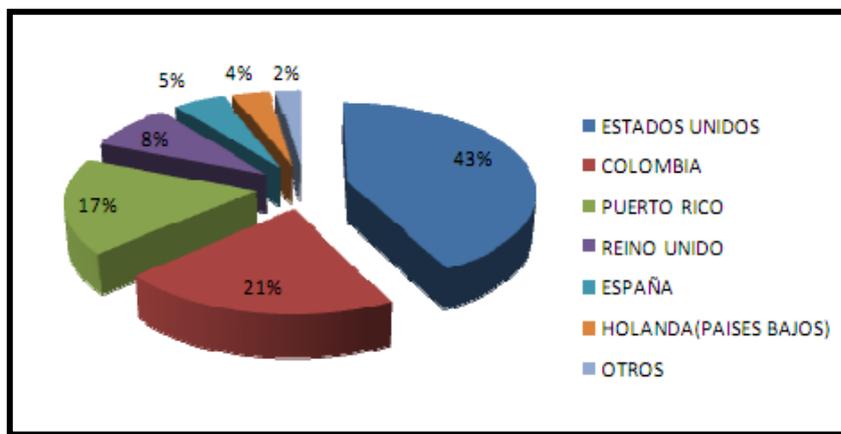
Brasil exporta su pan de yuca con queso a todo el mundo. En Colombia también existe el pan de queso pero tiene forma alargada en contrapartida con los brasileños de forma redondeada. En Perú, también se llaman Pan de bono o Bolitas de yuca. Su equivalente en Argentina, Paraguay y Brasil (la zona de la triple frontera) es el Chipá (panes redondeados de harina de mandioca o de maíz) que se ha extendido hasta la zona de la provincia de Buenos Aires. Todas llevan los mismos ingredientes, harina o almidón de mandioca, aceite, o manteca, queso, huevos y leche; la diferencia está en las proporciones de los mismos (Carioca, 2008).

Ponce y Oña (2009), indican que en Ecuador, se cultiva este tubérculo principalmente en las llanuras tropicales. La yuca tiene muchas ventajas para los agricultores de bajos ingresos, ya que se da en suelos pobres o en tierras marginales donde no se pueden producir otros cultivos. Por otro lado, el cultivo requiere de pocos fertilizantes, plaguicidas y agua. Puede cosecharse en cualquier momento entre los 8 y 24 meses después de haberla plantado, por lo que puede quedarse en la tierra como defensa contra una escasez de alimentos inesperada.

Según el Ministerio de Agricultura, la producción anual de yuca en Ecuador alcanza un promedio de 170 mil toneladas, de las cuales, en Manabí se cosechan unas 30 mil toneladas (Crantz, 2002). Se cultiva principalmente en Chone, Pichincha y Flavio Alfaro de la provincia de Manabí; en Santo Domingo de los Colorados y en Buena Fe de los Ríos,

obteniendo el almidón de forma artesanal y en pequeñas cantidades (Olmos, 2003).

Ecuador exporta yuca a más de 10 países, entre ellos Países Bajos, España, Bélgica, Alemania, Francia, Reino Unido y Colombia, pero su principal mercado es Estados Unidos al cual se dirigió el 43% del total de las exportaciones en el período 2004-2008, como se indica en la figura N°1(CICO, 2009).



**Figura 1.** Principales destinos de las exportaciones ecuatorianas de yuca (2004-2008)

**Fuente:** (CICO, 2009)

La yuca produce un almidón excelente, en comparación con los almidones obtenidos de casi todas las demás plantas, es más claro y tiene más viscosidad, es muy estable en los productos alimentarios ácidos. También tiene propiedades óptimas para su uso en productos no alimentarios, como los farmacéuticos y los termoplásticos naturales (FAO, 2006).

La harina de yuca es uno de los productos derivados más importantes de la yuca, se obtiene del proceso de molienda y tamizado de trozos secos de yuca. Esta puede utilizarse en formulaciones de alimentos como pan, pastas, mezclas para tortas, bizcochería, mezcla de harinas para coladas

y productos extruidos. Adicionalmente, la harina de yuca se podría combinar con harinas de otras fuentes para obtener productos que presenten un balance en los requerimientos diarios de vitaminas, minerales esenciales y calidad proteica (Henaó, 2004).

Según Henaó (2004), es importante resaltar que aunque la harina de yuca presenta un bajo porcentaje de proteína (alrededor del 2%), la cual contribuye muy poco en las propiedades visco-elásticas funcionales muy especiales de la proteína del trigo que permiten la formación del gluten. Uno de los aportes importante de la harina de yuca es su mayor contenido de fibra (por encima del 3%) comparado con el contenido presente en la harina de trigo (por debajo del 1%). Las harinas de yuca proveen conveniencia en el área de la panificación ante una sociedad preocupada por la buena salud y nutrición, con la obtención de pan de alto contenido de fibra.

Según Alvarado (2009), la yuca al no contener gluten es un alimento apto para celíacos, los cuales deben mantener una dieta sin gluten durante toda la vida, pues la ingestión de pocas cantidades de gluten puede producir lesión de las vellosidades intestinales, afectando la capacidad para absorber los nutrientes. Sin embargo es larga la lista de alimentos que no son permitidos en la dieta de este grupo de personas. En contexto, las personas que padecen de este trastorno tienen pocas opciones alimenticias. Por lo tanto, se requieren soluciones tecnológicas creativas para hacer disponibles productos alimenticios con propiedades deseables para que no afecten a la salud de los celíacos.

Los panes de almidón de yuca son una alternativa viable como alimento apto para celíacos debido a la carencia de gluten. En Ecuador constituye un popular refrigerio caracterizado porque su interior es gelatinoso y algo húmedo, su tamaño es alrededor de 2 cm a 15 cm de diámetro, con aproximadamente 5 cm de alto (Tinoco, 2008).

Según Olmos (2003), en Chone 400 familias se dedican exclusivamente a la extracción de almidón de yuca, para la posterior elaboración de pan. Se producen unos mil quintales semanales, que van a los mercados de Guayaquil, Quito y otras ciudades.

Según Laylita's Recipes (2008), en Ecuador, el pan de yuca se sirve generalmente con batidos de yogur y hay varios restaurantes cuya especialidad es el pan de yuca con yogurt. Por lo general sirven pan de yuca como aperitivo, con ají de tomate de árbol , pero también son excelentes para el desayuno, con un café o té.

### 1.2.2 Análisis Crítico

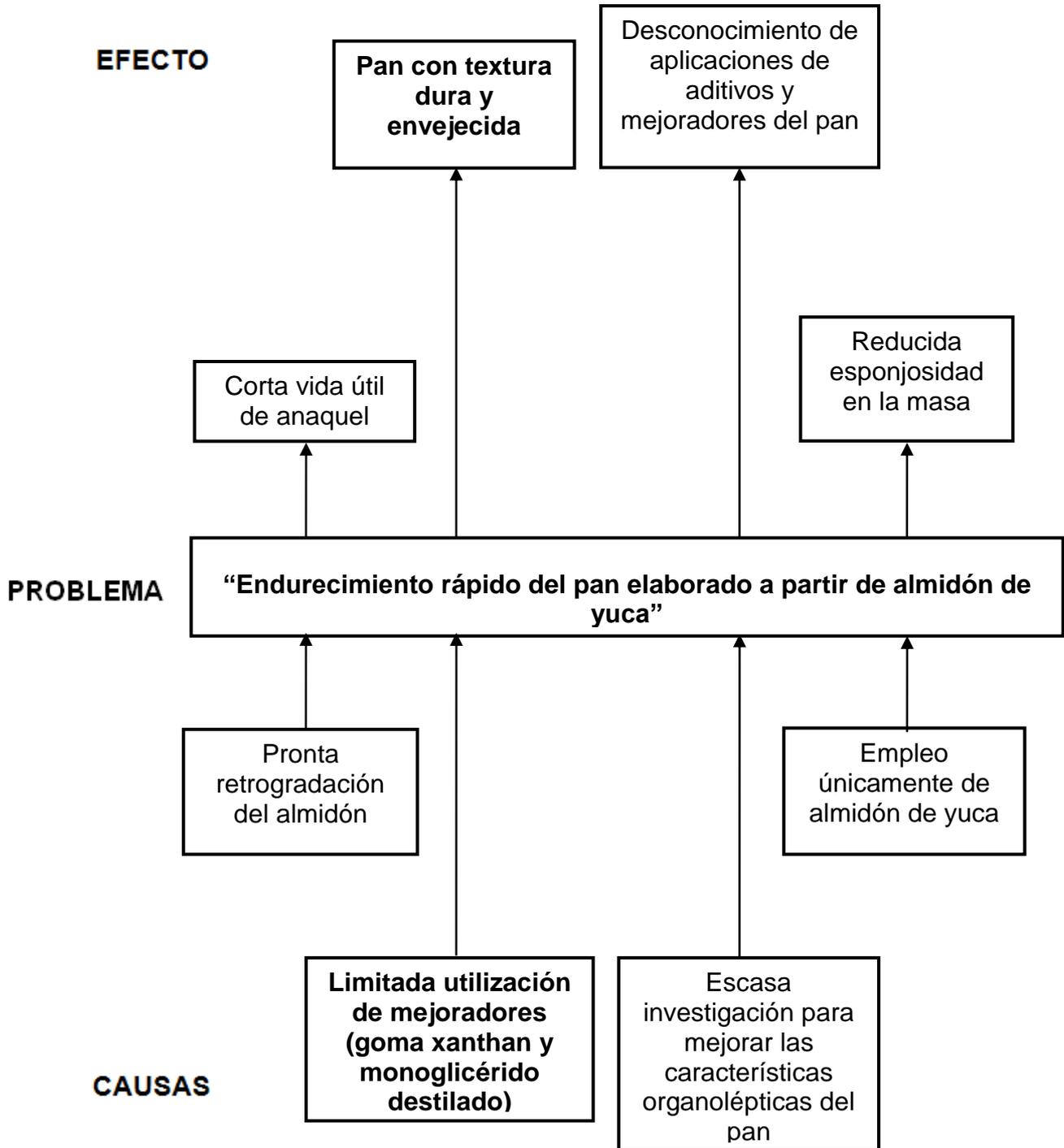


Figura 2. Árbol de problemas

Elaborado por: Ximena Wong, 2011

### **1.2.3 Prognosis**

En caso de no efectuarse la presente investigación se perdería una posible alternativa de proveer un pan de almidón de yuca fresco, de buena calidad y en cualquier momento del día; sin que este pierda rápidamente su textura suave luego del enfriamiento, esto gracias a la incorporación de aditivos como la goma xanthan y el monoglicérido destilado.

Además, esta es una opción viable para emplear el almidón de yuca, puesto que éste no es aprovechado mayormente en la industria panadera, ya que en su mayoría se elaboran productos de panificación a partir de harina de trigo o con un porcentaje muy reducido de harina de otros cereales o tubérculos.

### **1.2.4 Formulación del Problema**

¿La utilización de goma xanthan y monoglicérido destilado mejorará la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta*)?

### **1.2.5 Preguntas Directrices**

- ¿Se logrará evaluar el efecto de goma xanthan y monoglicérido destilado en la textura de pan de almidón de yuca empleando el texturómetro Brookfield?
- ¿Se establecerá el mejor tratamiento en base a un análisis estadístico?
- ¿Cómo se caracterizará el comportamiento reológico del mejor tratamiento?
- ¿Cómo evaluar las características físicas y microbiológicas del pan de yuca?

- ¿Se podrá determinar la aceptabilidad del pan de yuca elaborado por medio de un análisis sensorial?
- ¿Se establecerá un análisis de costos de producción en la elaboración de pan de almidón de yuca?

### 1.2.6 Delimitación

<b>Área:</b>	Tecnología de Cereales
<b>Sub-Área:</b>	Panificación
<b>Sector:</b>	Aditivos en pan
<b>Sub-Sector:</b>	Utilización de goma xanthan y monoglicérido destilado como mejoradores de textura del pan de almidón de yuca
<b>Delimitación Especial:</b>	Unidad Operativa de Investigación en Tecnología en Alimentos (UOITA) de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos
<b>Delimitación Temporal:</b>	Octubre 2011 – Julio 2012

### 1.3 Justificación

En muchos países en vías de desarrollo, el consumo de pan se ha extendido y hay una creciente dependencia del trigo importado. Sin embargo, el Ecuador presenta una alta producción de otros productos como la yuca, el cual, aunque no posea las mismas características panificables del trigo, puede utilizarse para la fabricación de pan. Desde el punto de vista de desarrollo económico del país, sería favorable que los países dependientes del trigo puedan reducir estas importaciones, o incluso eliminarlas, satisfaciendo la demanda de pan con productos cultivados en el mismo país.

La importancia del presente estudio radica en que a pesar de existir una gran producción de yuca a nivel nacional, ésta es empleada únicamente para consumo directo como raíz fresca, por lo que a nivel nacional se presenta una escasa industrialización de productos elaborados a partir de la yuca, debido a que no se han desarrollado alternativas para darle un valor agregado.

Según Herrera (2009), la yuca contiene un alto porcentaje de almidón, la cual no se aprovecha mayormente en la industria de panificación, de igual manera no existen alternativas para cuando hay una sobreproducción o no se ha podido comercializar en su totalidad, a pesar de que ésta es una opción viable como materia prima para diversos productos.

Es por ello, que esta investigación propone la alternativa de emplear el almidón de yuca para la elaboración de un pan, que además de presentar una buena acogida, ofrece una salida de mercado viable, puesto que se brindará un producto con mayor tiempo de vida útil, ya que, a pesar de que este pan presenta una textura endurecida y envejecida al enfriarse, mediante el empleo de los aditivos propuestos, se mejorará y conservará la textura suave del pan de yuca por mayor tiempo.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Utilizar goma xanthan y el monoglicérido destilado para el mejoramiento de la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de goma xanthan y monoglicérido destilado en la textura de pan de almidón de yuca empleando el Texturómetro Brookfield.
- Establecer el mejor tratamiento en base a un análisis estadístico.
- Caracterizar el comportamiento reológico del mejor tratamiento mediante el Mixolab System.
- Evaluar las características físicas y microbiológicas del mejor tratamiento de pan de yuca obtenido.
- Determinar la aceptabilidad del pan de almidón de yuca elaborado en comparación a marcas comerciales, por medio de un análisis sensorial.
- Analizar los costos de producción para la elaboración del mejor tratamiento obtenido de pan de almidón de yuca.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes Investigativos

Al revisar investigaciones previas que sirven de soporte al nuevo estudio, se puede citar los siguientes trabajos realizados acerca del almidón de yuca y su empleo en formulaciones de panificación:

Knight (1974), citado por Navarrete y Navas (1980), realizó un estudio sobre el secado de yuca y la aplicación de tecnología apropiada para la fabricación de “Pan de yuca” en la región nororiental ecuatoriana, reportando que durante el amasado de almidón de yuca, se observó una alta viscosidad inicial, seguida de una pasta frágil y rápidamente abatida bajo calor y movimiento. Durante el enfriamiento la pasta envejece existiendo un retroceso y la formación de un gel compacto, pero más blando que el observado en almidón de maíz. Indicó además que, aunque el almidón de yuca no es un almidón amilopectino, su comportamiento en muchas rutas es el mismo que los almidones de maíz o sorgo.

Salazar y Álvarez (2001), desarrollaron formulaciones aptas para panificación con harinas compuestas, sustituyendo harina de trigo hasta un 50% por harina de yuca dulce, comprobando que un aumento del contenido de harina de yuca (hasta 50% en las mezclas ensayadas) provoca un aumento de la viscosidad máxima, lo cual se debe a que se utilizó como aditivo para incrementar la calidad de las harinas, el ácido fosfórico y la glicerina, que permitió mejorar las propiedades viscoelásticas.

Dentro de los resultados obtenidos, se indica que el índice de absorción de agua de las mezclas analizadas, aumenta proporcionalmente con el incremento de harina de yuca en la formulación, además se observó una correlación directa entre las variables esponjosidad y retención de gas, las cuales son inversas con el índice de firmeza.

Además en cuanto a la textura, se observó una correlación directa con el índice de firmeza e inversa con respecto a los parámetros viscoamilográficos al ir aumentando el contenido de harina de yuca en las muestras ensayadas. Por consiguiente al disminuir la fuerza del gel durante la cocción de las masas y el grado de retrogradación de los almidones durante el enfriamiento, aumentó la firmeza en los panes ensayados, lo cual se comprobó mediante evaluación sensorial (Salazar y Álvarez, 2001).

Henao (2004), menciona que la principal desventaja de la harina de yuca en la fabricación de pan es su bajo contenido de proteína en comparación con la proporción y propiedades de la proteína de trigo, que es la responsable de la formación de gluten en los procesos panarios; el aporte que la harina de yuca presenta en la elaboración de pan, es su contenido de fibra, mayor que el trigo, lo que le hace compatible con el uso de harinas integrales.

Además se indica que a mayor proporción de harina de yuca, disminuye el volumen del pan, la textura se hace más dura y se acentúa la coloración de la miga. Se realizó un análisis químico y nutricional de los panes y se encontró que el valor nutritivo en general disminuye a medida que se aumenta la proporción de harina de yuca empleada en la mezcla, sin embargo investigaciones realizadas por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), han demostrado la posibilidad de obtener pan utilizando 100% harina de yuca, indicando además que el valor del

contenido de almidón en la harina de trigo es menor en 20% al compararlo con las harinas de yuca.

Entre los análisis realizados en este estudio, se destaca que las harinas de yuca presentaron viscosidades por encima de 400Cp, este hecho ocasiona que en las harinas compuestas, la presencia de harina de yuca aumente su valor de viscosidad máxima. A más de ello, al usar harina de yuca, se absorbe más agua y por ende se obtiene un mayor volumen de masa, lo que hace aumentar la producción de pan. Es por ello que según Henao (2004), en Venezuela, el pan a base de harina de trigo y de yuca ha sido elaborado desde hace largo tiempo hasta con un 60% de harina de yuca.

Santacruz (2005), indica que los lípidos juegan un papel importante en el control del envejecimiento del almidón mediante la inhibición de la retrogradación, indicando que el almacenamiento de alimentos que contienen almidón gelatinizado a menudo resulta en cambios de textura indeseables, algunos de esos cambios están relacionados al proceso de retrogradación, el cual depende del tiempo y la temperatura de almacenamiento así como la fuente botánica del almidón, concentración, relación amilopectina/amilosa, estructura de la amilopectina, lípidos, pH, etc.

Torres y Pacheco (2007), estudiaron el efecto de la adición de almidón de yuca en la elaboración de pan tipo molde, observando que el almidón de yuca aumentó la gomosidad de los panes; sin embargo la adición de albúmina de huevo redujo este efecto, dando una textura más suave. Estudios realizados en este trabajo sugieren el uso de la harina de yuca acondicionada y fortificada con harina de soya, para aumentar su contenido nutritivo, además de la adición de margarina y clara de huevo, los cuales reducen la magnitud de gelatinización y solubilización del

almidón en panes, aumentando la cantidad de aire atrapado durante el batido de la masa en la fase de mezclado.

Tinoco (2008), desarrolló un pan de almidón de yuca que permite mantener la textura suave por más tiempo a temperatura ambiente (25°C – 32°C), conservando buenas características organolépticas sin la necesidad de una congelación I.Q.F (Congelación Rápida Individual). En esta investigación se empleó la goma xanthan debido a su función de estabilizante y de retrasar el proceso de retrogradación en almidones y sinéresis de otros geles, obteniendo un tiempo de vida útil de 3 días, y sensorialmente alcanzó un tiempo de vida útil de 1 día sin necesidad de un recalentamiento y conservando sus similares características iniciales.

Los resultados obtenidos mostraron que la principal causa de la disminución del tiempo de vida útil del pan de almidón de yuca es su textura y no su carga microbiana, debido a que la textura determina el agrado o rechazo del consumidor. Así mismo para que la textura del pan sea uniforme y a la vez su apariencia externa sea lisa es necesario utilizar un almidón blanco-fino para lograr que la masa se homogenice correctamente con todos los ingredientes. El queso que se utiliza para la elaboración del pan de almidón de yuca debe ser un queso que contenga poca cantidad de agua en su composición, ya que un efecto clave en el proceso de retrogradación es la migración del agua del interior hacia el exterior del pan (Tinoco, 2008).

Además, determinó que la goma xanthan y EDTA permiten que el pan de yuca luego de permanecer un tiempo al ambiente presente mejores características organolépticas que otro tipo de aditivos, ya que estas son las únicas que en su estudio mantienen significativamente su textura original después de 5 días almacenados al ambiente, sin presentar olor ni sabor a rancio.

Loza y Loza (2008), determinaron los parámetros óptimos para la elaboración de pan precocido de yuca (*Manihot esculenta crantz*), concluyendo que el porcentaje óptimo de sustitución de harina de yuca es del 50%, ya que cantidades más altas de yuca producen masas tenaces para pan. De igual manera, manifiesta que éste influye en el peso y volumen final, puesto que altos porcentajes de harina de yuca impide el desarrollo de las masas de pan, lo que provoca una masa tenaz y de menor volumen.

Mina *et al.* (2009), estudiaron la influencia del tiempo de almacenamiento en las propiedades estructurales del almidón de yuca, manifestando que la retrogradación hace referencia a los cambios que tienen lugar en el almidón gelatinizado desde un estado amorfo inicial a uno cristalino más ordenado, lo cual ocurre porque los geles de almidón no son termodinámicamente estables.

De acuerdo a Guadmundsson (1994), citado por Mina *et al.* (2009), las cadenas de amilopectina son responsables de los fenómenos de retrogradación que se genera a largo plazo, mientras que la amilosa se relaciona con los cambios a tiempos cortos.

Preichardt *et al.* (2009), evaluó el efecto de la goma xanthan en las características sensoriales de las tortas sin gluten elaborados con harina de arroz y maíz. Obteniendo como resultados que la adición de xanthan mejora las características sensoriales de los pasteles, sobre todo retrasa el envejecimiento, lo que reduce la formación de las migas y el aumento de la sensación de humedad en la boca.

Por lo tanto, la goma xanthan puede ser utilizada de manera satisfactoria en la elaboración de productos de panadería sin gluten, mejorando significativamente las características y por lo tanto su calidad sensorial. Los mejores tratamientos fueron las muestras con el 0.3% y 0.4%, ya que

ésta promueve una mayor estabilidad de la masa en relación con el tiempo de almacenamiento y ayuda en la retención de gas y el aumento del volumen específico de productos de panadería (Preichardt *et al.*, 2009).

Osorio y Aristizabal (2009), evaluaron la influencia de tres variedades comerciales de yuca industrial (CMC-40, HMC-1, MCOL-1505) al formular mezclas compuestas con trigo-yuca (0, 5, 10, 15%) para la elaboración de pan. Los resultados indicaron que el contenido de fibra cruda en las harinas de yuca fue en promedio 30% mayor que las de trigo, lo cual, por una parte, es favorable porque la fibra aumenta la absorción de agua, el tiempo de desarrollo de la masa y la resistencia al amasado; pero por otra, disminuye la capacidad de retención del gas y el volumen del pan.

Se demostró que hay una influencia del nivel de sustitución en harinas compuestas trigo-yuca sobre las propiedades reológicas y fermentativas de las masas. A mayor nivel de sustitución disminuye el tiempo de desarrollo, y el índice de tolerancia, la estabilidad y la tenacidad aumentan, haciendo las masas más resistentes a la expansión y debilitando la estructura del gluten. Sin la adición de mejoradores de masa, la inclusión de niveles mayores de 15% reduciría el contenido de proteína, generando panes de miga gruesa y de menor volumen específico (Osorio y Aristizabal, 2009).

Martínez (2010), elaboró un pan libre de gluten, empleando como sustituto de las funciones del gluten, la goma xanthan, en concentraciones de 0.4, 0.6 y 0.8%. Se obtuvo como resultado que la cantidad de goma xanthan influye en el crecimiento del pan, gracias a su capacidad de formar estructuras capaces de retener los gases creados durante la fermentación y la cocción, además de que ésta no altera el sabor ni el olor del pan, dichas características se midieron por medio de una evaluación

sensorial. Siendo la formulación óptima aquella que contiene 0.8% de concentración de goma xanthan.

## **2.2 Fundamentación Filosófica**

La presente investigación se basa en el paradigma positivista, denominado también como paradigma cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, este es un paradigma dominante dentro de algunas comunidades científicas (Kolakowski, 1988).

De acuerdo con Dobles, Zúñiga y García (1998) la teoría de la ciencia que sostiene el positivismo se caracteriza por afirmar que el único conocimiento verdadero es aquel que es producido por la ciencia, particularmente con el empleo de su método. En consecuencia, el positivismo asume que sólo las ciencias empíricas son fuente aceptable de conocimiento.

Según Kolakowski (1988) el positivismo es un conjunto de reglamentaciones que rigen el saber humano y que tiende a reservar el nombre de ciencia a las operaciones observables en la evolución de las ciencias modernas de la naturaleza.

Este paradigma tiene como escenario de investigación el laboratorio a través de un diseño pre-estructurado y esquematizado; su lógica de análisis está orientado a lo confirmatorio, verificación, e hipotético deductivo mediante el respectivo análisis de resultados.

## **2.3 Fundamentación Legal**

Para el presente estudio se aplicaron las leyes establecidas por la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN) para el pan, entre ellas, la norma INEN 93, el cual declara que pan especial es el pan que se obtiene de la fórmula de

pan común y elementos enriquecedores, como huevo, leche, azúcar, grasa comestible y aditivos autorizados. El pan especial debe procesarse en condiciones sanitarias adecuadas, a fin de evitar su contaminación con microorganismos patógenos o causantes de la descomposición del producto (Anexo D-1).

Para el análisis reológico de la masa de almidón se realizó en base al manual del equipo con respaldo de la norma ICC N°173, para determinar la absorción de agua y las características de amasado.

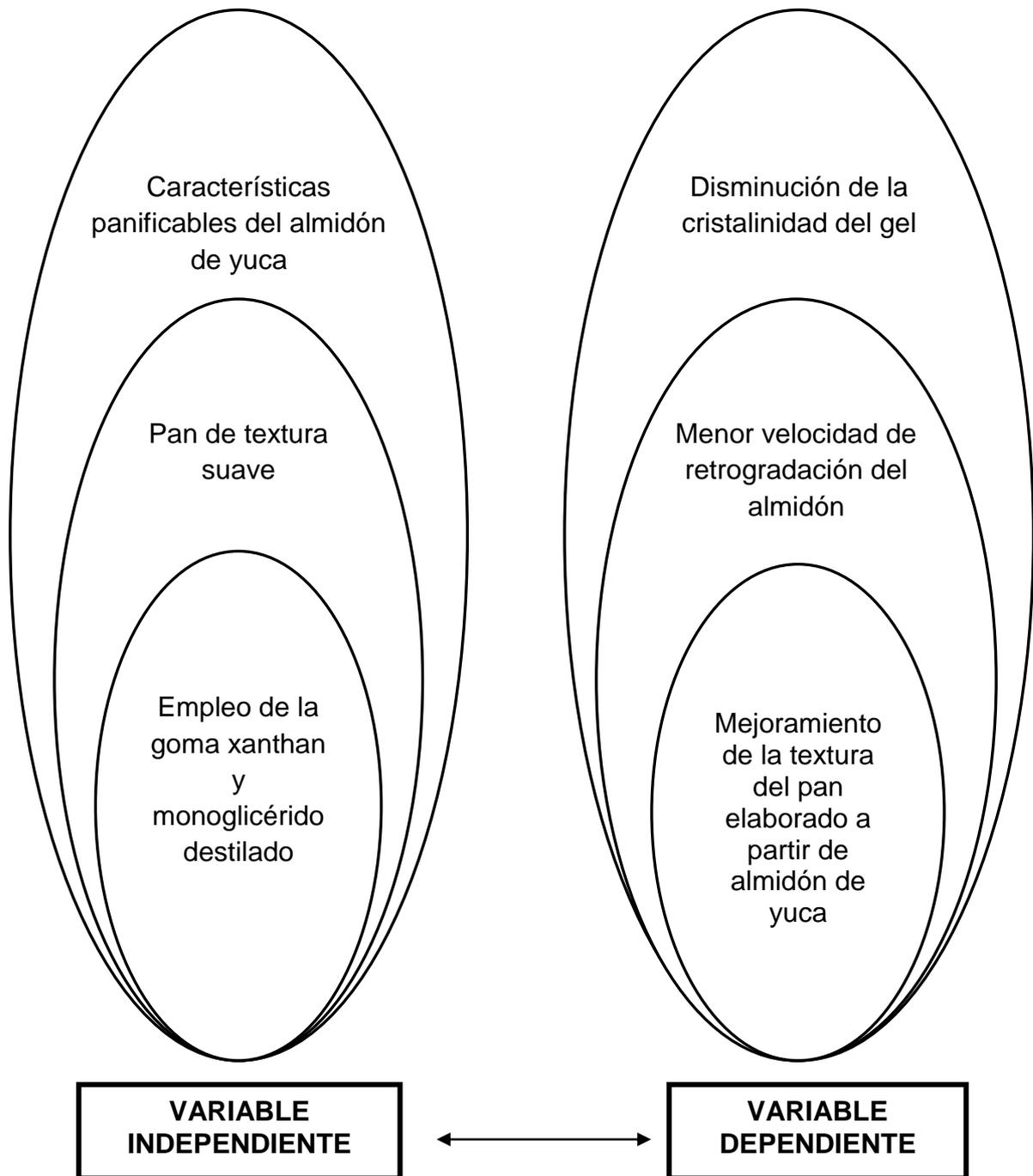
Para el análisis de textura del pan de almidón de yuca se empleó el texturómetro BROOKFIELD CT-3 de acuerdo al manual N° M/08-371A0708.

Se realizó además un análisis microbiológico como indicador de deterioro del pan de almidón de yuca, basándonos en la norma NTE INEN 1529-10:9 (Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad).

Los análisis de humedad y peso para el pan de almidón de yuca a elaborarse, se realizaron bajo las normas INEN 95 (Pan Común. Requisitos) e INEN 530 (Norma para ensayos de panificación), respectivamente.

La hoja de catación para el análisis sensorial del pan de almidón de yuca, se lo efectuó en base a la norma INEN 530 (Norma para ensayos de panificación).

## 2.4 Categorías Fundamentales



**Figura 3.** Categorías Fundamentales

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2011

#### **2.4.1 Empleo de la goma xanthan y monoglicérido destilado**

Según la Comisión del “Codex Alimentarius”, se entiende por aditivo alimentario a toda sustancia que no se consume normalmente, aunque tenga carácter alimenticio y no sea usada normalmente como ingrediente característico de un alimento, tenga o no valor nutritivo y se añada intencionalmente a un alimento con un fin tecnológico y organoléptico, en cualquier fase de la fabricación, de la transformación, del tratamiento, del acondicionamiento, del envasado, del transporte o del almacenamiento del referido alimento y que pueda afectar o afecte las características del mismo (Tinoco, 2008).

Un tipo de aditivo comúnmente utilizado en panificación son las gomas, que se emplean por su capacidad de absorber y retener considerables cantidades de agua y al mismo tiempo contribuyen con la fortaleza del pan, ya que según Chávez (2007), la incorporación de gomas naturales en productos de panificación proporcionan fibra dietética soluble y extienden la vida de anaquel del producto de panificación.

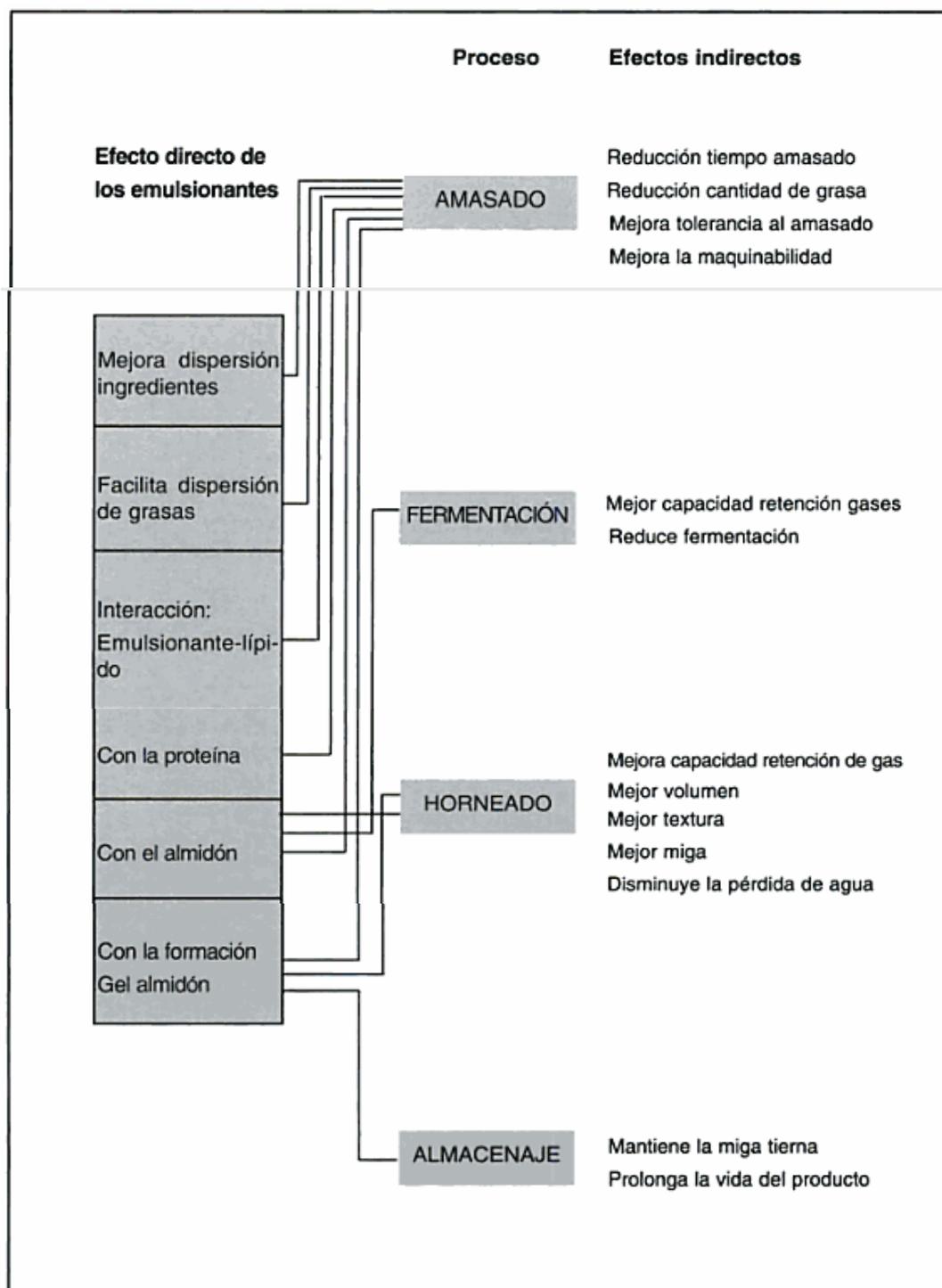
Tinoco (2008), reporta que entre las gomas usadas en la industria de la panificación, la goma xanthan se agrega a los alimentos para controlar la reología del producto final. Este polímero produce un gran efecto sobre propiedades como la textura, liberación de aroma y apariencia, que contribuyen a la aceptabilidad del producto para su consumo. Por su carácter pseudoplástico, en solución esta goma tiene una sensación menos gomosa en la boca que las gomas con comportamiento newtoniano, además, su conducta como antioxidante es mayor que el de otros polisacáridos debido a su gran capacidad de unirse a metales y su comportamiento viscoso.

Martínez (2010), indica que la goma xanthan es el ingrediente que sustituye las funciones del gluten dentro de la elaboración del pan libre de

gluten, debido a su alta capacidad de absorción de agua, de viscoelasticidad y de termo-coagulación, lo cual le diferencia de cualquier otra proteína vegetal. Otro uso en panificación debido a sus propiedades, es como agente emulsificante, ya que además de poseer un alto contenido de fibra dietética, se caracteriza por su capacidad de retención de agua y sus propiedades de adhesión y formación de película.

Otro tipo de aditivo común en la industria panaria, son los emulsificantes, que ayudan a construir la tolerancia dentro de una mezcla ya que pueden conseguir masas y recubridores para asentarse. Sin el apoyo adicional de la emulsificación, las células de aire pueden unirse, resultando en una textura dispereja de la miga. En el producto terminado, los emulsificantes mantienen una textura suave (Calaveras, 2004).

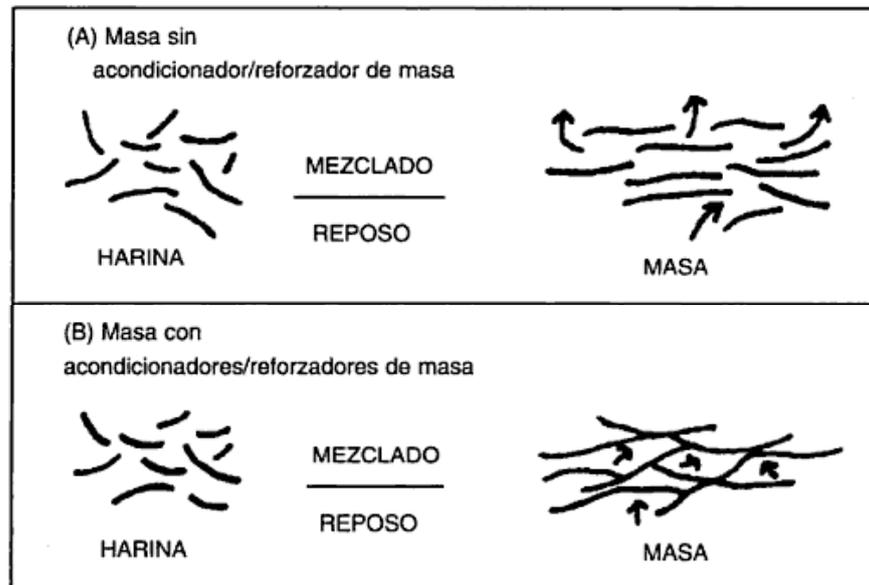
En la figura 4 se puede observar el efecto de los emulsificantes durante los distintos procesos de la panificación:



**Figura 4.**Efecto de los emulsificantes

**Fuente:** Calaveras, 2004

Así mismo, en la figura 5 se observa el efecto de los emulsificantes sobre la estructura de una masa, indicando la diferencia entre una masa a la que se le ha adicionado un emulsificante y a otra que no lo posee:



**Figura 5.** Efecto de los emulsificantes en la estructura de la masa

**Fuente:** Calaveras, 2004

Según Tejero (2011), el monoglicérido destilado reduce la velocidad de endurecimiento al impedir la cristalización de la fracción de amilopectina, además de que proporcionan fuerza, tolerancia, volumen, flexibilidad y esponjamiento en la miga y suavidad en la corteza; en resumen, aumento de vida en los panes y la bollería.

El mismo autor manifiesta que los monoglicéridos destilados (E-471), son emulgentes específicos para las masas batidas que proporcionan bizcochos de buena calidad. Trabajan como agentes emulsificantes, dispersantes, estabilizantes, formadores de espuma y como antienviejecedores, lo cual puede mejorar notablemente la calidad de los productos.

Calaveras (2004), señala que la dosis máxima a emplear de este aditivo, es de 3g por Kg. Su característica principal es facilitar la mezcla de los distintos ingredientes de la masa y la acondiciona, permitiéndola soportar procesos mecanizados. Pero quizás su valor más importante es evitar la retrogradación del almidón, su efecto es aplicado directamente sobre el almidón, retrasando el endurecimiento del pan, facilitando un gran volumen y suavizando las masas.

Se puede aplicar en los productos de grasa, tales como la crema artificial, mantequilla, mantequilla de maní, mantequilla de coco, esto es útil para controlar y estabilizar la cristalización de la grasa (Tejero, 2011).

La acción que ejercen los monoglicéridos en el área de panificación, son los siguientes:

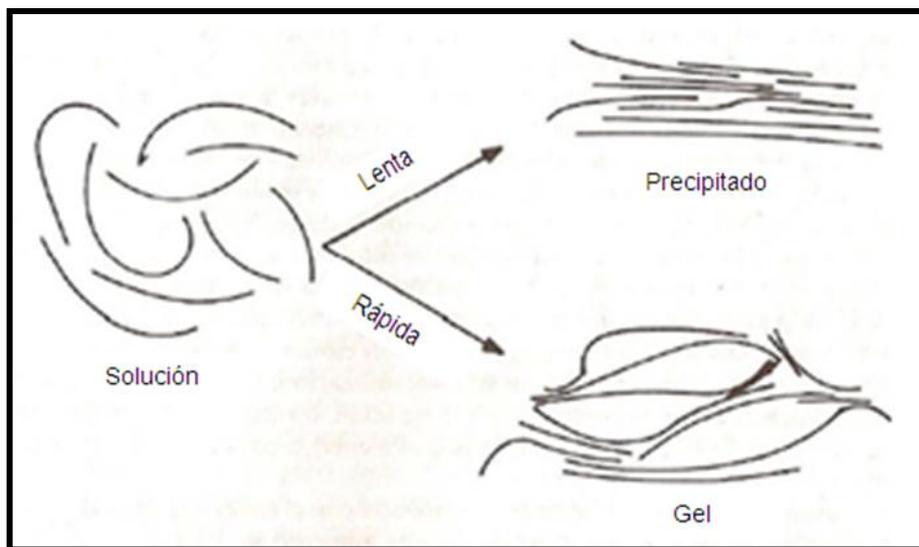
- Retiene aire en las masas batidas
- Mantiene el pan tierno
- Reduce el alveolado
- Ablanda la miga
- Aumenta la flexibilidad
- Aumenta el volumen

#### **2.4.2 Textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca**

El pan es un alimento básico que forma parte de la dieta tradicional en Europa, Medio Oriente, India y América. Se suele preparar mediante el horneado de una masa elaborada fundamentalmente con harina de cereales, sal y agua. Sin embargo, existen muchos tipos de pan que pueden contener otros ingredientes, como grasas de diferentes tipos, huevos, azúcar, especias, frutas, frutas secas, verduras o semillas diversas (Mule, 2011).

Este alimento recibe apelativos muy diferentes según la forma, el modo, el peso, etc., y también según las localidades de los distintos países. Entre los diversos tipos de pan existentes, se encuentra el llamado pan de yuca, el cual es un platillo muy popular en Colombia y Ecuador, se trata de un pan de queso; pero en vez de usar harina común de trigo, se utiliza harina de yuca. Son característicos porque el interior es gelatinoso y algo húmedo (Wikipedia, 2011).

Sin embargo, este producto se retrograda rápidamente debido a que al enfriarse, se genera una insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente y accionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos (Villagra, 2010), como se puede observar en la figura 6:



**Figura 6.** Mecanismos de retrogradación del almidón

**Fuente:** Tinoco, 2008

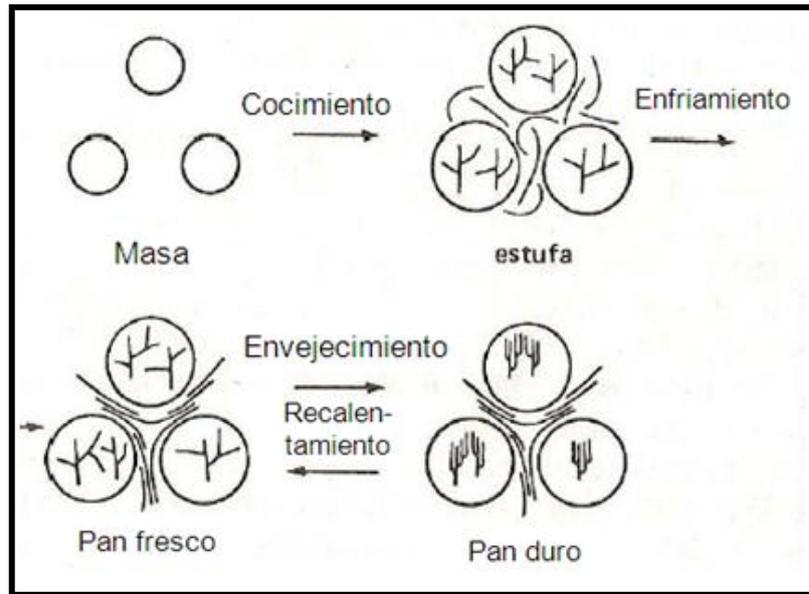
El mismo autor señala que se han identificado en el proceso de retrogradación, dos procesos separados, por un lado, la gelificación (solidificación) fuera de los gránulos de las moléculas exudadas de amilosa después de la gelatinización y por otro lado, la recristalización de

la amilopectina que normalmente permanece dentro de los gránulos hinchados.

Rodríguez, *et al.* (2007), señala que la retrogradación del almidón es un proceso que ocurre cuando las moléculas en los gránulos de almidón gelatinizados comienzan a re-asociarse en una estructura ordenada. El comportamiento reológico de las pastas cambia, siendo evidente el incremento en su firmeza y rigidez.

La retrogradación es un fenómeno complejo y depende de varios factores, tales como la fuente y concentración de almidón, la temperatura de cocción y enfriamiento, el pH y la presencia de solutos. La pérdida de la capacidad de retención de agua y la restauración de la cristalinidad también se presentan durante el envejecimiento de los geles de almidón gelatinizados (Villagra, 2010).

Como se observa en la figura 7, la retrogradación está directamente relacionada con el envejecimiento del pan. Originalmente se pensaba que la modificación de este alimento se debía a la facilidad de la amilosa para retrogradar y formar zonas cristalinas, pero posteriormente se encontró que también la amilopectina ejerce un efecto decisivo. Durante el cocimiento del pan parte de la amilosa se difunde fuera del gránulo y retrograda en el momento del enfriamiento, de tal manera que los gránulos (ahora ricos en amilopectina) se ven rodeados por moléculas de polímero lineal; se considera que el envejecimiento se debe básicamente a la asociación de las cadenas de amilopectina que permanecen en el gránulo hinchado después de haber perdido parte de la amilosa.



**Figura 7.** Función de las fracciones del almidón en el envejecimiento del pan sin emulsionantes

**Fuente:** Tinoco, 2008

Según Mule (2011), otros factores que afectan la velocidad de pérdida de firmeza es la temperatura de almacenamiento, el contenido húmedo (denominado como actividad acuosa:  $a_w$ ) del pan, cambios en la estructura del gluten y la migración de la humedad durante su almacenamiento.

El mismo autor manifiesta que los procesos que ocasionan rancidez y dureza en el pan empiezan durante la fase final de enfriado (es decir al salir del horno), comenzando incluso antes de que el almidón se haya solidificado. Durante el almacenamiento, la miga del pan se va poniendo cada vez más dura, seca y crujiente. En este proceso la corteza se va haciendo más blanda y húmeda.

También señala que el proceso de envejecimiento del pan se debe principalmente a la aparición de dos sub-procesos que se manifiestan de forma separada: la rigidez causada por la transferencia de humedad

desde la miga a la corteza y la rigidez intrínseca de las paredes celulares asociada a la re-cristalización durante el almacenamiento (Mule, 2011).

Sin embargo, Mule (2011), ha comprobado que calentar el pan a temperaturas cercanas a los 60°C hace que se pueda revertir el proceso de dureza en el pan. Esto ocurre debido a que las moléculas retenidas en la estructura de los glóbulos de almidón se liberan y además los geles de las amilosas vuelven a ser suaves de nuevo. Esta es la razón por la que el pan duro a veces se pone blando en el horno a temperaturas ligeras (por debajo de los 60 °C).

Los análisis de textura del pan son muy importantes, ya que influyen en gran medida en las decisiones de compra de los consumidores. La corta vida útil del pan y la pérdida de frescura de la miga está fundamentalmente asociada con la evolución de dos parámetros de textura: el incremento de firmeza y pérdida de elasticidad. La textura de la miga del pan está relacionada con la cantidad de agua añadida a la masa y con el posible empleo de harinas especiales en el proceso, pero los factores más determinantes son la cantidad y la calidad de la proteína (Callejo, 2010).

Los análisis para determinar la textura de un pan, se realizan en el texturómetro, cuya utilización permite cuantificar y correlacionar las mediciones de textura sensorial con mediciones físicas, este instrumento efectúa una penetración en el alimento hasta una profundidad tal que cause un aplastamiento irreversible del material; por lo general mide la “fuerza máxima de penetración”, como una medida de la firmeza o consistencia del producto. Se utiliza fundamentalmente para determinar las propiedades de “crujencia” en productos secos de cereales o bien en vegetales frescos (Castro y Mongado, 2007).

Torres y Pacheco (2007), en el estudio sobre el valor nutricional, físico y sensorial de panes de trigo, yuca y queso llanero, evaluaron la textura de la miga con ayuda de un texturómetro marca Stable Micro Systems modelo TA-XT21, con el cual determina que el uso de albúmina de huevo reduce la gomosidad inherente del pan de yuca y da una textura más suave.

De igual manera, García, *et al.* (2011), examinó el comportamiento reológico de masa de empanadas libre de gluten formuladas con almidones de maíz y mandioca con adición de gomas, concentrado de proteínas de suero de leche, huevo deshidratado y agua. Se efectuó un análisis de textura utilizando un Texturómetro TAXT2i Texture Analyzer (Stable Micro Systems,UK) en el que se llevaron a cabo ensayos de punción y elongación, obteniendo como resultado que el factor que más influyó en la fuerza máxima de ruptura en ensayos de punción fue el contenido de gomas.

## **2.5 Hipótesis**

### **Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):**

El empleo de goma xanthan y monoglicérido destilado no mejorará la textura del pan de almidón de yuca

### **Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>):**

El empleo de goma xanthan y monoglicérido destilado mejorará la textura del pan de almidón de yuca

## **2.6 Señalamiento de Variables**

### **Variable Independiente:**

Utilización de la goma xanthan y monoglicérido destilado.

### **Variable Dependiente:**

Mejoramiento de la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Enfoque**

El presente trabajo es una investigación de enfoque cualitativo, porque se lleva a cabo un análisis de las características sensoriales tales como: color, olor, textura, sabor, apariencia y aceptabilidad. Así también, este enfoque busca las causas medibles de los hechos que estudia asumiendo una realidad estable mediante una perspectiva exterior, a través de un enfoque cuantitativo, en el cual se encuentran las valoraciones de las propiedades de textura, físicas y microbiológicas del pan de almidón de yuca.

#### **3.2 Modalidad Básica de la Investigación**

El desarrollo de la presente investigación requiere de dos modalidades:

- Documental o bibliográfica con el fin de conocer diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diferentes autores sobre los aspectos referentes al proceso de retrogradación del pan de almidón de yuca y como retardarlo mediante el empleo de aditivos que en este caso son la goma xanthan y el monoglicérido destilado. Siendo necesaria la revisión de libros, revistas científicas, tesis, trabajos de investigación e internet.
- Por otro lado se debe considerar la investigación experimental pues como ya se describió, con ello se alcanzarán objetivos de predicción y control en relación con la hipótesis propuesta a prueba en el estudio.

### **3.3 Nivel o Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se acoge al presente proyecto son tres:

#### **a) Investigación descriptiva**

La Investigación descriptiva, también conocida como la investigación estadística, es aquella que describe los datos. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables.

Es por ello que se emplea este tipo de investigación para describir cómo la relación entre los dos tipos de aditivos que se utilizaron (goma xanthan y monoglicérido destilado) mejoraron la textura del pan de almidón de yuca.

#### **b) Investigación explicativa**

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o variables o del establecimiento de relaciones entre conceptos, su propósito es explicar, razones causales, de por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste.

Es por ello que por medio de esta investigación, se explica el motivo por lo que ocurren cambios cualitativos en la textura de almidón de yuca, mediante el empleo de la goma xanthan y el monoglicérido destilado.

#### **c) Asociación de variables**

Mediante la asociación de variables se evalúa si existe una interacción entre las dos variables a estudiar, es decir si se genera un resultado individual o por la asociación entre ellas.

### 3.4 Población y Muestra

#### Población

Pan elaborado con almidón de yuca (*Manihot esculenta*).

#### Muestras

Tratamientos de pan con almidón de yuca elaborado con

- Goma Xanthan
- Monoglicérido Destilado

### 3.5 Operación de Variables

**Tabla 2.** Operación de la variable dependiente e independiente

HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
El empleo de goma xanthan y monoglicérido destilado mejorará la textura del pan de almidón de yuca	Empleo de la goma xanthan y monoglicérido destilado	Concentración de goma xanthan	%
		Concentración de monoglicérido destilado	%
	Mejoramiento de la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca	Reología de la masa	Nm
		Peso	g
		Textura del pan	Nw
		Humedad del pan	%
		Microbiológico del pan: <i>Mohos</i> <i>Levaduras</i>	Ufc/g
		Evaluación Sensorial: <i>Olor</i> <i>Color</i> <i>Sabor</i> <i>Apariencia</i> <i>Textura</i> <i>Aceptabilidad</i>	Escala Hedónica

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2011

### 3.6 Recolección de Información

- **Utilización de goma xanthan y monoglicérido destilado para el mejoramiento de la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta*).**

Se han seleccionado como aditivos a utilizarse, la goma xanthan y el monoglicérido destilado, debido a las características que estos aditivos presentan como agentes mejoradores en la panificación:

#### ***Monoglicérido Destilado al 90%***

Mejora la suavidad, se utilizan para aumentar la conservación y obtener una miga fina, además es un emulsificante importante para la fabricación de productos panificados.

La dosis recomendada es de .1% - 0.35% del peso del almidón (Calaveras, 2004).

#### ***Goma Xanthan***

En la industria de panificación, la goma xanthan se usa para aumentar la retención de agua durante el horneado y almacenamiento, extiende la vida de anaquel, retarda la retrogradación del almidón, es un emulsionante, mejora la suavidad.

La dosis recomendada es de 0.1% - 0.5% del peso de la harina (Calaveras, 2004).

- **Elaboración del pan de almidón de yuca**

Para la elaboración de pan de almidón de yuca se utilizó una metodología artesanal típica de los panaderos, considerando que la elaboración de la masa es un punto clave en la obtención de un pan suave y con excelentes características organolépticas. Para la elaboración del pan de almidón de

yuca se siguen los pasos propuestos por Vega (2011), cuyo diagrama de flujo se presenta en el Anexo B-1.

Para lo cual se comenzó pesando los diferentes ingredientes, seleccionando previamente a los proveedores de cada uno de los insumos que intervienen en la formulación, entre los que se encuentra el almidón de yuca cernido (100%), queso fresco molido (50%), leche (12%), mantequilla (6%), polvo de hornear (1,5%), huevos (20%) y aditivos.

Luego se procedió al pesado, el cual consiste en dosificar con exactitud la cantidad de los insumos que intervienen en la formulación, así el rendimiento de la producción será constante, la calidad estable y se podrá establecer un control de costos.

Posteriormente se realizó un mezclado y amasado, que tiene por objeto lograr una distribución uniforme de todos los ingredientes. Es necesario mezclar el queso molido con los huevos y con la margarina hasta lograr una masa homogénea. Se debe considerar que el amasado debe hacerse correctamente ya que es aquí donde se unen todas las materias primas permitiendo así que el pan tenga una proporción uniforme de cada ingrediente. De la misma manera se va incorporando el almidón de yuca y todos los ingredientes secos, como son el polvo de hornear y aditivos, los cuales se los debe esparcir por toda la masa homogénea obtenida anteriormente. Luego a esto se añadió poco a poco la leche conforme sea absorbida por la masa.

Las ventajas que ofrece una mezcla adecuada son: máxima absorción, buen volumen del pan, buenas condiciones internas del pan como textura de la miga suave y buena conservación (Vega, 2011).

Luego se realizó una división de la masa para obtener piezas de igual peso. En este caso se trabajaron con piezas de 20 g c/u.

Por último se efectuó el boleado de la masa, importante para formar muy bien las piezas, pues si están mal confeccionadas se deformarán durante la cocción. Para realizar un buen boleado se debe someter a la masa a presión contra una superficie rígida con la finalidad de obtener una pieza compacta y fina.

Las temperaturas de horneado fueron a 190°C por 20 minutos. En este proceso se consigue un aumento de la masa del pan, al expandirse el CO<sub>2</sub>, debido al calor y un endurecimiento de la superficie producido por la evaporación del agua de la corteza que supone una pérdida de peso de un 8-14 % de la masa. En la etapa del horneado, el almidón del pan a elaborarse se gelatiniza y asienta a causa del aumento de la temperatura en la que los gránulos de almidón absorben agua, dando la forma del pan.

El aumento de la temperatura durante el horneado hace que los gránulos de almidón se rompan, absorban agua y se gelatinicen, lo cual ocurre a una temperatura mínima de unos 60 °C, a unos 80 °C (Vega, 2011).

Se enfría a temperatura ambiente por 30 minutos, y se almacena. Esta es la etapa final del proceso que se ocupa de la adecuada manipulación del producto antes de llegar al consumidor final. Es un punto importante para la correcta conservación del pan.

- **Evaluación del efecto de goma xanthan y monoglicérido destilado en la textura de pan de almidón de yuca empleando el Texturómetro Bookfield**

Este análisis en el pan de almidón de yuca elaborado se lo llevó a cabo mediante el empleo de un Texturómetro Brookfield (Anexo D-2), el cual se encuentra disponible en el laboratorio de la UOITA, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Se empleó un Texturómetro Brookfield Texture Analyzer CT- 3, el cual somete a las muestras a fuerzas controladas de compresión, o a fuerzas de tensión, la resistencia del material a estas es la medida esperada y el resultado es mostrado en gramos o Newtons.

En este caso, se trabajó con muestras de los distintos tratamientos planteados para los panes de almidón de yuca, manteniendo una temperatura constante en la muestra de 20°C durante 3 días.

- **Establecimiento del mejor tratamiento en base a un análisis estadístico**

Para la elección del mejor tratamiento se tomó como parámetros los análisis determinados por el Texturómetro CT3 y análisis sensoriales realizados para todos los tratamientos.

Dentro de los análisis sensoriales, se realizaron cataciones de los tratamientos (incluido el control). Efectuando un diseño de bloques incompletos, para 15 catadores, con 6 réplicas y 4 tratamientos.

En cuanto a los análisis determinados por el Texturómetro Brookfield, el diseño aplicado es de tipo factorial  $3^n$ , que se realizó mediante Análisis de Varianza (ANOVA), a un nivel de significancia del 5%.

Se evaluó el efecto combinado o interactuante de 2 variables o factores (Aditivos), sobre una variable respuesta, que es el mejoramiento de la textura del pan de almidón de yuca durante el periodo final de enfriado, en el cual cada combinación de los mejoradores de textura panarios que se empleó, es un tratamiento.

De acuerdo al problema de investigación, se establece un diseño factorial  $3^2$ , en el que dos factores, A y B, actúan cada uno con tres niveles, que se designan 0 = bajo, 1 = medio y 2 = alto.

El modelo matemático, debido a los efectos lineales y cuadráticos, es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_L + A_Q + B_L + B_Q + A_L B_L + A_L B_Q + A_Q B_L + A_Q B_Q + R_k + E_{ijk}$$

**Donde:**

$\mu$ = Efecto global

$R_k$ = Efecto de las replicaciones,  $k=1, \dots,$

$E_{ijk}$ = Residuo o error experimental

A continuación se detalla los factores y los niveles que se tomaron en cuenta para el diseño experimental:

**Factores en estudio:**

**Factor A:** Goma Xanthan

**Nivel  $a_0$ :** 0,1 % del peso total de almidón de yuca

**Nivel  $a_1$ :** 0,3 % del peso total de almidón de yuca

**Nivel  $a_2$ :** 0,5 % del peso total de almidón de yuca

**Factor B:** Monoglicérido Destilado

**Nivel  $b_0$ :** 0,5 % del peso total de almidón de yuca

**Nivel  $b_1$ :** 1,0 % del peso total de almidón de yuca

**Nivel  $b_2$ :** 1,5 % del peso total de almidón de yuca

Se trabajó con un total de 9 tratamientos, con réplica cada uno, es decir 18 respuestas experimentales.

Cada unidad experimental consiste en masas de pan de 20 g c/u.

- **Caracterización del comportamiento reológico del mejor tratamiento mediante el Mixolab System**

El Mixolab es una herramienta que permite obtener un análisis completo de las características reológicas de la masa de almidón de yuca que se va a emplear en la elaboración de los panes, anticipando su comportamiento durante el amasado y la cocción. Para ello se toma como respaldo la norma ICC N°173 (Anexo D-3).

Este análisis se lo llevó a cabo mediante el empleo de un Mixolab System, el cual se encuentra disponible en el laboratorio de la UOITA, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

- **Evaluación de características físicas y microbiológicas del mejor tratamiento del pan de yuca**

#### **Humedad:**

La determinación de la humedad en el pan de yuca cocido se efectuó mediante el uso de balanzas de humedad (Kern,  $\rho=1\text{mg}$ ), del laboratorio de la UOITA, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

#### **Peso:**

Para establecer la pérdida promedio de peso después de la cocción y a través del tiempo, se realizó un análisis de la pérdida de peso después del horneado (peso inicial de cada unidad de masa fue de 20g), y a lo largo de varios días. Se tomó una muestra al azar de 5 panes y se obtuvo el valor promedio en porcentaje de pérdida de peso (pérdida de agua a través del tiempo), la cual se basa en la norma 530 de Ensayos de Panificación (Anexo D-5).

### **Microbiológico:**

El objetivo de determinar la estabilidad microbiológica del pan de almidón de yuca es determinar la calidad de la materia prima y del pan de almidón de yuca elaborado.

Como el principal agente indicador de deterioro del pan son los mohos y levaduras es necesario hacer un recuento para conocer el momento en que la presencia de ellos altere el sabor, color y aroma del producto, para ello se basó en la norma INEN 1529-10:98 (Anexo D-6), para el control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad.

Para el respectivo recuento microbiológico se utilizó 10g de la muestra del pan, disueltos en 90ml de agua peptonada, se sembró en placas petrifilms 3M, para recuento de mohos y levaduras, a una dilución de  $10^0$  y se procedió a incubar las muestras a 29°C por 48 horas, posteriormente se contaron todas las colonias visibles mediante un contador Quebec.

Se evaluó en ufc/g, realizando una prueba con réplica, cada día, a una temperatura de 18-20°C de almacenamiento y sellados en fundas se celofán.

- **Determinación de la aceptabilidad del pan de almidón de yuca elaborado en comparación a marcas comerciales, por medio de un análisis sensorial.**

Con el fin de determinar el grado de aceptación por parte de consumidores potenciales se realizaron pruebas de tipo sensorial, especialmente una prueba de preferencia/aceptación, debido a que esta se utiliza para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado.

Se realizó una hoja de catación (Anexo A-7), de escala hedónica con rango de (1-5) basada en la norma INEN 530, para ensayo de panificación, en la que se evaluaron los siguientes parámetros:

- **Olor:** Es la percepción por medio de la nariz de sustancias volátiles liberadas en los alimentos.
- **Color:** Son mensajes sobre la composición, la calidad y dependiendo de estos factores, el grado de aceptación sobre los alimentos será mayor o menor.
- **Sabor:** Esta propiedad de los alimentos es muy compleja, ya que combina tres propiedades: olor, aroma, y gusto; por lo tanto su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado.
- **Textura:** Grado de elasticidad o blandura y se determina enteramente con el sentido del tacto. Así mismo, la uniformidad de la miga es importante puesto que las celdas deben ser homogéneas.
- **Apariencia:** Aspecto exterior del pan, reflejado en su simetría, es decir su forma redonda que no presenta golpes, hundimiento o alguna deformación.
- **Aceptabilidad:** Conjunto de atributos como color, olor, sabor, pero sobre todo es la valorización que el consumidor realiza atendiendo a su propia escala interna de apreciación al producto, por lo tanto la aceptación provoca el descenso a una persona para adquirir un producto (Schmitt, 2008).

Para cada una de las pruebas de análisis sensorial se escogieron 50 catadores según Schmitt (2008), al azar con réplica.

Para realizar el análisis estadístico de la evaluación sensorial se empleó un diseño experimental de bloques completos, tomando la respuesta de los catadores, determinando si existe diferencia significativa entre el mejor tratamiento obtenido y otros panes de almidón de yuca comerciales, a un nivel de confianza del 95%.

- **Análisis de los costos de producción para la elaboración del mejor tratamiento obtenido de pan de almidón de yuca**

Para efectuar el cálculo de costos se toma en cuenta factores tales como:

Materias primas, empleo de maquinaria e insumos, mano de obra y el margen de ganancia. Los cuales permitieron obtener un valor aproximado del costo de producción del mejor tratamiento del pan de almidón de yuca, conociendo además la rentabilidad que tendrá este producto en el mercado.

### **3.7 Plan de Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información que se obtenga se utiliza el paquete informático Microsoft Word y Excel.

El diseño estadístico aplicado para los resultados obtenidos es de tipo factorial  $3^n$  ( $3^2$ ), que se realizará mediante Análisis de Varianza (ANOVA), a un nivel de significancia del 5%, para después seleccionar el mejor tratamiento a través de una Prueba de Comparación Múltiple de Tukey y la Prueba de Respuesta Óptima, empleándose para ello el paquete estadístico Startgraphics Plus.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 Análisis e Interpretación de Resultados**

##### **4.1.1 Caracterización de la textura del pan mediante el Texturómetro Brookfield**

La textura del pan de almidón de yuca resultante es un importante atributo que debe ser analizado, ya que influye en la vida media del producto, así como en la aceptación por parte de los consumidores.

La estabilidad del pan se evaluó por la textura, lo cual se comprueba con el análisis que se llevó a cabo mediante el empleo de un Texturómetro Brookfield, de acuerdo al manual de funcionamiento N° M/08-371A0708 (Anexo D- 2), donde se conoció las características de Dureza Total, Trabajo Dureza Terminado y Deformación Recuperable de los 9 tratamientos evaluados, para lo cual se escogieron panes de tamaño y forma similares, que fueron analizados diariamente, manteniendo condiciones ambientales estándares.

En las Tablas A-1.1., A-1.2. y A-1.3. (Anexo A-1), se detallan los datos del análisis de dureza (g), trabajo dureza terminado (mJ), y deformación recuperable (mm), durante el lapso de 3 días.

En lo referente a la característica de dureza total (D), los datos obtenidos reflejaron una relación directamente proporcional con respecto al transcurso del tiempo, ya que se nota un incremento en la dureza con el

paso de los días, sin embargo los valores de los tratamientos reflejan una menor dureza en comparación al pan control (sin aditivo), como se observa en el Gráfico B-2.1. (Anexo B-2), donde el pan de almidón de yuca patrón alcanza una dureza visiblemente superior al de los tratamientos.

Los cambios en la textura, según Villagra (2010), se ven influenciados por la retrogradación del almidón, este polisacárido está compuesto por amilosa y amilopectina, donde este último cambia su estructura por la saturación de moléculas de agua, razón por la cual cambia su estado de amorfo a vítreo, lo que es responsable del incremento progresivo de la dureza en la corteza y miga de los panes evaluados.

Se determinaron las variaciones de textura en el pan almacenado a condiciones adecuadas, manifestando como mejor tratamiento durante el periodo de almacenamiento a aquel que presenta menor cambio de dureza en la corteza, como en la miga, en comparación con la muestra de pan de almidón de yuca sin aditivos (control). En la dureza total, los valores de los 9 tratamientos indican, que existió un menor cambio de dureza en ellos durante los 3 días de análisis, en comparación al patrón (sin aditivo), hecho que se evidencia en el Gráfico B-2.2 (Anexo B-2), el cual, muestra los valores promedios de dureza total de los tratamientos a las 72 horas de elaboración, alcanzando cifras que van desde 1242g al tercer día de almacenamiento, en comparación a el pan control que reveló un valor de 1675g, lo que indica claramente la influencia de los aditivos sobre su textura.

En el caso del trabajo reportado por Pluá y Aragundi (2011), se puede observar que el pan de zanahoria amarilla presenta en 5 días, una dureza de 1280 g, lo cual se debe a la pérdida de humedad que sufrió este pan especialmente durante el primer y tercer día de almacenamiento. A más de ello, según Ordoñez y Oviedo (2010), la textura del pan recién

horneado es blanda puesto que el almidón tiene elasticidad, que pierde con el tiempo, obteniéndose un pan más duro.

Para los análisis realizados de trabajo dureza total y deformación recuperable, se manifiesta una tendencia semejante, como se observa en los gráficos B-2.4 y B-2.7 (Anexo B-2) donde se observa que el tratamiento de 0,5% goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado (a2b1), muestra el menor incremento en comparación a los otros tratamientos y la muestra control, indicando valores de 58,8 mJ para el mejor tratamiento en la característica de trabajo dureza terminado, en comparación al control, que presentó un valor de 70,2 mJ, de igual manera para el parámetro de deformación recuperable, en el que se evidenció valores de 2,03 mm para el tratamiento a2b1 y 3,51 mm para el tratamiento control (Gráficos B-2.6 y B-2.9, Anexo B-2).

Bastidas y De La Cruz (2010), en el trabajo sobre la utilización de harina de camote para la elaboración de pan, indica que al tercer día de almacenamiento, la esponjosidad del pan de camote se ve considerablemente afectada, lo cual según los mismos autores, se debe a la pérdida de humedad, sin embargo los resultados obtenidos de dicho estudio reflejan una textura más suave que la obtenida por el pan de almidón de yuca elaborada, reflejando una valor de 638g a las 72h de elaboración del pan de camote, 4.14 mm para la deformación recuperable y 32,48 mJ para el trabajo dureza terminado.

Según Ordoñez y Oviedo (2010), la dureza va de la mano con la humedad, en su trabajo de “Alternativas de aprovechamiento de harinas no tradicionales para la elaboración de pan artesanal”, se observa como la disminución de humedad del pan, provocó un aumento en la dureza del mismo a través de los días, alcanzándose valores de 1669g para dureza total, 7.21mm para deformación recuperable y 111.578 mJ para trabajo dureza terminado a las 32 horas de elaboración del pan “plátano y

centeno”, lo cual se debe en gran parte a los almidones presentes en el pan, lo que facilita la pérdida de la humedad y su endurecimiento, valores inclusive aun más elevados que los encontrados en el pan de almidón de yuca.

#### **4.1.2 Selección del mejor tratamiento elaborado**

Para la elección del mejor tratamiento se tomó como parámetros los análisis determinados por el Texturómetro CT3 y análisis sensoriales realizados para todos los tratamientos.

Dentro de los análisis sensoriales, se realizaron cataciones de los 10 tratamientos (incluido el control). Efectuando un diseño experimental de bloques incompletos debido a la gran cantidad de tratamientos a analizarse, se desarrolló un diseño para 15 catadores no entrenados, con 6 réplicas y al cual se le designan 4 tratamientos para cada uno (lo cual evita que se produzca un cansancio sensorial), como se observa en el Anexo A-6.

Se realizó una hoja de catación (Anexo A-7), de escala hedónica con rango de (1-5) basada en la norma INEN 530, para ensayo de panificación, en la que se evaluaron los siguientes parámetros: color, olor, apariencia, sabor, textura y aceptabilidad, encontrando diferencia significativa para todos los valores, menos olor. Sin embargo, se tomó como referencia el parámetro de la textura y aceptabilidad para encontrar el mejor tratamiento, resultando éste el a2b1 (0,5% goma xanthan y 1% monoglicérido destilado), el cual reveló un color dorado, textura ligeramente suave, apariencia buena y una aceptabilidad de “gusta poco”, a las 72h de elaboración del pan.

En cuanto a los datos obtenidos del Texturómetro Brookfield para los parámetros de dureza, trabajo dureza terminado y deformación

recuperable (Anexo A-1), se procedió a determinar el mejor tratamiento en cuanto a menor porcentaje de incremento dureza en los panes elaborados, en el transcurso de los 3 días de análisis.

Se realizó un análisis estadístico aplicando un diseño  $3^2$ , con lo que se determinó la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se aplicó la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey, y la prueba de Respuesta Óptima en Startgrafics, evaluando el efecto interactuante entre los aditivos empleados (goma xanthan y monoglicérido destilado) sobre el mejoramiento de la textura del pan de almidón de yuca durante el periodo final de enfriado, encontrando que el mejor tratamiento correspondía al a2b1 (0,5% de goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado), puesto que presenta un menor grado de dureza final que los demás tratamientos (Anexo C-1).

Este análisis permitió comprobar el efecto de los aditivos sobre la dureza final del pan de almidón de yuca a lo largo de los días, como se indica en la Gráfica B-2.3. (Anexo B-2), en el cual se observa el tratamiento a2b1 en comparación con el tratamiento control.

Como resultados, se obtuvo que el tratamiento que presentaba diferencia significativa en cuanto textura fue el tratamiento a2b1 (0,5% de goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado), como se puede observar en el Anexo C-2. Siendo el mismo tratamiento seleccionado en ambos parámetros evaluados, se procedió a realizar los demás análisis únicamente para el mejor tratamiento en comparación al patrón (sin aditivo).

### **4.1.3 Caracterización del comportamiento reológico del mejor tratamiento mediante el Mixolab System**

El Mixolab es una herramienta que permite obtener un análisis completo de las características reológicas de la masa de almidón de yuca que se va a emplear en la elaboración de los panes, anticipando su comportamiento durante el amasado y procesos de calentamiento y enfriamiento. Para ello se tomó como respaldo la norma ICC N°173 (Chopin Tribune, 2010).

En el Anexo A-2 y B-3 se presentan los resultados obtenidos del equipo Mixolab para el tratamiento a2b1 (0,5% Goma Xanthan y 1% Monoglicérido Destilado), en el cual se observan los valores de absorción de agua, índice de amasado, índice de gluten, viscosidad, resistencia a la amilólisis e índice de retrogradación. Para cada fase del ensayo se califica a la harina con un índice entre 0 y 9.

#### **4.1.3.1 Absorción de agua**

Según Calaveras (2004), el poder de hidratación de las harinas se refiere a la capacidad de absorber agua hasta formar una masa viscoelástica. La absorción de agua impacta todo el proceso, pero particularmente las propiedades mecánicas, el rendimiento de la masa (aspecto económico) y la calidad del producto final. Ha sido también comprobado que una hidratación alta disminuye las proteínas y las interacciones del almidón (Hamer&Hoseney, 1998).

Generalmente, incrementar la absorción de agua lleva a una mayor gelatinización, un mejor crecimiento en el horno, mejor suavidad de la miga una más lenta retrogradación del almidón. Por eso la capacidad de absorción es tan crítica para la panificación (Sluimer, 2005).

La muestra evaluada presentó un índice de 9, reflejando un alto potencial de hidratación de agua, lo cual representará además, un alto rendimiento en masa.

#### **4.1.3.2 Índice de amasado**

Según Dubat (2011), este índice representa la resistencia que ofrece la harina al amasado.

El amasado es una etapa clave y decisoria en la calidad del pan. Esta debe hacerse hasta que quede bien homogéneo, debe tenerse en cuenta que el granulado del almidón debe eliminarse. Según Dubat (2011), el volumen, la formación de la miga (la incorporación de aire durante el amasado), la textura de la miga y su resistencia, están influenciados por el proceso de amasado.

La muestra evaluada presentó un índice de 0, manifestando de esta manera una masa inestable durante el amasado (Dubat, 2010), es decir el almidón empleado ofrece poca resistencia o fuerza al amasado, pareciendo muy débil, debido a la ausencia de gluten, ya que no forma una masa viscoelástica.

#### **4.1.3.3 Índice de Gluten**

Es aquel que da la fuerza a las proteínas. Según Dubat (2011), un aumento de la temperatura de la masa trae una caída de la viscosidad, lo cual sucede especialmente del quiebre de los enlaces hidrógenos que agrupan los enlaces proteicos. Por lo tanto, un índice Gluten+ bajo traducirá una gran caída de viscosidad durante esta fase. En lo contrario un índice Gluten+ alto resaltará un buen mantenimiento de la estructura proteica, supuestamente debido al gran número de enlaces de hidrógeno.

Se ha comprobado que hay una relación entre la viscosidad mínima y el mantenimiento del volumen en el horno. Por otro lado, las masas con alto índice Gluten+ son demasiado elásticas y no se levantan correctamente en el horno. Cuanto más alto es el índice Gluten+, más resistente a la presión (amasado & calentamiento) será el gluten.

La muestra evaluada, presentó un índice de 6 para Gluten+, sin embargo, el almidón no posee gluten, aquel valor reportado se debe a las fuerzas que el almidón ejerce por la gelatinización producida cuando la temperatura de la masa pasa de 30 hasta 60°C en el equipo, puesto que el Índice Gluten+ es un indicador de elasticidad (Henaó, 2004).

Según Arquero (2009), esto ocurre debido que a una temperatura de 60 - 70°C, los gránulos de almidón gelatinizan, produciéndose cambios de viscosidad relacionados con el hinchamiento y desintegración de los gránulos de almidón.

#### **4.1.3.4 Índice de Viscosidad**

Cuando la temperatura alcanza más de 50-60°C, la viscosidad de la masa aumenta muy rápido al compás del almidón que gelatiniza y de las proteínas que polimerizan. La consistencia en caliente es función de las características del almidón y de la actividad amilásica (Dubat, 2011).

Según el mismo autor, en este momento, la proteína ya no impacta y el agua migra desde la proteína hacia el almidón. La viscosidad aumenta porque el almidón gelatiniza y la amilosa sale del gránulo.

Según Dubat (2010), una viscosidad baja pondrá de relieve un lote que tiene daño por germinación o que tendrá un comportamiento de almidón no usual.

La muestra evaluada, presentó un índice de 4 para la viscosidad, valor que permite evidenciar que la viscosidad de la masa posee un nivel adecuado, incluso relativamente bajo, puesto que se trata de un almidón. Cuanto más alto es el Índice, más viscosa será la masa enfrentando el calentamiento, y la actividad amilásica será menos fuerte.

#### **4.1.3.5 Índice amilásico**

Según Pulloquina (2011), la actividad amilásica depende directamente del almidón, que contiene amilosa y amilopectina. La amilasa es una enzima que degrada el almidón. Según Dubat (2011), el índice será alto con una baja actividad amilásica (hipo diastásica), mientras que un bajo índice demostrará una actividad amilásica importante (hiperdiastásica). La resistencia a la amilólisis revela, entre otros factores, el nivel de germinación.

La muestra evaluada, presentó valores que oscilan entre 8 y 9, lo cual nos indica que el almidón de yuca analizado presenta una baja actividad amilásica o diastásica, lo cual originó un pan seco, apelmazado y de una miga de gran densidad, debido a que no existió gran cantidad las alfa amilasas para romper las cadenas del almidón (Cortés, 2011).

De acuerdo a Guadmundsson (1994), citado por Mina *et al.* (2009), las cadenas de amilopectina son responsables de los fenómenos de retrogradación que se genera a largo plazo, mientras que la amilosa se relaciona con los cambios a tiempos cortos.

#### **4.1.3.6 Índice de retrogradación**

El almidón tiene un papel crítico en el endurecimiento del pan. Cuando los panes bajan de temperatura después de la cocción, eso le da firmeza a la

miga. El gel de viscosidad aumenta con una más alta retrogradación, este aumento está medido por el Mixolab durante la última fase del ensayo.

Dubat (2011), indica que el índice de retrogradación da una información importante sobre el potencial de conservación del producto acabado, un Índice bajo determina una larga vida útil para el pan, siendo en cambio una alta retrogradación y por ende una menor vida útil para un índice más alto. En el presente análisis se evidenció un valor de 6 para la muestra de almidón de yuca analizada, valor que se encuentra en un rango adecuado para la elaboración de un producto panificable, ya que es un valor casi intermedio, manifestando que el pan puede durar un tiempo prudencial.

#### **4.1.4 Análisis microbiológicos**

El objetivo de determinar la estabilidad microbiológica del pan de almidón de yuca es evaluar la calidad de la materia prima y del pan de almidón de yuca elaborado.

Como el principal agente indicador de deterioro del pan son los mohos y levaduras fue necesario hacer un recuento para conocer el momento en que la presencia de ellos altera el sabor, color y aroma del producto, para ello se basó en la norma INEN 1529-10:98 (Anexo D-6), para el control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad.

En el Anexo A-3 se muestra el total de unidades formadoras de colonia por cada gramo de muestra (ufc/g) obtenido en pan de almidón de yuca elaborado: control (Sin aditivos) y para el mejor tratamiento (0.5% goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado).

Además, con los datos obtenidos, se pudo calcular el tiempo de vida útil del pan de almidón de yuca, relacionando los cambios microbiológicos

producidos a lo largo de los días hasta encontrar el límite crítico, es decir, el permitido por la norma INEN 1529-10:98 (Anexo D-6), pasado ese tiempo al alimento se lo considera deteriorado.

Por definición, tiempo de vida útil de un alimento es el tiempo que éste tiene antes de ser declarado no apto para consumo humano (Remache, 2009).

Para encontrar el tiempo de vida útil del pan de almidón de yuca es necesario determinar la estabilidad del mismo a similares condiciones de almacenamiento para encontrar así el tiempo máximo en que el producto pueda estar en percha sin perder sus características organolépticas iniciales.

En la tabla A-3.1 (Anexo A-3), se establece el recuento microbiológico realizado durante 5 días para el pan considerado como mejor tratamiento y para el pan de almidón de yuca control (sin aditivos).

Se consideró como límite crítico el criterio establecido en la NTE-INEN 1529-10:98, con el cual se pudo determinar hasta cuando los niveles de contaminación del pan con mejoradores (a2b1) se encuentran dentro de los límites permitidos, la misma que establece un valor de 50 ufc/g, lo que reveló un tiempo de vida útil de 4 días, puesto que el pan de almidón de yuca del tratamiento alcanzó un valor de 28 ufc/g y 31 ufc/g en el patrón a las 96h de almacenamiento.

De acuerdo a los resultados se puede establecer que el pan de yuca hasta el cuarto día todavía se encuentra en los límites de aceptabilidad ya que los mohos y levaduras se hallan en los rangos permitidos. Sin embargo, a partir del quinto día las UFC/g de mohos y levaduras permitidas en el pan alcanzan y sobrepasan los límites establecidos, revelando valores de 51 ufc/g para el pan de almidón de yuca del

tratamiento y 55 ufc/g para el patrón, observándose además el crecimiento visible de mohos en la superficie del pan a partir de este día.

Por lo que se puede manifestar que el tiempo de vida útil del pan de almidón de yuca con mejoradores (0,5% de goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado), es de 4 días a una temperatura de 20°C (Anexo B-4).

#### **4.1.5 Análisis de pérdida de peso**

En el Anexo A-4 se observan los valores registrados para pérdida de peso de 5 muestras de pan después de la cocción y a través del tiempo, en los que se mantiene el pan almacenado en fundas de celofán y a temperatura ambiente (20°C) durante 7 días.

En el Anexo B-5 se evidencia la pérdida de peso de los panes de almidón de yuca a través del tiempo para el mejor tratamiento y la muestra control (sin aditivo), en el que se indica una mayor pérdida de humedad después del horneado en los panes sin aditivos, ya que el peso inicial de las unidades de masa en ambas pruebas fue de 20g, observando el efecto de la combinación de aditivos empleados sobre el tratamiento a2b1, puesto que estos presentan una pérdida de peso promedio de 2.1g, al contrario del pan control que presenta una pérdida de peso promedio de 4.6g, lo que evidencia una mayor retención de humedad a lo largo del tiempo en el pan con aditivos, lo cual a su vez que retarda en envejecimiento del pan.

#### **4.1.6 Análisis de Humedad**

El objetivo de la determinación de humedad del pan es establecer características físicas del producto. Este análisis se encuentra íntimamente relacionado con la pérdida de peso del producto a través del tiempo, sin embargo se tomaron valores diarios de una muestra de pan

por duplicado, para conocer la influencia de los aditivos en el producto, en comparación con su control.

Los valores de la determinación de la humedad de las muestras analizadas se encuentran reportados en el Anexo A-5 y Anexo B-6, donde se puede observar que existe un menor descenso del contenido de humedad en panes de yuca del tratamiento, puesto que las muestras de éste llegaron a una humedad final de 31.6% al 7mo día, al contrario del patrón, que presentó una humedad de 30.7%, siendo que ambas muestras de pan fueron almacenadas en similares condiciones ambientales (20°C) y en fundas de celofán selladas, esto se debe a que los aditivos empleados permiten una mayor retención de la humedad del pan durante el horneado y almacenamiento. Tomando como referencia la norma INEN 95 19:79 (Anexo D-4), la cual indica que la humedad determinada no puede sobrepasar el 35%.

#### **4.1.7 Análisis Sensorial del pan de yuca elaborado, en comparación con marcas comerciales**

Con el fin de determinar el grado de aceptación por parte de consumidores potenciales se realizó pruebas de tipo sensorial, especialmente una prueba de preferencia/aceptación, debido a que ésta se utiliza para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado.

Se realizó una hoja de catación (Anexo A-7), de escala hedónica con rango de (1-5) basada en la norma INEN 530, para ensayo de panificación, en la que se evaluaron los parámetros de color, olor, apariencia, textura, sabor y aceptabilidad.

Para cada una de las pruebas de análisis sensorial se escogieron 50 catadores al azar, según Schmitt (2008), ya que éste sugiere equipos de 50 personas para estudios de nuevos productos.

Para realizar el análisis estadístico de la evaluación sensorial se empleó un diseño experimental de bloques completos, tomando la respuesta de los catadores, determinando si existe diferencia significativa entre el mejor tratamiento obtenido y otros panes de almidón de yuca comerciales, a un nivel de confianza del 95%.

En el Anexo A-7, se muestran los promedios de los resultados obtenidos de la valoración de cada atributo, codificadas de la siguiente manera: “563” Pan de yuca Facundo, “458” pan de yuca Real y “646” Pan de yuca analizado.

El análisis estadístico efectuado Anexo C-3, señala que existen diferencias significativas mediante el Análisis de Varianza entre las muestras evaluadas a un nivel de significancia del 5%, por lo tanto se procedió a realizar la prueba de Tukey.

#### **4.1.7.1 Apariencia del pan**

Es el aspecto exterior del pan que se ve reflejado en la simetría del mismo, es decir su forma redonda que no presenta golpes, hundimiento o alguna deformación (Norma INEN 530-1980).

En la Tabla C-3.6 (Anexo C-3), se observa que existe un puntaje de 3,94/5 puntos (apariencia buena) para la marca comercial “Real”, seguida por el tratamiento a2b1 evaluado, el cual presenta un valor de 3,8 /5 puntos, lo que califica al pan de yuca elaborado como de buena apariencia, siendo aceptable para el consumidor. Y un valor de 3,32/5 puntos para el pan de la marca comercial “Facundo”, el cual de igual

manera se encontraría dentro del rango de una apariencia aceptable, a pesar de poseer el menor puntaje.

#### **4.1.7.2 Color de la corteza**

El color es una característica peculiar del pan producida por la luz reflejada sobre éste y que impresiona a la vista (Norma INEN 530-1980).

Según Young (1998), citado por Toaquiza (2011), el color de la corteza está influenciado por la operación de cocción que se somete a la masa y con ello da origen a cambios, estos están asociados a un complejo fenómeno habitualmente conocido como pardeamiento o reacción de Maillard.

En la Tabla C-3.2. (Anexo C-3), se indica que el puntaje para el pan del tratamiento evaluado (a2b1), es de 2.84 sobre 5 puntos, indicando que la muestra presenta un color pálido a dorado, lo cual es muy apreciable para el consumidor, sin embargo no existe mayor diferencia con los valores reportados para las muestras de pan de yuca comerciales, los cuales reportan valores de 2,18/5 puntos y 2,5/5 puntos para el pan Facundo y pan Real, respectivamente, lo que nos manifiesta un color pálido para ambas muestras. Los valores varían de debido a la formulación de cada pan, puesto que se sometió a la misma temperatura y tiempo a las 3 muestras evaluadas.

#### **4.1.7.3 Olor del pan**

Según Wittig (2001), la característica del olor es un importante atributo de calidad del alimento, debido a que este sentido presenta mayor sensibilidad y poder de discriminación que el sentido del gusto.

En la tabla C-3.4. (Anexo C-3), se observa el valor que los catadores otorgaron a las 3 muestras evaluadas para la característica del olor.

Mediante la aplicación de un diseño estadístico de bloques completos, se observa una diferencia significativa para los tratamientos, presentando un valor de 3,56 sobre 5 puntos para el tratamiento a2b1, lo cual nos indica que los jueces manifiestan que existe un olor poco perceptible en el pan evaluado, al contrario del pan “Facundo”, el cual presentó el puntaje más alto con un valor de 4,52 sobre 5 puntos, olor muy perceptible, lo cual se debe en gran parte a los ingredientes empleados para su formulación, sin embargo el pan de yuca de la marca comercial “Real” manifestó un valor de 3,5/5 puntos lo cual indica un olor poco perceptible, semejante al pan de yuca del tratamiento a2b1.

#### **4.1.7.4 Sabor del pan**

La contribución más importante al sabor del pan procede de la operación del horneado, en el cual se obtiene una corteza dorada que provee del 80% del sabor al pan (Toaquiza, 2011).

Los resultados para el sabor del pan se establecen en la Tabla C-3.8 (Anexo C-3), observando que el puntaje para el pan de la muestra a2b1 presenta el valor más alto (4,26 sobre 5 puntos), lo cual indica que los catadores atribuyeron al pan evaluado una característica agradable, comparando con las marcas comerciales, las cuales obtuvieron valores de “3,5/5 puntos” para el pan de yuca Facundo y 3,54/5 puntos para el pan de yuca “Real”, indicando una valoración regular para ambas, lo cual se debe en gran parte a la formulación que cada pan posee.

#### **4.1.7.5 Textura del pan**

Es el grado de elasticidad o blandura y se determina enteramente con el sentido del tacto, el cual puede describirse como suave, elástica, áspera, tosca, desmenuzable (Lascano, 2010).

La Tabla C-3.10. (Anexo C-3), describe la variabilidad del atributo textura, estableciendo mediante ANOVA una significancia estadística del 95% para los tratamientos estudiados, indicando que la muestra del pan evaluado (a2b1), presentó el valor más alto, con un puntaje de 4,6/5 puntos, calificando como un pan suave, al contrario de las marcas comerciales que presentan valores de 2,68/5 puntos, indicando un pan ni duro ni suave y 2,3/ 5 puntos, es decir un pan ligeramente duro, para el pan de yuca Facundo y pan de yuca Real, respectivamente. Lo cual nos manifiesta que existe una diferencia significativa para este atributo, revelando que en cuanto a textura, el pan del tratamiento a2b1 presenta el valor de dureza más bajo, observando en ello, la influencia de los aditivos adicionados.

A más de ello, se realizó una comprobación de los datos sensoriales por medio de un análisis de textura mediante el Texturómetro Brookfield CT-3, en el que se evidenció que la textura de los panes de yuca comerciales presentaron valores más altos para la dureza total, siendo estos de 1722g y 2062g para el pan de yuca Real y Facundo respectivamente, en comparación al pan de yuca evaluado (a2b1), el cual manifestó un valor de 1242g (Anexos A 1.4, A.1.5 y A.1.6).

#### **4.1.7.6 Aceptabilidad del pan**

Es el conjunto de atributos como color, olor, sabor, pero sobre todo es la valorización que el consumidor realiza atendiendo a su propia escala interna de apreciación al producto, por lo tanto la aceptación provoca el deseo de una persona para adquirir un producto (Schmitt, 2008).

En la Tabla C-3.12. (Anexo C-3), se muestra el análisis estadístico (ANOVA) para el atributo aceptabilidad en el cual se observó que existe diferencia significativa sobre los tratamientos, presentando un valor de 4.52 sobre 5 puntos para el pan de yuca del tratamiento a2b1, es decir “gusta a gusta mucho”, lo cual indica que el pan de yuca elaborado

presentó una alta aceptación entre los catadores. Los valores presentados para los panes de yuca comerciales oscilan entre 3.64/5 puntos y 3.58/5 puntos para el pan de yuca Facundo y pan de yuca Real, respectivamente, lo cual indica que para los catadores las marcas comerciales poseían una aceptación de “gusta poco”.

En el Anexo B-7, se observan los gráficos comparativos entre las 3 muestras evaluadas para cada atributo evaluado, observándose la preferencia de los catadores para cada atributo ya descrito.

#### **4.1.8 Análisis de los costos**

Para efectuar el cálculo de costos se tomó en cuenta los siguientes factores:

Materiales directos e indirectos, equipo y utensilios, suministros, mano de obra y el margen de ganancia. Los cuales permitieron obtener un valor aproximado del costo de producción del mejor tratamiento del pan de almidón de yuca, conociendo además la rentabilidad que tendrá este producto en el mercado.

El análisis económico se realizó en base al mejor tratamiento (0,5% goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado) y tomando como base 50Kg de almidón de yuca, como se observa en el Anexo A-9.

Según la tabla A.9.6 (Anexo A-9), el costo unitario del pan (20g) es de 0,15 ctvs., indicando que existe una utilidad de 0,05 ctvs. por pan, es decir, \$390 en la elaboración de 6500 unidades, para una producción semi-industrial con tres panaderos. Concluyendo que la industrialización de pan de almidón de yuca con mejoradores (goma xanthan y monoglicérido destilado), es rentable, a pesar de ello, en el país no existe

una cultura de consumo masivo de este tipo de “pan”, sin embargo este producto presenta la ventaja de poseer 4 días de vida útil.

En comparación a otros panes de almidón de yuca que se comercializan en el mercado como producto elaborado, se encuentra el comercial “Yogurt Persa”, el cual se expende a 0,30 ctvs. la unidad de 25g, sin embargo este producto presenta la desventaja de poseer un tiempo máximo de almacenamiento de 2 horas debido a que después de hornearse, es almacenado en una incubadora a 120°C, lo que ocasiona que pasado las 2 horas, la textura del pan se vuelve dura y la calidad del producto disminuye en gran parte.

De igual manera el pan de almidón de yuca comercializado en la corporación Supermaxi, presenta un tiempo de vida útil posterior al horneado de 24 horas (almacenado al ambiente), sin embargo estos poseen gran acogida y son comercializados a un precio de 0,37 ctvs. la unidad (30g), una cantidad de 400 panes diarios.

## 4.2 Verificación de Hipótesis

### **Hipótesis Nula (Ho):**

El empleo de goma xanthan y monoglicérido destilado no mejorará la textura del pan de almidón de yuca

### **Hipótesis Alternativa (Hi):**

El empleo de goma xanthan y monoglicérido destilado mejorará la textura del pan de almidón de yuca

Se acepta la hipótesis alternativa (Hi) y se rechaza la hipótesis nula (Ho), afirmando que goma xanthan y monoglicérido destilado mejora la textura del pan de almidón de yuca.

$$\mathbf{H_0: T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq \dots T_n}$$

Muestra de ello son los resultados del análisis estadístico realizado a través del diseño  $3^n$  y la prueba de diferenciación de Tukey, la cual obtuvo como mejor tratamiento para conservar por mayor tiempo la suavidad en el pan de almidón de yuca la combinación de aditivos a2b1 (0,5% de goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado).

De igual manera estos resultados fueron corroborados con análisis sensoriales y mediante un análisis físico (pérdida de peso a través del tiempo) y reológico de la masa (Mixolab System).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se utilizó goma xanthan y monoglicérido destilado para el mejoramiento de la textura del pan elaborado a partir de almidón de yuca, determinando las concentraciones adecuadas de aditivos para mejorar y conservar la textura suave del pan por mayor tiempo, para ello se analizaron muestras de los 9 tratamientos en el Texturómetro Bookfield, además de la realización de un análisis sensorial, permitiendo concluir que los aditivos empleados lograron retardar el endurecimiento del pan de almidón de yuca, obteniendo un pan que presenta una textura menos envejecida al enfriarse en comparación al pan de almidón de yuca sin aditivos.
- Se evaluó el efecto de goma xanthan y monoglicérido destilado en la textura de pan de almidón de yuca empleando el Texturómetro Brookfield, donde se valorizó la dureza total, el trabajo dureza terminado y la deformación recuperable del pan de cada tratamiento durante 3 días almacenados a temperatura ambiente y en fundas de celofán selladas; el efecto de los aditivos y su combinación adecuada lograron retardar en mayor porcentaje de envejecimiento del pan de almidón de yuca, debido a la función que tienen los aditivos, ya que la goma xanthan aumentó la retención de agua durante el horneado y almacenamiento, extendiendo la vida de anaquel del producto y el monoglicérido destilado actuó como emulsificante, reduciendo la velocidad de endurecimiento, impidiendo la cristalización de la fracción de amilopectina.

- Se estableció la combinación adecuada de goma xanthan y monoglicérido destilado aplicando un diseño estadístico 3<sup>n</sup> (ANOVA y Prueba de Tukey) para los resultados obtenidos de los 9 tratamientos en el Texturómetro Brookfield, además de un análisis sensorial efectuado por bloques incompletos, que permitieron determinar como mejor tratamiento el a2b1 (0,5% goma xanthan y 1% monoglicérido destilado), cuya formulación logró mantener mejores características en la textura por mayor tiempo al almacenar el pan de almidón de yuca en fundas de celofán selladas a temperatura ambiente, obteniéndose valores de 1242g para dureza, 58.8 mJ en trabajo dureza terminado y 2.03 mm para la deformación recuperable, en comparación al patrón que obtuvo valores de 1675g para dureza, 70,27mJ en trabajo dureza terminado y 3,51mm en deformación recuperable.
- Se caracterizó el comportamiento reológico del mejor tratamiento mediante el Mixolab System, cuyos índices muestran la factibilidad del almidón para la elaboración de un pan de calidad, puesto que este provee un análisis global, ofreciendo valores para índice de absorción de agua, amasado, gluten, viscosidad, amilasas y retrogradación, cuyos valores de interés fueron principalmente el índice de amilasas, que presentó un valor de 8.5, el cual muestra una baja actividad amilásica, además de un valor de 6 para el índice de retrogradación, valor que al ser casi intermedio, indica que el pan puede durar un tiempo prudencial.
- Se evaluaron las características físicas (pérdida de humedad y peso) del mejor tratamiento en comparación con el pan de almidón de yuca control (sin aditivos), concluyendo que el efecto de los aditivos sobre la retención de la humedad del producto durante el horneado y su almacenamiento fue el esperado, ya que se produjo una diferencia notable, con valores de pérdida de peso posterior al

horneo de 2.1g para el pan del mejor tratamiento (a2b1) y una pérdida de peso promedio de 4.6g para la muestra control, además de ello, los valores de pérdida de humedad a lo largo de tiempo permitieron observar el mismo hecho en la retención de la humedad en el pan para el tratamiento a2b1, puesto que las muestras del tratamiento llegaron a una humedad final de 31.6% al 7mo día, al contrario del patrón que presentó una humedad final de 30.7%, siendo que ambas muestras de pan fueron almacenadas en similares condiciones ambientales (20°C) y en fundas de celofán selladas.

De igual manera, se realizaron análisis microbiológicos para recuento de mohos y levaduras, obteniéndose como resultados que el pan control y del mejor tratamiento se encuentran dentro de los límites establecidos microbiológicamente hasta el 4to día, según la norma INEN 1529-10:98, la misma que establece hasta 50 ufc/g.

- Se determinó la aceptabilidad del pan de almidón de yuca elaborado en comparación a marcas comerciales (pan de yuca “Facundo” y pan de yuca “Real”), por medio de un análisis sensorial, teniendo en cuenta atributos como color, olor, apariencia, textura, sabor y aceptabilidad, existiendo diferencia significativa entre las marcas comerciales y pan de yuca evaluado, obteniéndose como respuestas que el pan de almidón de yuca del mejor tratamiento (0,5% de goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado), presenta mayor acogida que las marcas comerciales en cuanto a color de la corteza, el cual manifiesta un color pálido a dorado, sabor agradable, textura suave y con una aceptabilidad de “gusta mucho”, lo cual nos permite concluir que el producto elaborado presenta una alta acogida por parte de los consumidores, presentando además una visible diferencia en cuanto a la suavidad en la textura del pan, puesto a que los valores presentados para el pan del mejor tratamiento es de 4.6/5 puntos,

calificando a este como pan suave, al contrario de 2.7 y 2.3 sobre 5 puntos para las marcas comerciales Facundo y Real respectivamente, es decir pan ligeramente duro.

- El costo de producción del mejor tratamiento (0,5% goma xanthan y 1% monoglicérido destilado) de pan de almidón de yuca es de 0,15 ctvs., por unidad (20g), indicando que existe una utilidad de 0,05 ctvs. por pieza de pan. Concluyendo que la producción de pan de almidón de yuca con mejoradores (goma xanthan y monoglicérido destilado), es rentable, siendo la producción favorable sobre el desarrollo económico del país, puesto que además de presentar un tiempo de vida útil de hasta 4 días, el consumo de este producto elaborado con productos cultivados en el país, disminuiría la creciente dependencia del trigo importado.

## 5.2 Recomendaciones

- A más de la adición de aditivos se recomienda tener en cuenta que para contrarrestar el envejecimiento y endurecimiento que presenta el pan de almidón de yuca, se puede realizar un recalentamiento (siempre y cuando el almidón no se haya retrogradado en su totalidad).
- Se recomienda realizar para cada tratamiento a evaluar, panes del mismo peso, para procurar un mismo volumen en cada muestra, además de someterles a iguales condiciones de horneado y almacenamiento para evitar la influencia de otro tipo de factor sobre las respuestas finales en los cambios de textura a través del tiempo dados por el Texturómetro Brookfield.
- Se recomienda emplear el paquete estadístico de Startgraphics para corroborar los cálculos realizados en la investigación y de esa manera tener la confianza de trabajar con resultados confiables.
- Para los análisis en el Mixolab System, es importante el determinar previamente la humedad de la muestra del almidón de yuca del mejor tratamiento puesto que ello nos permitirá obtener datos precisos.
- Es importante evaluar las características físicas y microbiológicas del producto realizado, basándose en normas y límites ya establecidos, para tener la seguridad de ofrecer un producto confiable para el consumidor.
- Se recomienda realizar un análisis sensorial en comparación a un pan de yuca comercial del que se pueda adquirir su formulación, para así poder evaluar el efecto de los aditivos sobre la aceptabilidad y acogida del producto, sin tener influencia de las

diferentes formulaciones que cada pan de almidón de yuca presenta, conociendo de manera más precisa si el producto satisface o no las necesidades del cliente.

- Se recomienda el empleo de otras tecnologías para el aumento de la vida útil del producto, tales como la precocción, congelación o ultracongelación, de la masa, lo cual permitirá la conservación de los panes de almidón de yuca por un mayor tiempo.

## **CAPÍTULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 Datos Informativos**

**Título:** “Desarrollo de una tecnología apropiada para la elaboración de un pan de almidón de yuca precocido del mejor tratamiento (0,5% goma xanthan y 1% monoglicérido destilado)”

**Unidad Ejecutora:** Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL) y Unidad Operativa de Investigación en Tecnología en Alimentos (UOITA).

**Beneficiario:** Productores de almidón de yuca, panificadores del país y los consumidores de productos precocidos.

**Director del Proyecto:** Ing. Alexandra Lascano.

**Personal Operativo:** Egda. Ximena Wong

**Tiempo de duración:** 6 meses

**Fecha estimada de inicio:** Julio 2012

**Fecha estimada de finalización:** Enero 2013

**Lugar de ejecución:** Ambato- Ecuador.

**Costo:** \$ 1659,00

## 6.2 Antecedentes de la Propuesta

En las últimas décadas se han producido cambios importantes, particularmente en los hogares urbanos, por una multiplicidad de causas que han influido en los estilos de vida y en los patrones de consumo alimentario de la población. Estos cambios han impulsado el desarrollo de nuevas prácticas de producción y conservación de los alimentos, que se manifiestan claramente en la industria de la panificación.

Los productos de panificación son muy importantes en la alimentación mundial. A pesar de su alto consumo, gran cantidad es desechado como consecuencia del envejecimiento. Esta disminución de la aceptación por parte del consumidor es causada por cambios que no resultan de la acción de microorganismos dañinos; ya que entre las alteraciones que se destacan se encuentra el endurecimiento de la miga, los cambios en el sabor, el aroma, y la pérdida de crujibilidad de la corteza (Ribotta y Tadini, 2009).

Los mismos autores manifiestan que el rechazo de los productos de panificación relacionado con su envejecimiento, representa una importante pérdida económica. Una de las estrategias que se utilizan para disminuir dichas pérdidas es la congelación de las masas u ofrecer productos precocidos, ya que estos procesos permiten ofrecer permanentemente al consumidor un producto recién elaborado.

Según Rosell, nombrado por Ribotta y Tadini, (2009), el pan parcialmente horneado o cocido, precocido o pre-horneado se fabrica generalmente en panificadoras dotadas de grandes instalaciones, donde se realiza un proceso de panificación semejante al proceso convencional a excepción de la etapa de horneado o cocción. Esta tecnología de horneado o bien horneado final, conocida en el mundo anglosajón como bake off technology (BOT), es un método adecuado para prevenir el

envejecimiento del pan y obtener producto a cualquier hora del día con una calidad similar a la del pan fresco.

Se entiende por pan precocido el pan cocido en dos tiempos. En la primera fase se hornea aproximadamente un tercio del tiempo de cocción total del pan. Para su conservación se utilizan varias técnicas: refrigeración o bien la congelación del pan, y el envasado en atmósfera modificada o inerte. El producto se mantiene en dicho estado hasta su horneado final. En general se trata de un producto al que le faltan unos minutos para completar la cocción, lo cual permite almacenarlo durante meses. Después se puede hornear en cualquier momento para completar la cocción, con lo que el cliente tiene un producto fresco, recién preparado, con todas sus mejores características como textura, blandura, contenido de humedad, color y aroma (Calaveras, 2004).

Murcia (2011), menciona que el tipo de pan que más se elabora en la técnica de la precocción es el pan francés o baguette y que debido a su practicidad, conveniencia y bajo costo, muchos establecimientos como almacenes y supermercados han optado por la comercialización de masas congeladas, panes precocidos congelados o panes totalmente cocidos y congelados, ya que estos son de fácil preparación, se encuentran disponibles a cualquier hora del día, no requieren personal calificado para su finalización, lo cual reduce costos y asegura la uniformidad de la calidad del producto en cualquier momento.

La aplicación del horneado parcial facilita la fabricación de distintos tipos de pan con diversidad de formas, más atractivos al consumidor, lo cual ha contribuido al aumento en el consumo de pan. La tendencia panadera apuesta por los “puntos calientes”, es decir, panaderías cuya producción la conforman el pan precocido y la masa congelada (Calaveras, 2004).

La panadería ha conseguido que un pan de corteza dura, precocido y ultracongelado o congelado antes de hornear, pueda después acabarse lejos del centro de producción y ser comercializado a kilómetros de distancia. La industria panadera ha roto definitivamente con la planta de producción y el punto de venta localizados en el mismo espacio (Verdegay, 2000).

Según, Navarro (2012), entre las principales ventajas del pan precocido se encuentran: disponibilidad de pan caliente a cualquier hora del día, amplia gama de productos y ahorro de tiempo y mano de obra en los puntos finales de distribución. Pueden surgir algunos inconvenientes cuando se efectúa un proceso de elaboración poco cuidadoso, entre ellos pan con menos volumen, envejecimiento rápido y descascarillado.

El pan precocido se usa mucho para franquicias y en hostelerías, porque permite ofrecer un producto fresco al consumidor; además, la producción es más barata, dado que únicamente se requiere un horno en el punto caliente. Determinadas cadenas de panadería y grandes superficies utilizan esta alternativa de panificación (Navarro, 2012).

Según Verdegay (2000), las primeras industrias que se lanzan a la producción de pan congelado (en crudo) o precocido congelado (sólo requiere de una descongelación y un breve proceso de final de horneado), se localizan en Cataluña-España. En algunos casos, estas industrias panaderas son las que a mediados-finales de la década de los 70 emprendieron su crecimiento a través de cadenas de venta propias, lo que propició su aumento de producción y la mecanización total de sus plantas.

### **6.3 Justificación**

La elaboración de productos derivados de la yuca es escasa, no se han desarrollado alternativas a nivel nacional para darle un valor agregado a ésta, aunque en varios países se elabora pan a partir del almidón de este tubérculo, el cual posee además una gran acogida, sin embargo este pan posee una vida útil corta, lo cual se debe al endurecimiento que sufre por la retrogradación del almidón y a la pérdida y redistribución del agua.

Una de las formas de solución de este hecho es por medio del recalentamiento del pan, que revierte el endurecimiento, sin embargo, al recalentar en horno microondas, se obtiene un pan húmedo y demasiado blando, lo cual en ciertas ocasiones no es muy aceptado. Esto hace que se deba amasar, cocinar y comer este pan en un proceso continuo, lo que significa tiempo.

Es por ello que se propone como alternativa la elaboración de un pan de almidón de yuca precocido, que permitirá al cliente, terminar con la cocción del pan en su hogar en el momento requerido y de esta manera disponer de un pan fresco, de excelente calidad a cualquier hora del día y para cualquier imprevisto.

Permitiendo a los clientes tener acceso a un pan recién elaborado y con la característica adicional de un mayor tiempo de duración que los conocidos, puesto que este se elaborará con la mejor formulación encontrada (0,5% goma xanthan y 1% de monoglicérido destilado), el cual aportará un valor agregado al pan que se desea elaborar, puesto que el monoglicérido destilado reduce la velocidad de endurecimiento al impedir la cristalización de la fracción de amilopectina y la goma xanthan ofrece una mayor retención de agua en el producto.

## **6.4 Objetivos**

### **6.4.1 Objetivo General**

Desarrollar la tecnología adecuada para la elaboración de un pan de almidón de yuca precocido, utilizando la formulación del mejor tratamiento (0,5% goma xanthan y 1% monoglicérido destilado).

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la temperatura y tiempo óptimo de precocción del pan de almidón de yuca.
- Evaluar las características físicas y microbiológicas del producto.
- Definir la aceptabilidad del pan de almidón de yuca precocido mediante un análisis sensorial.
- Establecer el tiempo de vida útil del pan de yuca elaborado.
- Realizar un análisis de los cambios de textura que se producen en el pan de almidón de yuca precocido a través del tiempo.
- Realizar un análisis de costos para la elaboración del pan de yuca precocido.

## 6.5 Análisis de Factibilidad

El presente proyecto de investigación, constituye una nueva alternativa para ofrecer al cliente un pan recién elaborado por medio de la aplicación de la tecnología de horneado final, desarrollando un pan de almidón de yuca precocido congelado, con el fin de brindar otra opción de consumo al mercado panadero, y al consumidor habitual ofrecer el producto a cualquier hora del día con una calidad similar a la del pan fresco.

Para la factibilidad del proyecto se debe tener en cuenta el factor socio – económico, percatándonos de la disponibilidad de la materia prima requerida, que en este caso es el almidón de yuca. Esta disponibilidad permitirá que los panificadores opten por la opción de fabricar pan a partir de este tubérculo y así reducir volúmenes de importación del trigo; asimismo, los agricultores serían beneficiados al incrementar la producción de este tubérculo andino.

El análisis económico se efectúa con la finalidad de obtener un producto de óptimas características sensoriales y con un precio de venta al público accesible para ingresar en el mercado, pero sobre todo que el costo de su elaboración sea rentable.

Como ya se realizó un análisis económico para la elaboración semi-industrial de pan de almidón de yuca con 0,5% goma xanthan y 1% monoglicérido destilado, se deberá determinar los costos adicionales para la elaboración de los mismos como pan precocido congelado, tomando en cuenta los equipos necesarios adicionales a utilizarse, puesto que tanto suministros, como personal será el mismo ya calculado.

En la tabla 3, se exponen los recursos económicos que se requerirán para la presente investigación:

**Tabla 3.- Recursos económicos de la propuesta**

<b>RECURSOS</b>	<b>VALOR (\$)</b>
<b>RECURSOS HUMANOS</b>	
Tutor	200,00
Graduando	500,00
<b>RECURSOS MATERIALES</b>	
Materias primas	100,00
Uso de equipos de laboratorio	500,00
Materiales de laboratorio	200,00
Materiales de oficina	80,00
<b>OTROS</b>	
Imprevistos (5%)	79,00
<b>TOTAL</b>	<b>1659,00</b>

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## **6.6 Fundamentación**

Los productos procedentes de cereales se han convertido en alimentos básicos en todo el mundo y son necesarios para la dieta del ser humano. La necesidad de disminuir la importación de trigo en el país ha llevado a instituciones como la UOITA de la Universidad Técnica de Ambato a estudiar alternativas para solucionar este problema nacional. Bajo este criterio nace el proyecto de elaborar pan de almidón de yuca precocido.

Un pan precocido es la masa cuya cocción ha sido interrumpida antes de llegar a su finalización, siendo sometida posteriormente a un proceso de congelación o a cualquier otro proceso de conservación autorizado (Mule, 2011).

Los panes precocidos pueden ser almacenados en condiciones de refrigeración o congelación. El pan precocido congelado origina un pan

crujiente, el mayor inconveniente estriba en el alto coste que supone el almacenamiento en congelación dado el volumen que ocupa este producto.

Las etapas de fabricación de pan precocido coinciden con las etapas del proceso convencional, identificándose las principales diferencias en la etapa de cocción, como se observan en el proceso descrito por (Ribotta y Tadini, 2009):

### **1.- Recepción de materia prima**

Consiste en seleccionar a los proveedores de cada uno de los insumos que intervienen en la formulación, entre los que se encuentra el almidón de yuca cernido, queso molido, leche, mantequilla, polvo de hornear, azúcar, sal, huevos y aditivos

### **2.- Pesado de los ingredientes**

Esta etapa consiste en dosificar con exactitud la cantidad de los insumos que intervienen en la formulación, así el rendimiento de la producción será constante, la calidad estable y se podrá establecer un control de costos.

### **3.- Mezclado y amasado.**

Etapas que tienen por objeto lograr una distribución uniforme de todos los ingredientes.

La fase de amasado es similar a la de producción de pan por método convencional, aunque con un tiempo de amasado ligeramente superior debido a la utilización de harinas algo más fuertes.

### **4.- División de la masa**

Esta etapa se realiza para obtener piezas de masa de igual peso. El peso de cada pieza dependerá del tipo de pan que se va a elaborar. Este proceso debe ser rápido.

En este caso se trabajará con masas de 20 g c/u.

#### **5.- Boleado de la masa.**

Es muy importante formar muy bien las piezas, pues si están mal confeccionadas se deformarán durante la cocción, para realizar un buen boleado se debe someter a la masa a presión contra una superficie rígida con la finalidad de obtener una pieza compacta y fina.

#### **4.- Horneado**

Este es un horneado parcial o interrumpido, el cual consiste en hornear la masa de pan hasta fijar la estructura de la miga sin llegar a formar la corteza crujiente. La precocción o primera cocción del pan generalmente se realiza en hornos rotativos, donde la transmisión del calor se realiza por convección (el aire se calienta y recircula, aprovechando su temperatura para la cocción del pan). Algunas instalaciones poseen hornos de túnel. Cuando el pan se introduce en el horno se administra vapor para retrasar por un corto periodo de tiempo la formación de la corteza. El tiempo de precocción oscila entre 10 y 15 minutos.

Uno de los aspectos críticos es definir el tiempo y la temperatura de las dos etapas de horneado. Fik y Surowka, mencionados por Ribotta y Tadini, (2009), describieron que el pan precocido obtenido tras un horneado parcial, correspondiente al tiempo óptimo para el horneado parcial debe estar comprendido en el intervalo de 74 a 86% del tiempo necesario para el horneado completo.

#### **5.- Congelación**

Tras la primera cocción, el pan debe enfriarse hasta que la temperatura interna descienda hasta aproximadamente 30°C, y debe realizarse de forma lenta y en condiciones de humedad elevada para evitar el descascarillado. Una vez enfriado, el pan se puede conservar en congelación, refrigeración o en atmosfera modificada. Cuando la congelación es el método de conservación seleccionado, el pan se

introduce en túneles de congelación ( $-40^{\circ}\text{C}$ ) hasta conseguir  $-12^{\circ}\text{C}$  en el interior de la barra.

## **6.- Almacenamiento**

Posteriormente el pan se empaqueta en bolsas de plástico y es introducido en cajas de cartón especial para congelación.

El empaquetado se realiza en zonas a baja temperatura (entre  $6$  y  $8^{\circ}\text{C}$ ) para evitar condensaciones en la superficie del pan precocido congelado. El producto empaquetado debe permanecer almacenado a temperatura constante (según la normativa vigente,  $-18^{\circ}\text{C}$ ) y su distribución se debe realizar sin romper la cadena de frío. En los lugares de distribución o bien los conocidos “puntos calientes” el pan se descongela y se finaliza la cocción.

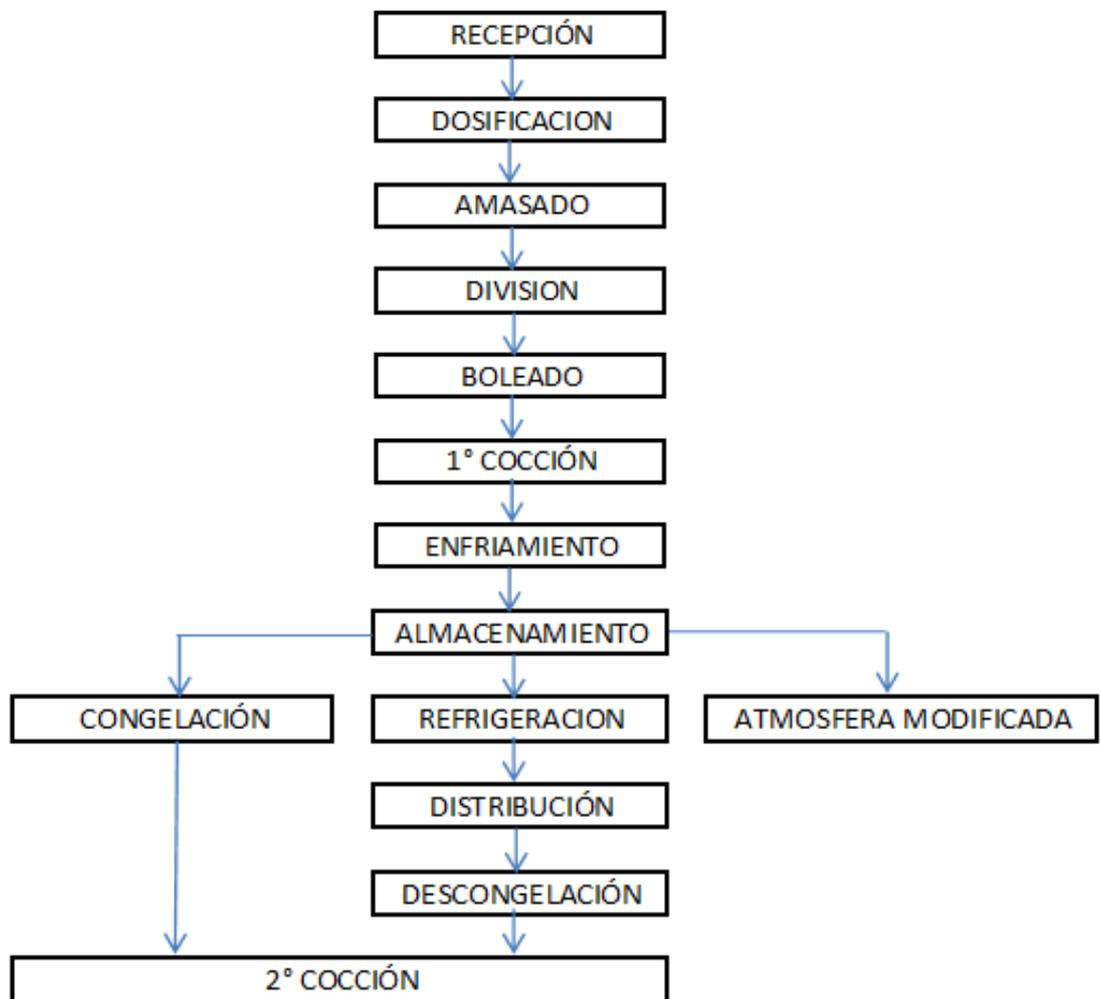
## **7.- Descongelación y segunda cocción**

Las condiciones de descongelación y segunda cocción varían según la variedad y tamaño del pan. El pan precocido congelado se debe descongelar previamente a la cocción para favorecer la recuperación de la estructura y mejorar el volumen del pan. También se puede hornear directamente sin descongelar (lo cual conlleva un incremento del tiempo y temperatura de cocción). La cocción normalmente se realiza en hornos pequeños y en la mayoría y de ellos la velocidad del aire es superior a la de los hornos industriales, lo que obliga a bajar la temperatura de cocción; además, se recomienda inyectar vapor durante un breve periodo de tiempo para obtener una corteza flexible y más brillante.

La segunda cocción permite generar la corteza y liberar el aroma característico de los productos recién horneados.

También se han establecido condiciones concretas de horneado de productos de panificación específicos como el pan francés precocido.

Para conseguir una calidad semejante a la del pan francés mediante la tecnología del precocido es necesario un horneado parcial superior a seis minutos a 218 °C, que permite obtener una temperatura en la miga de 97 °C. Una reducción de la temperatura de horneado parcial obliga a un aumento del tiempo de horneado, esto repercute en una disminución de la dureza de la miga en el producto completamente horneado.



**Figura 8.** Proceso de panificación del pan precocido

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2011

## **6.7 Metodología**

En la Tabla 4, se presenta el Plan de Acción que se llevará a cabo durante la ejecución del Proyecto de Investigación, que contempla las siguientes etapas:

**Tabla 4.-** Modelo Operativo de la Propuesta (Plan de acción)

<b>Fases</b>	<b>Metas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>	<b>Recursos</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Tiempo</b>
<b>1. Formulación de la propuesta</b>	Desarrollar la tecnología de un pan de almidón de yuca precocido para el mejor tratamiento	Revisión bibliográfica y antecedentes sobre la tecnología de pan precocido	Investigador	Humanos Materiales Económicos	\$ 50	1 mes
<b>2.Desarrollo preliminar de la propuesta</b>	Determinar las condiciones de consumo actual de pan precocido para la posterior inserción del nuevo producto.	Evaluación del mercado actual	Investigador	Humanos Materiales Económicos	\$ 100	1 mes
<b>3.Implementación de la propuesta</b>	Ejecutar de la propuesta	Realización de la fase experimental	Investigador	Humanos Económicos Materiales	\$ 1000	2 meses
<b>4. Evaluación de la propuesta</b>	Comprobar la aceptabilidad del producto	Evaluación Sensorial	Investigador	Humanos Económicos Materiales	\$ 300	2 meses

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## 6.8 Administración

Para la administración del proyecto se deberá hacer énfasis en el cumplimiento de las actividades en cada una de las fases y estará coordinada por los responsables del proyecto Ing. Alexandra Lascano y Egda. Ximena Wong.

**Tabla 5.- Administración de la propuesta**

<b>Indicadores de mejora</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsables</b>
Mayor prolongación de tiempo de vida útil del pan de almidón de yuca del mejor tratamiento mediante un proceso de precocción	Escasa producción de productos de panadería precocinados	<p>Aceptabilidad del consumidor del pan precocido elaborado con almidón de yuca</p> <p>Incentivar la producción y consumo de pan con recursos ecuatorianos.</p> <p>Aportar con un producto de rápido consumo</p>	<p>Desarrollar la tecnología adecuada para la elaboración de un pan de almidón de yuca precocinado</p> <p>Análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales</p> <p>Evaluación de mercado</p> <p>Ubicación del mercado potencial</p>	<p>Egda. Ximena Wong</p> <p>Ing. Alexandra Lascano</p>

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## 6.9 Previsión de la Evaluación

**Tabla 6.-** Previsión de la evaluación

<b>Preguntas Básicas</b>	<b>Explicación</b>
¿Quiénes solicitan evaluar?	Productores panaderos Productores de alimentos precocidos
¿Por qué evaluar?	Existencia de escasa información sobre la aplicación de esta tecnología en panes elaborados a partir de almidón de yuca
¿Para qué evaluar?	Determinar la aceptabilidad del consumidor habitual de panadería a productos precocidos.
¿Qué evaluar?	La tecnología apropiada para el desarrollo de un producto de calidad
¿Quién evalúa?	Tutor Consumidor final
¿Cuándo evaluar?	Durante la elaboración y obtención del producto
¿Cómo evaluar?	Mediante análisis físicos y sensoriales
¿Con qué evaluar?	Experimentación Bibliografía y normas establecidas

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## MATERIALES DE REFERENCIA

Arquero, Josecharo. 2009. Exposición de Almidón. Disponible en: <http://www.slideshare.net/josedario13/polisacaridos-almidon-expocision>.

Consultado: 21/04/12.

Alvarado, Lourdes. 2009. Obtención de harina de yuca para el desarrollo de productos dulces destinados para la alimentación de celíacos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil- Ecuador. Disponible en: [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-39364.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-39364.pdf).

Consultado: 21/12/11.

Batidas, Samantha y De la Cruz, Shirley. 2010. Proyecto de graduación. Utilización de Harina de Camote (Ipomea Batatas) en la Elaboración de Pan. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil- Ecuador. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14430>.

Consultado 22/05/2012.

Calaveras, Jesús. 2004. Nuevo tratado de Panificación y Bollería. AMV Ediciones. 2da edición. Disponible en:

[http://books.google.com.ec/books?id=BGVXhGgghmAC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com.ec/books?id=BGVXhGgghmAC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true).

Consultado 22/12/2011.

Callejo, María. 2010. Principales atributos sensoriales del pan. La importancia de la cata. Universidad Politécnica de Madrid. Dto. Tecnología de Alimentos. Disponible en:

<http://www.molineriaypanaderia.com/tecnica/sensorial-pan>.

Consultado 26/12/2011

Carioca, Sol. 2008. Pan de queso. Mis recetas. Disponible en: <http://www.mis-recetas.org/recetas/show/1088-pan-de-queso>.

Consultado: 10/10/11.

Castro, Eduardo y Morgado, Roger. 2007. Parámetros mecánicos y textura de los alimentos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Chile. Consultado: 07/12/11.

Chávez, L. 2007. Efectos de la goma xantana en masas de trigo. Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa. México. Disponible en: [http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA\\_XIII/CXIII-58.pdf](http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_XIII/CXIII-58.pdf). Consultado: 20/12/11.

Chopin Tribune. 2010. Mixolab Profiler. Norma ICC N°173. CHOPIN the newsletter for flour Producers and users. Disponible en: [http://www.precision.com.sv/Chopin\\_Tribune\\_ES-OK\\_Oct10.pdf](http://www.precision.com.sv/Chopin_Tribune_ES-OK_Oct10.pdf). Consultado: 20/05/12.

CICO. Centro de información e inteligencia comercial. 2009. Perfil de Yuca. Corpei. Ecuador. Disponible en: <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/yuca.pdf>. Consultado: 10/10/11.

CLAYUCA. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca. 2009. Colombia. Disponible en: <http://www.clayuca.org/index.htm>. Consultado: 10/10/11.

Cortés, Manuel. 2011. Harinas, una pieza clave para el futuro panadero. Disponible en: <http://www.candea.eu/documentacion/tiposharinas.htm>. Consultado: 10/05/12.

Crantz, Manihot. 2002. Cultivo de la yuca. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador. Disponible en: [http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/415compendio\\_cultivo\\_yuca.pdf](http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/415compendio_cultivo_yuca.pdf). Consultado: 10/10/11.

Dubat, A. 2011. Sistema Mixolab. El club del pan. Chile. Disponible en: [http://www.elclubdelpan.com/es/libro\\_maestro/sistema-mixolab](http://www.elclubdelpan.com/es/libro_maestro/sistema-mixolab). Consultado: 10/04/12.

FAO.2006. El mercado de almidón añade valor a la yuca. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Departamento de agricultura y protección del consumidor. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0610sp1.htm>. Consultado: 10/10/11.

García, María; Zaritzky, Noemí y Califano, Alicia. 2011. Análisis del comportamiento reológico de masa libre de gluten. Disponible en: [http://azul.bnct.ipn.mx/Libros/vision\\_alimentos/Tomol/I-03.pdf](http://azul.bnct.ipn.mx/Libros/vision_alimentos/Tomol/I-03.pdf). Consultado: 26/12/2011

Hamer, R.J, Hosenev, R.C, 1998, interactions, the keys to cereal quality, ISBN 0-913250-99-6, AACCC, St Paul, USA. Consultado: 10/04/2012

Henao, Sergio. 2004. Estudio tecnológico de la utilización de harina de yuca en panificación. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.clayuca.org/PDF/panificacion.pdf>. Consultado: 20/11/11.

Herrera, Juan. 2009. Todo sobre la yuca. Alnicolsa. Perú. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:tK8T8OPKDWsJ:taninos.tripod.com/yuca.htm+La+yuca+contiene+un+alto+porcentaje+de+almid%C3%B3n&hl=es&gl=ec&strip=1>. Consultado: 20/11/11.

Infojardín. 2011. “Mandioca, Yuca, Tapioca, Casava”. Disponible en: <http://fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/mandioca-yuca-tapioca-casava-manihot.htm>. Consultado: 20/11/11.

Lascano, Alexandra. 2010. Estudio reologico de mezclas de harinas de cereales: cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), quinua (*Chenopodium quinoa*), trigo (*Triticum vulgare*) y tubérculo: papa (*Solanum tuberosum*), nacionales con trigo (*Triticum vulgare*) importado para orientar su uso en la elaboración de pan y pastas alimenticias Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos; Ambato-Ecuador. Consultado: 20/06/12.

Laylita'sRecipes. 2008. Pan de Yuca. Loja-Ecuador. Disponible en:<http://laylita.com/recipes/2008/01/14/pan-de-yuca-pan-queso/>. Consultado: 29/11/11.

Loza, Robin y Loza Edison. 2008. Determinación de los parámetros óptimos para la elaboración de pan precocido de yuca (*manihot esculenta crantz*). Panadería “Extrapán”. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/486/4/03%20AGI%20225%20RESUMEN.pdf>. Consultado: 20/11/11.

Martínez, Pamela. 2010. Elaboración de pan de caja libre de gluten para personas con intolerancia al gluten. Universidad Iberoamericana León. México. Disponible en: <http://dspace.leon.uia.mx:8080/jspui/handle/123456789/75>. Consultado: 20/11/11.

Mina, Jose; Valadez, Alex; Herrera, Pedro; Toledano, Tanit. 2009. Influencia del tiempo de almacenamiento en las propiedades estructurales de un almidón termoplástico de yuca. Universidad del Valle. México. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/1648/2/Vol.11,No.2,p.95-106,2009.pdf>. Consultado: 20/11/11.

Montoya, Susana. 2007. Industrialización de la yuca. Obtención de almidón nativo y sus aplicaciones. Universidad del Valle. México. Disponible en: <http://www.sabetodo.com/documentos/inadustrializacion-yuca-270308.pdf>. Consultado: 10/10/11.

Mule. 2011. El pan. Mulecarajonero. España. Disponible en: <http://www.mulecarajonero.com/recetas/89-conocimientos-basicos/3791-el-pan>. Consultado: 29/11/11.

Murcia, José. 2011. El pan. España. Disponible en: [http://www.mercasa.es/files/multimedios/1298392071\\_pag\\_063-079\\_Pan\\_1.pdf](http://www.mercasa.es/files/multimedios/1298392071_pag_063-079_Pan_1.pdf). Consultado 21/05/2012.

Navarrete, Lucia y Navas Gladys. 1980. Estudio de secado de yuca y aplicación de tecnología apropiada para la fabricación de “Pan de yuca” en la región nororiental ecuatoriana. Tesis previa a la obtención del título de ingeniero en alimentos. Ambato-Ecuador. Pp 74-75.

Navarro, Alicia. 2012. Análisis del sector de pan fresco. Cambios en la fabricación, el mercado y la demanda. Coruña- España. 2012. Disponible en: [http://www.mercasa.es/files/multimedios/1308212450\\_DYC\\_1996\\_26\\_59\\_70.pdf](http://www.mercasa.es/files/multimedios/1308212450_DYC_1996_26_59_70.pdf). Consultado 21/05/2012.

Olmos, Jose.2003. Pan de yuca. El Universo. Bocaditos de ricos y pobres, Manabi-Ecuador. Disponible en: <http://www.eluniverso.com/2003/05/04/0001/12/7489C6B88CEA4359893F045CF6172BE9.html>. Consultado: 07/12/11.

Ordoñez, Gloria y Oviedo, Rodrigo. 2010. Alternativas de Aprovechamiento de Harinas no Tradicionales para la Elaboración de Pan Artesanal. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil – Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14428/4/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Pan%20Artesanal.pdf>. Consultado: 07/05/12.

Osorio, Sergio y Aristizábal, Johanna. 2009. Influencia de la variedad de yuca y nivel de sustitución de harinas compuestas sobre el comportamiento reológico en panificación. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá-Colombia. pp. 39-46. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=64329106>.

Consultado: 20/11/11.

Perfetti, Juan. 2000. Manual del exportador de furas, hortalizas y tubérculos. Colombia. Disponible en:

<http://interletras.com/manualCCI/Tuberculos/Yuca/yuca03.htm>. Consultado: 10/10/11.

Plúa, Byron y Aragundi, Karla. 2011. Utilización de la harina de zanahoria amarilla (*Daucus Carota*) en la elaboración de pan. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil –Ecuador. Disponible en: [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17026/1/%28CICYT%29\\_Guia\\_articulo\\_Tesis.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17026/1/%28CICYT%29_Guia_articulo_Tesis.pdf). Consultado: 10/05/12.

Ponce, Tania y Oña, Ximena. 2009. Perfil de Yuca. Centro de información e inteligencia comercial CICO de CORPEI. Disponible en: <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/yuca.pdf>. Consultado: 10/10/11.

Preichardt, Leidi; Vendruscolo, Claire; Gularte, Márcia; Moreira, Angelita. 2009. Effect of the xanthan gum in the sensory characteristic of gluten free cakes. Universidad Federal de Pelotas. UFPel. Brasil. Disponible en: <http://www.pg.cefetpr.br/depog/periodicos/index.php/rbta/article/view/362>.

Consultado: 20/11/11.

Pulloquina, María. 2011. Estudio del efecto de Glucoxidasas y Alfa-Amilasas en la elaboración de pan con sustitución parcial de harina de papa (*Solanum tuberosum*) nacional. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos; Ambato-Ecuador. Consultado: 23/06/12.

Remache, Luis. 2009. Desarrollo de la tecnología para elaboración de pan con sustitución parcial de harina de arroz. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos; Ambato-Ecuador. Consultado: 23/06/12.

Ribotta, Pablo y Tadini, Carmen. 2009. Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Córdoba – Argentina. Pág. 61- 86. Disponible en: <http://handle.digital.csic.es/bitstream/10261/17843/1/libro%20panificacion-2009.pdf> Consultado 21/05/2012.

Rodriguez, Eduardo; Sandoval, Angelica; Fernandez, Alejandro. 2007. Evaluación de la retrogradación del almidón en harina de yuca precocida. Colombia. Disponible en: [http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=s0120-28042007000100002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=s0120-28042007000100002&script=sci_arttext). Consultado: 20/11/11.

Salazar, Edith y Álvarez, Lucas. 2001. Características objetivas y subjetivas en la evaluación de panes elaborados con harinas compuestas de trigo (*triticum vulgare*), yuca dulce (*manihot esculenta*) y subproductos amiláceos del maíz (*zea mays*). Universidad de Oriente. Venezuela. Disponible en: <http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/handle/123456789/732>. Consultado: 20/11/11.

Santacruz, Stalin. 2005. Caracterización de almidones de arracacha *xanthorrhiza*, *cannaedulis* y *oxalis tuberosa* y extraído de hojas de papa. Revista Boliviana de Química. Doctoral thesis. Lund University. Bolivia. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602005000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602005000100004&script=sci_arttext). Consultado: 20/11/11.

Schmitt, Alexander. 2008. Análisis sensorial: Una herramienta para el análisis de los alimentos, Directo del paladar. Disponible en: <http://www.directoalpaladar.com/otros/analisis-sensorial-una-herramienta-para-el-analisis-de-los-alimentos>. Consultado: 20/12/11.

Sluimer, P. 2005, Principle of Bread making, Functionality of raw material and process steps, ISBN 1-891127-45-4, AACC, St Paul, USA. Consultado: 10/04/12.

Tinoco, Xavier. 2008. Efecto de aditivos mejoradores sobre la calidad organoléptica y tiempo de vida útil en la elaboración del pan de almidón de yuca. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/11933>. Consultado: 20/11/11.

Tejero, Francisco. 2011. Los emulsionantes en la panificación. Asesoría Técnica en Panificación. España. Disponible en: <http://www.franciscotejero.com/tecnica/mejorantes/los%20mejorantes.htm>. Consultado: 02/12/11.

Toaquiza, Angélica. 2011. Evaluación del efecto de enzimas (gluco-oxidasas y hemicelulasas) y emulsificante (estearilactilato de sodio) en la calidad de pan elaborado con sustitución parcial de harina de trigo nacional (*Triticumvulgare*) variedad Cojitambo. Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos; Ambato-Ecuador. Consultado: 02/04/12.

Torres, Eliana; Pacheco, Emperatriz. 2007. Evaluación nutricional, física y sensorial de panes de trigo, yuca y queso llanero. Revista Chilena de Nutrición, Laboratorio de Bioquímica de Alimentos. Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. Venezuela. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182007000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182007000200005&script=sci_arttext). Consultado: 20/11/11.

Vega, Rodwen. 2011. Etapas de elaboración del pan. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Perú. Disponible en: <http://rodwenvega.galeon.com/panypas.htm>. Consultado: 07/12/11.

Verdegay, Alfredo. 2000. Innovación tecnológica en panadería: las razones de un retraso. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. Barcelona- España. Disponible en: [http://www.gremipabcn.com/docs/innovacion\\_tecnologica\\_panaderia.pdf](http://www.gremipabcn.com/docs/innovacion_tecnologica_panaderia.pdf). Consultado 21/05/2012.

Villagra, Anabel. 2010. Almidón retrogradado en el tratamiento dietoterápico de la Diabetes Mellitus tipo 2. Universidad ISALUD. Licenciatura en Nutrición. Disponible en: <http://www.isalud.org/html/pdf/TF-villagra.pdf>. Consultado 26/12/2011.

Wikipedia. 2011. Tipos de pan. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Tipos\\_de\\_pan](http://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Tipos_de_pan). Consultado: 27/11/11.

Wittig, Emma. 2001. Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos. Disponible en: [http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/wittinge01](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01). Consultado: 20/12/11.

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

## **DATOS OBTENIDOS**

## ANEXO A-1. ANÁLISIS DEL TEXTURÓMETRO BROOKFIELD

**TABLA A-1.1.** Resultados de los parámetros de Dureza Total (g) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control.

TRATAMIENTO	Día 0			Día 1 (24 )			Día 2 (48 h)			Día 3 (72h)		
	R 1	R 2	R 1	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>control</b>	413,00	408,00	478,33	788,67	1203,33	1000,67	1494,00	1415,00	1644,00	1624,67	1631,33	1769,00
<b>a0b0</b>	817,00	474,33	455,33	910,00	745,67	890,33	1466,33	1261,67	1358,75	1877,33	1801,00	1851,67
<b>a0b1</b>	719,67	289,00	387,67	922,00	530,67	886,33	1495,00	1214,00	1272,25	1572,00	1555,33	1687,00
<b>a0b2</b>	822,00	348,00	367,00	902,00	568,67	915,67	1328,33	1094,00	1334,00	1511,33	1413,50	1631,33
<b>a1b0</b>	639,67	402,00	308,67	886,33	579,33	733,00	1298,67	1212,67	1167,00	1493,00	1547,33	1354,67
<b>a1b1</b>	745,00	703,67	382,33	829,00	635,33	726,00	1176,67	1172,00	944,75	1310,00	1204,33	1340,00
<b>a1b2</b>	807,33	546,67	499,00	794,00	670,67	548,00	1157,67	1053,67	1164,75	1265,67	1332,00	1399,67
<b>a2b0</b>	563,00	522,00	434,67	733,67	788,67	816,00	1107,33	1214,00	855,25	1382,33	1309,67	1226,33
<b>a2b1</b>	538,00	728,00	450,67	585,33	845,00	764,00	1214,33	1173,67	1033,50	1228,33	1247,33	1252,67
<b>a2b2</b>	534,50	443,67	451,33	563,00	829,67	787,00	1054,00	986,67	1228,00	1274,75	1253,33	1263,50

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-1.2.** Resultados de los parámetros de Trabajo Dureza Terminado (mJ) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control.

TRATAMIENTO	Día 0			Día 1 (24 )			Día 2 (48 h)			Día 3 (72h)		
	R 1	R 2	R 1	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>control</b>	25,35	22,27	29,83	38,40	55,57	43,40	70,03	68,80	65,33	73,67	72,27	64,87
<b>a0b0</b>	56,17	37,30	25,17	39,87	34,90	42,80	76,37	61,57	63,03	89,33	89,57	92,57
<b>a0b1</b>	52,03	14,43	25,73	42,63	26,30	47,03	68,27	54,70	54,23	77,70	73,93	78,33
<b>a0b2</b>	49,20	20,07	22,20	44,57	26,57	47,03	51,40	45,67	62,70	76,90	67,07	77,43
<b>a1b0</b>	41,53	23,10	24,40	40,88	29,53	36,00	57,40	55,73	48,90	67,73	74,00	70,30
<b>a1b1</b>	47,50	31,97	24,00	37,03	35,83	36,23	65,37	60,97	49,57	66,87	65,63	62,83
<b>a1b2</b>	53,60	25,77	29,33	42,38	35,07	33,07	49,37	55,00	60,00	74,77	64,83	72,60
<b>a2b0</b>	40,20	26,68	34,40	36,03	39,93	40,30	63,80	57,97	52,70	67,37	62,90	58,33
<b>a2b1</b>	38,00	37,43	27,13	29,05	41,73	38,80	49,50	47,37	47,63	55,60	62,10	58,93
<b>a2b2</b>	35,75	27,33	25,97	30,85	39,50	39,03	57,73	53,30	55,37	63,77	59,83	58,30

Elaborado por: Ximena Wong, 2012

**TABLA A-1.3.** Resultados de los parámetros de Deformación Recuperable (mm) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control.

TRATAMIENTO	Día 0			Día 1 (24 )			Día 2 (48 h)			Día 3 (72h)		
	R 1	R 2	R 1	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<b>control</b>	2,34	2,14	2,08	3,75	3,35	4,33	3,31	2,76	4,13	2,65	2,35	3,51
<b>a0b0</b>	1,25	2,35	2,07	2,73	3,20	3,32	2,66	2,65	2,58	3,08	2,58	2,31
<b>a0b1</b>	1,87	2,62	2,68	3,13	2,21	3,34	2,70	1,84	2,24	2,21	2,37	2,58
<b>a0b2</b>	2,54	2,20	2,61	2,48	1,81	3,14	2,85	1,26	2,46	1,94	2,10	2,31
<b>a1b0</b>	2,20	2,22	1,68	3,44	2,87	4,05	3,31	2,05	3,53	2,71	2,60	3,25
<b>a1b1</b>	1,73	2,40	2,47	3,27	2,94	3,74	3,24	1,91	2,80	3,39	2,18	2,47
<b>a1b2</b>	1,94	1,86	1,92	3,55	2,40	3,75	2,32	2,07	2,97	2,37	1,58	2,71
<b>a2b0</b>	1,67	2,13	1,88	3,68	4,22	4,83	3,51	3,33	3,99	3,25	2,32	3,33
<b>a2b1</b>	1,82	1,74	1,73	3,21	3,41	4,03	2,73	2,30	3,07	1,99	1,90	2,03
<b>a2b2</b>	2,04	1,61	2,01	2,65	3,27	4,01	2,14	1,87	4,13	1,92	2,02	2,32

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**ANEXO A-1.4.** Informe de datos del Texturometro Brookfield para el mejor tratamiento (Réplica 1)

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield Engineering Labs, Inc.

**INFORME DATOS**

<b>Descripción Muestra</b>	
<b>Nombre Producto:</b> Pan de yuca	<b>Notas:</b>
<b>N° lote:</b> 1	
<b>N° muestra:</b> 1	
<b>Dimensiones:</b>	
<b>Forma:</b> Cilindro	
<b>Longitud:</b> 35,00 mm	
<b>Anchura:</b> 0,00 mm	
<b>Altura:</b> 50,00 mm	
<b>Método Test</b>	
<b>Fecha:</b> 08/06/2012	<b>Hora:</b> 16:10:45
<b>Tipo de Test:</b> Compresión	<b>Tpo. Recuperación:</b> 8 s
<b>Objetivo:</b> 10,0 mm	<b>Mismo activador:</b> Falso
<b>Esperar t.:</b> 10 s	<b>Velocidad Pretest:</b> 2 mm/s
<b>Carga Activación:</b> 5 g	<b>Fr. Muestreo:</b> 10 puntos/seg
<b>Vel. Test:</b> 2 mm/s	<b>Sonda:</b> TA5
<b>Velocidad Vuelta:</b> 2 mm/s	<b>Elemento:</b> TA-BT-KI
<b>Contador ciclos:</b> 2	<b>Celda Carga:</b> 10000g
<b>Resultados</b>	
<b>Ciclo 1 Dureza:</b> 1228,33 g	
<b>Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:</b> 55,60 mJ	
<b>Ciclo 1 Deformación Recuperable:</b> 1,99 mm	

**ANEXO A-1.5.** Informe de datos del Textuometro Brookfield para el pan de yuca de la marca "Facundo"

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield Engineering Labs, Inc.

**INFORME DATOS**

<b>Descripción Muestra</b>	
<b>Nombre Producto:</b> Pan de yuca Facundo	<b>Notas:</b>
<b>N° lote:</b> 1	
<b>N° muestra:</b> 1	
<b>Dimensiones:</b>	
<b>Forma:</b> Cilindro	
<b>Longitud:</b> 35,00 mm	
<b>Anchura:</b> 0,00 mm	
<b>Altura:</b> 50,00 mm	
<b>Método Test</b>	
<b>Fecha:</b> 08/06/2012	<b>Hora:</b> 16:10:45
<b>Tipo de Test:</b> Compresión	<b>Tpo. Recuperación:</b> 8 s
<b>Objetivo:</b> 10,0 mm	<b>Mismo activador:</b> Falso
<b>Esperar t.:</b> 10 s	<b>Velocidad Pretest:</b> 2 mm/s
<b>Carga Activación:</b> 5 g	<b>Fr. Muestreo:</b> 10 puntos/seg
<b>Vel. Test:</b> 2 mm/s	<b>Sonda:</b> TA5
<b>Velocidad Vuelta:</b> 2 mm/s	<b>Elemento:</b> TA-BT-KI
<b>Contador ciclos:</b> 2	<b>Celda Carga:</b> 10000g
<b>Resultados</b>	
<b>Ciclo 1 Dureza:</b>	2062 g
<b>Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:</b>	92,3 mJ
<b>Ciclo 1 Deformación Recuperable:</b>	3,70 mm

**ANEXO A-1.6.** Informe de datos del Texturometro Brookfield para el pan de yuca de la marca "Real"

TexturePro CT V1.2 Build 9

Brookfield Engineering Labs, Inc.

**INFORME DATOS**

<b><u>Descripción Muestra</u></b>	
<b>Nombre Producto:</b> Pan de yuca Real	<b>Notas</b>
<b>N° lote:</b> 2	
<b>N° muestra:</b> 1	
<b>Dimensiones:</b>	
<b>Forma:</b> Cilindro	
<b>Longitud:</b> 35,00 mm	
<b>Anchura:</b> 0,00 mm	
<b>Altura:</b> 50,00 mm	
<b><u>Método Test</u></b>	
<b>Fecha:</b> 08/06/2012	<b>Hora:</b> 16:19:18
<b>Tipo de Test:</b> Compresión	<b>Tpo. Recuperación:</b> 8 s
<b>Objetivo:</b> 10,0 mm	<b>Mismo activador:</b> Falso
<b>Esperar t.:</b> 10 s	<b>Velocidad Pretest:</b> 2 mm/s
<b>Carga Activación:</b> 5 g	<b>Fr. Muestreo:</b> 10 puntos/seg
<b>Vel. Test:</b> 2 mm/s	<b>Sonda:</b> TA5
<b>Velocidad Vuelta:</b> 2 mm/s	<b>Elemento:</b> TA-BT-KI
<b>Contador ciclos:</b> 2	<b>Celda Carga:</b> 10000g
<b><u>Resultados</u></b>	
<b>Ciclo 1 Dureza:</b>	1722 g
<b>Ciclo 1 Trabajo Dureza terminado:</b>	73,1 mJ
<b>Ciclo 1 Deformación Recuperable:</b>	3,10 mm

## ANEXO A-2. ANÁLISIS EFECTUADOS POR EL MIXOLAB CHOPIN

**TABLA A-2.1.** Resultados de los análisis de reología de los almidones para el mejor tratamiento

<b>INDICE CHOPIN</b>	<b>Valores Réplica 1</b>	<b>Valores Réplica 2</b>
Absorción	9	9
Amasado	0	0
Gluten	6	6
Viscosidad	4	4
Amilasas	8	9
Retrogradación	6	6

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

### ANEXO A-3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

**TABLA A-3.1.** Resultados de los análisis de mohos y levaduras realizados para el mejor tratamiento y el control

<b>Día</b>	<b>Tratamiento a2b1</b>	<b>Control</b>
0 (Lunes)	---	---
1 (Martes)	0	0
2 (Miércoles)	3	4
3 (Jueves)	12	13
4 (Viernes)	28	31
5 (Sábado)	51	55

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## ANEXO A-4. ANÁLISIS DE PÉRDIDA DE PESO

**TABLA A-4.1.** Resultados del análisis de pérdida de peso para el tratamiento a2b1 a través del tiempo.

Día	Pan Tratamiento a2b1					Promedio
	1	2	3	4	5	
0	20	20	20	20	20	20
1	18,9258	19,6275	16,1782	17,5996	18,7971	18,22564
2	18,9109	19,6121	16,1656	17,5863	18,7766	18,2103
3	18,8783	19,5848	16,1466	17,5646	18,748	18,18446
4	18,839	19,5412	16,1131	17,5288	18,7113	18,14668
5	18,7272	19,4385	16,021	17,4336	18,611	18,04626
7	18,6774	19,3896	15,9638	17,3955	18,5621	17,99768

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-4.1.** Resultados del análisis de pérdida de peso para el pan control a través del tiempo.

Día	Pan Control					Promedio
	1	2	3	4	5	
0	20	20	20	20	20	20
1	15,8443	15,8199	15,0165	15,3229	16,3802	15,67676
2	15,827	15,805	14,9994	15,3052	16,364	15,66012
3	15,8039	15,7805	14,9724	15,2783	16,335	15,63402
4	15,7671	15,7477	14,9415	15,2431	16,298	15,59948
5	15,6672	15,6645	14,8495	15,1371	16,1988	15,50342
7	15,6207	15,6072	14,8021	15,0982	16,1488	15,4554

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## ANEXO A-5. ANÁLISIS DE PÉRDIDA DE HUMEDAD

**TABLA A-5.1.** Resultados del análisis de pérdida de humedad para el tratamiento a2b1 a través del tiempo.

Día	Tratamiento a2b1		Promedio
	r1	r2	
0	34.239	34.246	34.243
1	33,886	33,736	33,811
2	33,401	33,385	33,393
3	33,545	33,146	33,3455
4	32,222	32,668	32,445
5	31,744	32,42	32,082
7	31,61	31,685	31,6475

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-5.2.** Resultados del análisis de pérdida de humedad para el pan control a través del tiempo.

Día	Control		Promedio
	r1	r2	
0	34.240	34.246	34.243
1	33,319	32,85	33,0845
2	33,033	32,704	32,8685
3	31,924	32,361	32,1425
4	31,862	31,718	31,79
5	31,796	31,296	31,546
7	30,335	31,181	30,758

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## ANEXO A-6. ANÁLISIS SENSORIAL DE TODOS LOS TRATAMIENTOS (BLOQUES INCOMPLETOS)

**TABLA A-6.1.** Resultados del análisis sensorial para la característica de olor de todos los tratamientos

Catadores	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Control 10
	563	452	371	415	261	724	810	614	458	396
1	4	4	3	4						
2	2	5			3	3				
3	4		5				3	5		
4	5			4					2	4
5	2				3		2		4	
6	3					4		4		5
7		4	3			5			3	
8		4		4			4			3
9		3			5			4		4
10		3					3	5	3	
11			5		3				5	3
12			4			3	4			3
13			4	3	5			4		
14				4	4	3	4			
15				3		3		5	3	

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-6.2.** Resultados del análisis sensorial para la característica de color de todos los tratamientos.

Catadores	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Control 10
	563	452	371	415	261	724	810	614	458	396
1	2	2	2	2						
2	2	2			3	1				
3	2		2				1	3		
4	3			3					2	2
5	2				3		1		2	
6	3					2		3		3
7		3	2			1			3	
8		3		2			2			2
9		2			2			3		2
10		3					1	3	2	
11			2		2				2	2
12			1			2	3			1
13			2	2	2			3		
14				2	1	1	1			
15				2		2		2	2	

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-6.3.** Resultados del análisis sensorial para la característica de sabor de todos los tratamientos.

Catadores	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Control 10
	563	452	371	415	261	724	810	614	458	396
1	2	2	2	2						
2	2	2			1	1				
3	2		2				1	2		
4	3			3					2	2
5	2				1		3		2	
6	3					2		1		3
7		3	2			1			3	
8		3		2			2			2
9		2			1			2		2
10		3					1	3	2	
11			2		2				2	2
12			1			2	3			4
13			2	2	2			2		
14				2	1	1	1			
15				2		2		3	2	

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-6.4.** Resultados del análisis sensorial para la característica de textura de todos los tratamientos.

Catadores	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Control 10
	563	452	371	415	261	724	810	614	458	396
1	4	5	4	2						
2	3	4			3	2				
3	4		3				2	5		
4	2			2					2	2
5	1				3		2		4	
6	2					2		4		4
7		2	4			2			2	
8		4		4			3			3
9		2			3			5		3
10		5					4	4	3	
11			2		3				4	3
12			3			4	3			2
13			1	1	1			5		
14				2	2	1	3			
15				3		2		4	4	

Elaborado por: Ximena Wong, 2012

**TABLA A-6.5.** Resultados del análisis sensorial para la característica de apariencia de todos los tratamientos.

Catadores	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Control 10
	563	452	371	415	261	724	810	614	458	396
1	4	4	2	2						
2	4	3			3	3				
3	4		3				3	5		
4	3			3					3	3
5	3				4		5		5	
6	2					3		4		4
7		4	3			3			4	
8		5		3			3			4
9		3			4			5		4
10		4					4	4	4	
11			4		4				3	4
12			4			5	4			3
13			3	3	4			5		
14				4	2	3	3			
15				4		4		4	4	

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-6.6.** Resultados del análisis sensorial para la característica de aceptabilidad de todos los tratamientos.

Catadores	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Control 10
	563	452	371	415	261	724	810	614	458	396
1	4	4	5	4						
2	2	3			3	3				
3	5		4				3	5		
4	4			5					2	2
5	5				4		5		4	
6	3					3		4		5
7		4	3			2			4	
8		5		3			3			4
9		3			3			5		4
10		4					4	4	2	
11			3		3				3	3
12			4			4	3			3
13			3	3	3			5		
14				4	5	3	3			
15				3		3		2	4	

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## ANEXO A-7. FICHA DE CATACION

Nombre: \_\_\_\_\_

	CARACTERISTICA DEL PAN	MUESTRA		
		563	458	646
<b>COLOR</b>	Muy pálido			
	Pálido			
	Dorado			
	Oscuro			
	Muy oscuro			
		<b>CARACTERISTICA</b>	<b>563</b>	<b>458</b>
<b>OLOR</b>	No perceptible			
	Ligeramente perceptible			
	Poco perceptible			
	Perceptible			
	Muy perceptible			
		<b>CARACTERISTICA</b>	<b>563</b>	<b>458</b>
<b>APARIENCIA</b>	Muy mala			
	Mala			
	Regular			
	Buena			
	Muy buena			
		<b>CARACTERISTICA</b>	<b>563</b>	<b>458</b>
<b>SABOR</b>	Nada agradable			
	Poco agradable			
	Regular			
	Agradable			
	Muy agradable			
		<b>CARACTERISTICA</b>	<b>563</b>	<b>458</b>
<b>TEXTURA</b>	Dura			
	Ligeramente dura			
	Ni dura ni suave			
	Ligeramente suave			
	Suave			
		<b>CARACTERISTICA</b>	<b>563</b>	<b>458</b>
<b>ACEPTABILIDAD</b>	Disgusta mucho			
	Disgusta poco			
	Ni gusta ni disgusta			
	Gusta poco			
	Gusta mucho			
		<b>CARACTERISTICA</b>	<b>563</b>	<b>458</b>

*Por favor marque con una X la alternativa que usted crea conveniente*

**Comentarios** \_\_\_\_\_

## ANEXO A-8. ANÁLISIS SENSORIAL DEL MEJOR TRATAMIENTO COMPARADO CON MARCAS COMERCIALES

**TABLA A-8.1.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica color.

Catadores	Facundo (563)	Real (458)	a2b1 (646)	Promedio
1	1	2	3	2,0
2	2	1	3	2,0
3	2	2	3	2,3
4	2	2	2	2,0
5	2	2	3	2,3
6	2	2	1	1,7
7	3	3	3	3,0
8	3	3	4	3,3
9	3	2	3	2,7
10	3	1	3	2,3
11	3	3	3	3,0
12	3	2	4	3,0
13	2	2	2	2,0
14	1	4	3	2,7
15	2	1	3	2,0
16	2	2	1	1,7
17	2	3	3	2,7
18	2	3	2	2,3
19	1	2	3	2,0
20	4	2	3	3,0
21	2	2	3	2,3
22	2	2	3	2,3
23	2	4	3	3,0
24	2	2	3	2,3
25	1	2	3	2,0
26	2	2	3	2,3
27	2	3	3	2,7
28	2	3	3	2,7
29	2	4	3	3,0
30	2	3	3	2,7

31	2	4	3	3,0
32	1	3	3	2,3
33	2	3	3	2,7
34	2	3	4	3,0
35	2	3	3	2,7
36	2	3	2	2,3
37	4	1	2	2,3
38	1	3	2	2,0
39	3	3	2	2,7
40	3	2	3	2,7
41	2	3	3	2,7
42	2	3	3	2,7
43	1	2	3	2,0
44	3	3	3	3,0
45	3	3	3	3,0
46	3	1	3	2,3
47	3	3	4	3,3
48	3	3	2	2,7
49	2	2	3	2,3
50	1	3	3	2,3

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-8.2.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de olor.

<b>Catadores</b>	<b>Facundo (563)</b>	<b>Real (458)</b>	<b>a2b1 (646)</b>	<b>Promedio</b>
1	4	5	4	4,33
2	5	4	2	3,67
3	5	4	4	4,33
4	5	2	4	3,67
5	4	4	4	4,00
6	5	3	4	4,00
7	4	5	3	4,00
8	5	3	4	4,00
9	5	4	4	4,33
10	5	2	3	3,33
11	5	2	4	3,67
12	5	2	2	3,00
13	3	4	2	3,00
14	5	4	3	4,00
15	5	3	2	3,33
16	4	3	4	3,67
17	5	4	3	4,00
18	5	3	4	4,00
19	4	4	2	3,33
20	5	4	4	4,33
21	4	4	4	4,00
22	4	3	4	3,67
23	5	3	3	3,67
24	5	3	5	4,33
25	5	4	4	4,33
26	4	4	4	4,00
27	4	3	2	3,00
28	4	5	4	4,33
29	5	2	4	3,67
30	3	4	4	3,67
31	5	4	4	4,33
32	5	3	4	4,00
33	5	5	4	4,67
34	4	5	5	4,67
35	5	3	4	4,00
36	5	5	4	4,67

37	5	4	5	4,67
38	4	2	4	3,33
39	3	4	4	3,67
40	3	4	3	3,33
41	5	4	4	4,33
42	5	3	4	4,00
43	4	3	2	3,00
44	5	2	3	3,33
45	5	3	4	4,00
46	5	4	3	4,00
47	4	4	4	4,00
48	5	3	4	4,00
49	5	3	3	3,67
50	3	3	2	2,67

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-8.3.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de apariencia.

Catadores	Facundo (563)	Real (458)	a2b1 (646)	Promedio
1	3	4	5	4,00
2	3	4	4	3,67
3	4	5	4	4,33
4	3	3	4	3,33
5	3	4	3	3,33
6	3	3	2	2,67
7	3	4	4	3,67
8	4	5	4	4,33
9	4	4	4	4,00
10	3	1	3	2,33
11	4	5	4	4,33
12	3	5	4	4,00
13	3	2	4	3,00
14	2	4	3	3,00
15	4	3	5	4,00
16	4	4	3	3,67
17	3	4	4	3,67
18	4	5	4	4,33
19	3	3	4	3,33
20	4	4	4	4,00
21	4	3	3	3,33
22	4	4	3	3,67
23	2	5	3	3,33
24	2	5	3	3,33
25	4	4	4	4,00
26	4	4	5	4,33
27	3	4	4	3,67
28	3	4	4	3,67
29	4	4	3	3,67
30	4	3	5	4,00
31	4	4	4	4,00
32	3	4	3	3,33
33	3	5	4	4,00
34	2	4	3	3,00
35	3	4	5	4,00

36	3	3	3	3,00
37	3	5	4	4,00
38	4	3	5	4,00
39	4	4	3	3,67
40	4	4	4	4,00
41	3	5	4	4,00
42	3	3	4	3,33
43	3	4	3	3,33
44	3	5	4	4,00
45	4	4	4	4,00
46	3	4	4	3,67
47	3	4	4	3,67
48	3	4	3	3,33
49	3	4	4	3,67
50	4	4	5	4,33

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-8.4.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de sabor.

<b>Catadores</b>	<b>Facundo (563)</b>	<b>Real (458)</b>	<b>a2b1 (646)</b>	<b>Promedio</b>
1	2	3	3	2,67
2	2	4	5	3,67
3	4	4	5	4,33
4	4	4	5	4,33
5	3	3	4	3,33
6	4	3	5	4,00
7	5	3	3	3,67
8	4	4	5	4,33
9	4	4	5	4,33
10	4	4	5	4,33
11	4	2	5	3,67
12	3	4	5	4,00
13	3	3	2	2,67
14	4	4	5	4,33
15	3	5	5	4,33
16	4	3	4	3,67
17	4	3	5	4,00
18	2	2	4	2,67
19	4	3	3	3,33
20	4	2	3	3,00
21	3	2	4	3,00
22	4	3	4	3,67
23	3	3	4	3,33
24	4	3	5	4,00
25	4	2	5	3,67
26	4	3	4	3,67
27	3	5	4	4,00
28	4	4	4	4,00
29	4	4	5	4,33
30	2	3	3	2,67
31	4	4	4	4,00
32	4	3	4	3,67
33	4	5	4	4,33
34	5	5	4	4,67
35	4	3	5	4,00
36	2	3	4	3,00

37	2	4	5	3,67
38	3	5	4	4,00
39	3	3	4	3,33
40	4	5	3	4,00
41	4	4	4	4,00
42	3	3	4	3,33
43	2	3	5	3,33
44	3	4	5	4,00
45	4	4	5	4,33
46	4	5	4	4,33
47	4	3	5	4,00
48	1	5	4	3,33
49	4	4	4	4,00
50	5	3	4	4,00

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-8.5.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de textura.

<b>Catadores</b>	<b>Facundo (563)</b>	<b>Real (458)</b>	<b>a2b1 (646)</b>	<b>Promedio</b>
1	2	1	5	2,67
2	2	1	4	2,33
3	3	3	5	3,67
4	4	5	5	4,67
5	2	2	5	3,00
6	2	1	5	2,67
7	4	3	5	4,00
8	3	3	5	3,67
9	3	3	5	3,67
10	2	2	4	2,67
11	2	4	5	3,67
12	2	3	5	3,33
13	2	2	4	2,67
14	1	2	4	2,33
15	3	4	5	4,00
16	2	2	5	3,00
17	3	3	5	3,67
18	2	3	5	3,33
19	4	1	2	2,33
20	4	2	3	3,00
21	4	4	4	4,00
22	3	2	4	3,00
23	2	2	3	2,33
24	2	1	5	2,67
25	4	2	5	3,67
26	4	3	5	4,00
27	2	3	5	3,33
28	2	3	5	3,33
29	5	1	5	3,67
30	2	4	5	3,67
31	3	2	5	3,33
32	4	3	5	4,00
33	3	3	5	3,67
34	2	1	4	2,33
35	2	1	4	2,33
36	3	1	5	3,00

37	2	3	5	3,33
38	4	2	5	3,67
39	2	2	5	3,00
40	3	4	4	3,67
41	2	2	4	2,67
42	2	1	5	2,67
43	2	2	4	2,67
44	1	2	5	2,67
45	3	2	4	3,00
46	4	1	4	3,00
47	3	1	5	3,00
48	2	2	5	3,00
49	2	3	5	3,33
50	3	2	5	3,33

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-8.6.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de aceptabilidad.

<b>Catadores</b>	<b>Facundo (563)</b>	<b>Real (458)</b>	<b>a2b1 (646)</b>	<b>Promedio</b>
1	3	3	4	3,33
2	2	3	5	3,33
3	4	4	5	4,33
4	5	5	5	5,00
5	3	2	4	3,00
6	3	3	5	3,67
7	5	3	4	4,00
8	5	5	5	5,00
9	4	3	5	4,00
10	3	4	5	4,00
11	3	3	5	3,67
12	3	3	5	3,67
13	3	4	3	3,33
14	3	4	5	4,00
15	4	5	5	4,67
16	3	2	4	3,00
17	4	3	5	4,00
18	4	4	5	4,33
19	3	3	4	3,33
20	3	3	5	3,67
21	5	4	4	4,33
22	4	3	4	3,67
23	3	3	5	3,67
24	4	3	5	4,00
25	4	4	5	4,33
26	5	4	4	4,33
27	3	5	4	4,00
28	3	4	4	3,67
29	4	3	5	4,00
30	4	3	3	3,33
31	4	5	5	4,67
32	4	3	5	4,00
33	4	4	5	4,33
34	3	2	4	3,00
35	4	4	5	4,33
36	3	4	5	4,00

37	4	5	5	4,67
38	3	4	4	3,67
39	4	3	3	3,33
40	5	4	3	4,00
41	4	4	5	4,33
42	4	4	5	4,33
43	3	3	4	3,33
44	2	5	5	4,00
45	3	3	5	3,67
46	3	3	5	3,67
47	4	5	4	4,33
48	3	2	5	3,33
49	4	4	5	4,33
50	5	3	3	3,67

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

## ANEXO A-9. ANÁLISIS DE COSTOS

**TABLA A-9.1.** Materiales directos e indirectos que intervienen en la elaboración

INGREDIENTES	UNIDADES	CANTIDAD (KG)	VALOR UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Almidón de yuca	Kilogramo	50	2	100
Queso fresco	Kilogramo	80	5	400
Huevos	Unidades	200	0,08	16
Leche	Litros	6	0,75	4,5
Mantequilla	Kilogramo	3	5	15
Polvo de Hornear	Kilogramo	0,7	1,5	1,05
Monoglicérido destilado	Kilogramo	0,25	20	5
Goma Xanthan	Kilogramo	0,5	20	10
			<b>TOTAL</b>	<b>551,55</b>

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-9.2.** Equipos y utensilios que intervienen en la elaboración

<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO (\$)</b>	<b>VIDA UTIL (AÑOS)</b>	<b>COSTO ANUAL</b>	<b>COSTO DIA</b>	<b>COSTO HORA</b>	<b>HORAS DE USO</b>	<b>COSTO USO (\$)</b>
Balanza Analítica	250	5	50	0,21	0,03	0,15	0,004
Báscula (100Kg)	150	10	15	0,06	0,01	0,3	0,002
Amasadora (25Kg)	3000	10	300	1,25	0,16	1	0,156
Horno (10 latas)	7000	10	700	2,92	0,36	2	0,729
2 Mesas Metálicas	1200	10	120	0,50	0,06	1,5	0,094
Utensilios Varios	500	5	100	0,42	0,05	1,5	0,078
<b>TOTAL</b>							<b>1,064</b>

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-9.3.** Suministros que se requieren para la elaboración

SERVICIO	UNIDAD	CONSUMO	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Agua	m <sup>3</sup>	1	0,2	0,2
Energía	Kw-h	18	0,16	2,88
Gas	Kg	10	0,15	1,5
			<b>TOTAL</b>	<b>4,58</b>

Elaborado por: Ximena Wong, 2012

**TABLA A-9.4.** Personal requerido para la elaboración

HOMBRES	SUELDO	DIAS LABORALES	HORAS LABORALES	COSTO DIA (\$)	COSTO HORA(\$)	HORAS UTILIZADAS	TOTAL (\$)
3	584	20	8	43,8	5,475	8	131,4
						<b>TOTAL</b>	<b>131,4</b>

Elaborado por: Ximena Wong, 2012

**TABLA A-9.5.** Costos de producción diario

<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>MONTO</b>
Materiales Directos e Indirectos	551,55
Equipos	1,064
Suministros	4,58
Personal	131,4
<b>TOTAL</b>	<b>688,593542</b>

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**TABLA A-9.6.** Resumen del análisis económico

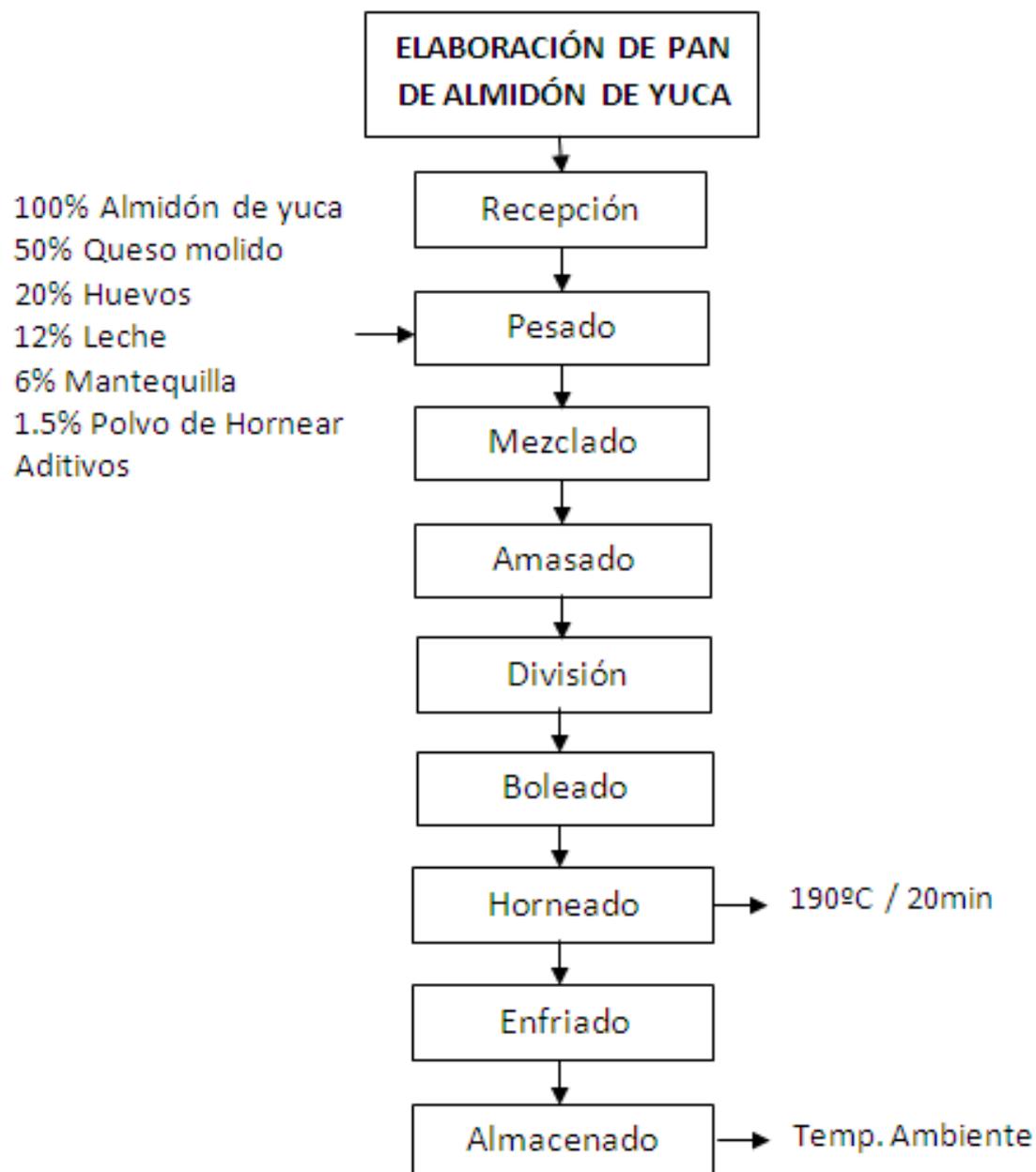
Costo total de producción	688,59
Costo unitario del pan	0,10
Precio de venta unitario	0,15
Precio de venta total	975
Utilidad por pan	0,05
Utilidad total diaria	325

**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

# **ANEXO B**

## **GRÁFICOS**

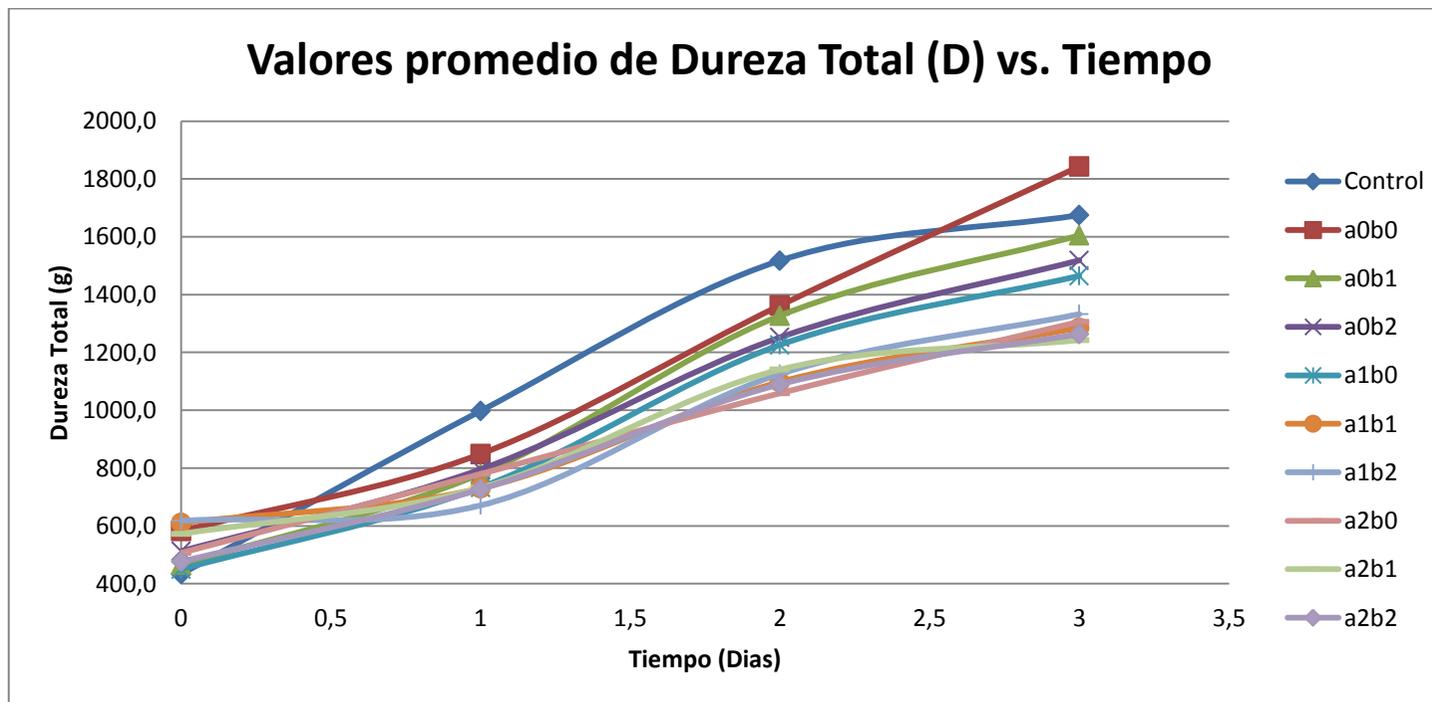
## ANEXO B-1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE PAN DE YUCA



Elaborado por: Ximena Wong, 2012

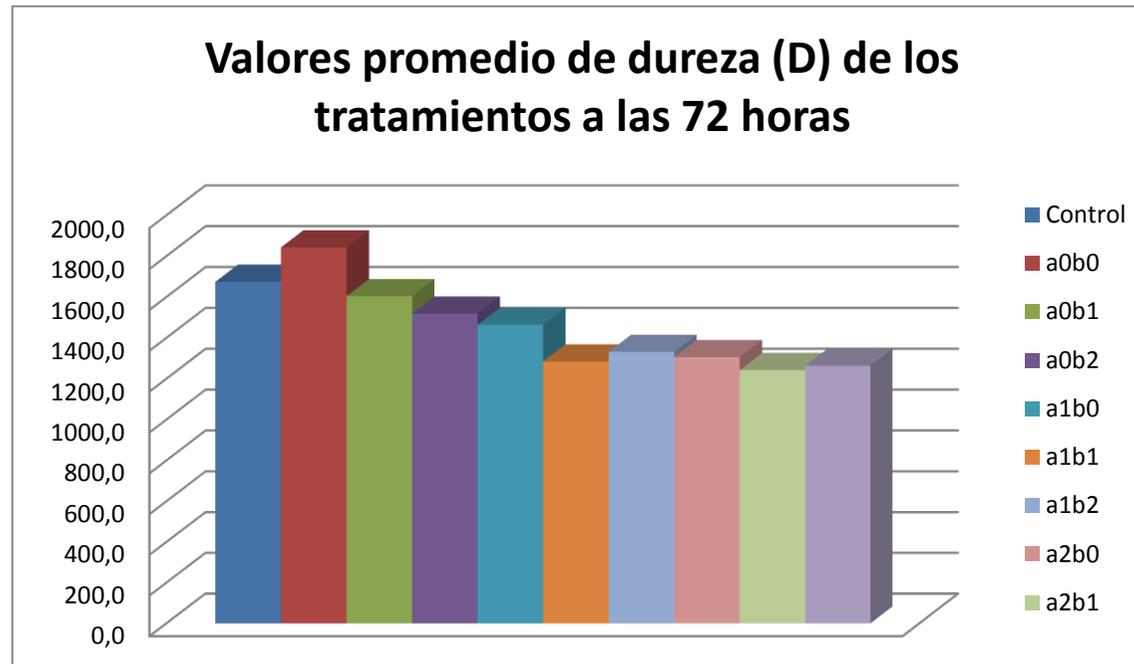
## ANEXO B-2. GRÁFICOS DEL TEXTURÓMETRO BROOKFIELD

**GRÁFICO B-2.1.** Gráfico para el parámetro de Dureza Total (g) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control a través del tiempo



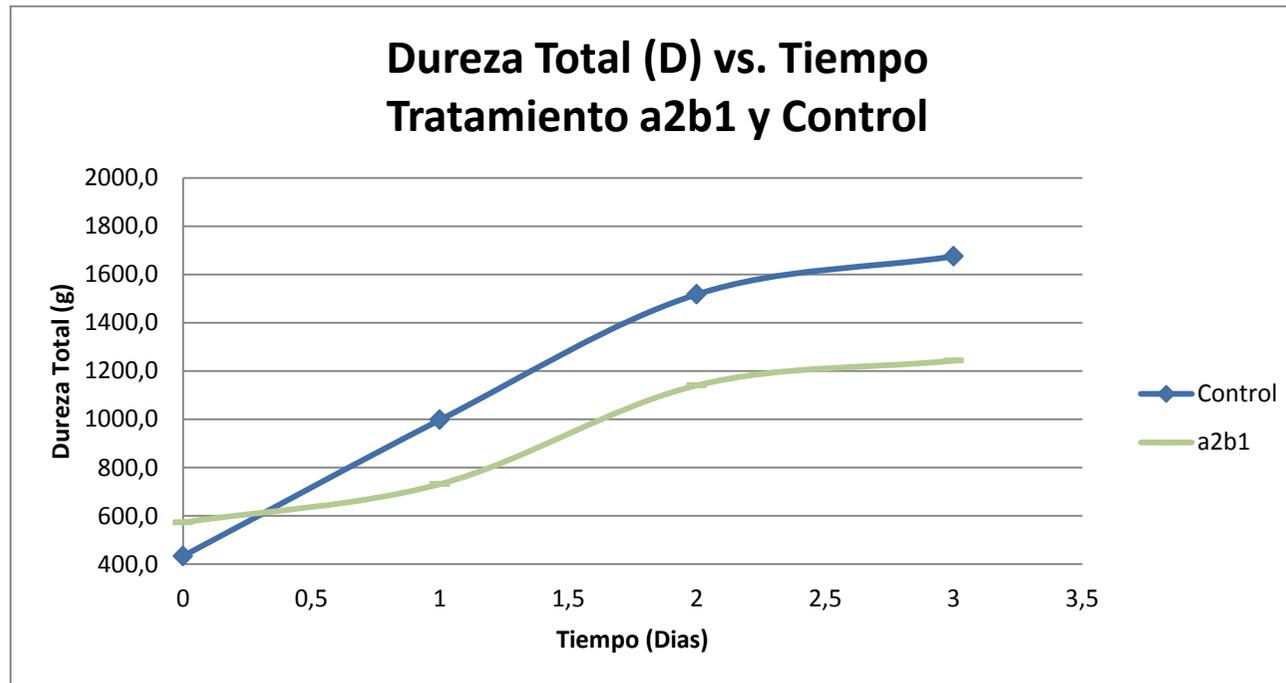
Elaborado por: Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-2.2.** Gráfico para el parámetro de Dureza Total (g) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control a las 72 horas



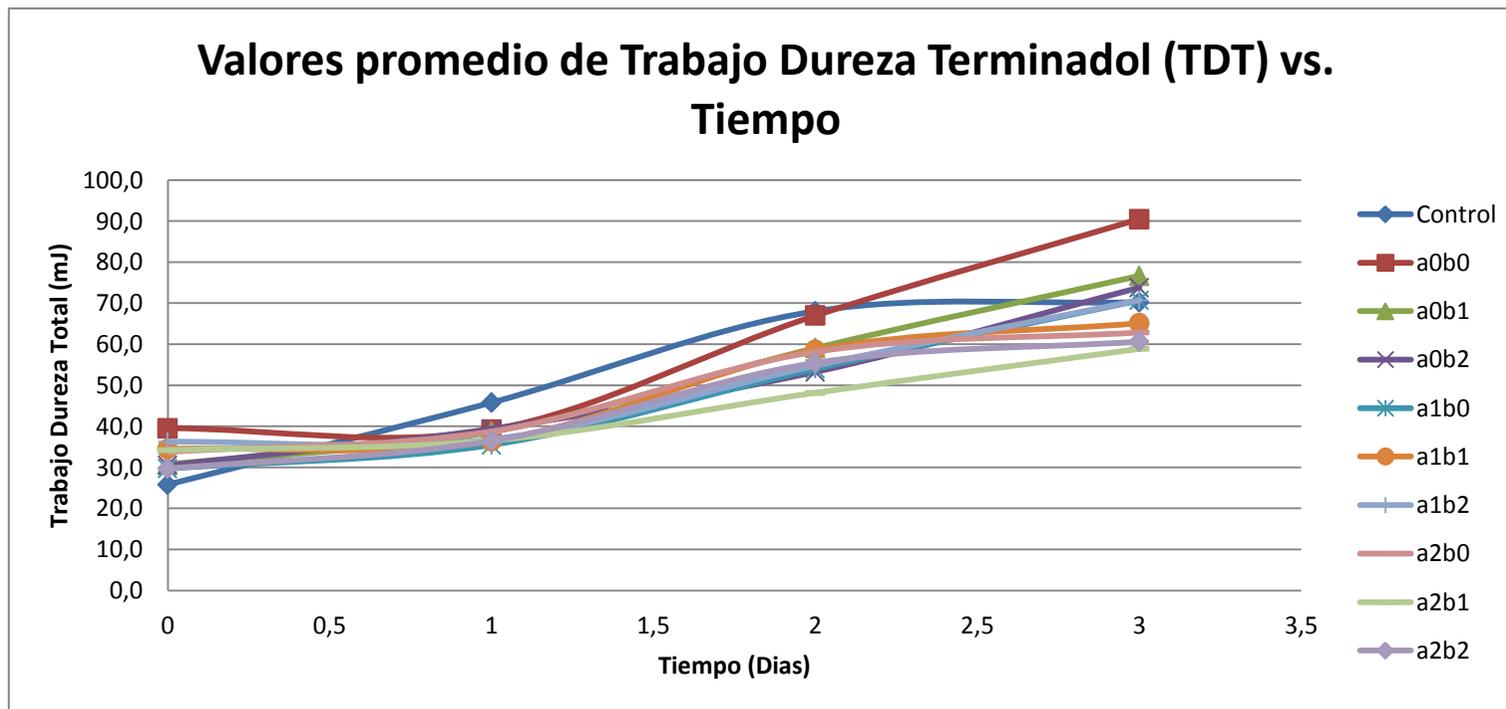
**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-2.3.** Gráfico para el parámetro de Dureza Total (g) del mejor tratamiento y el tratamiento control a través de los días



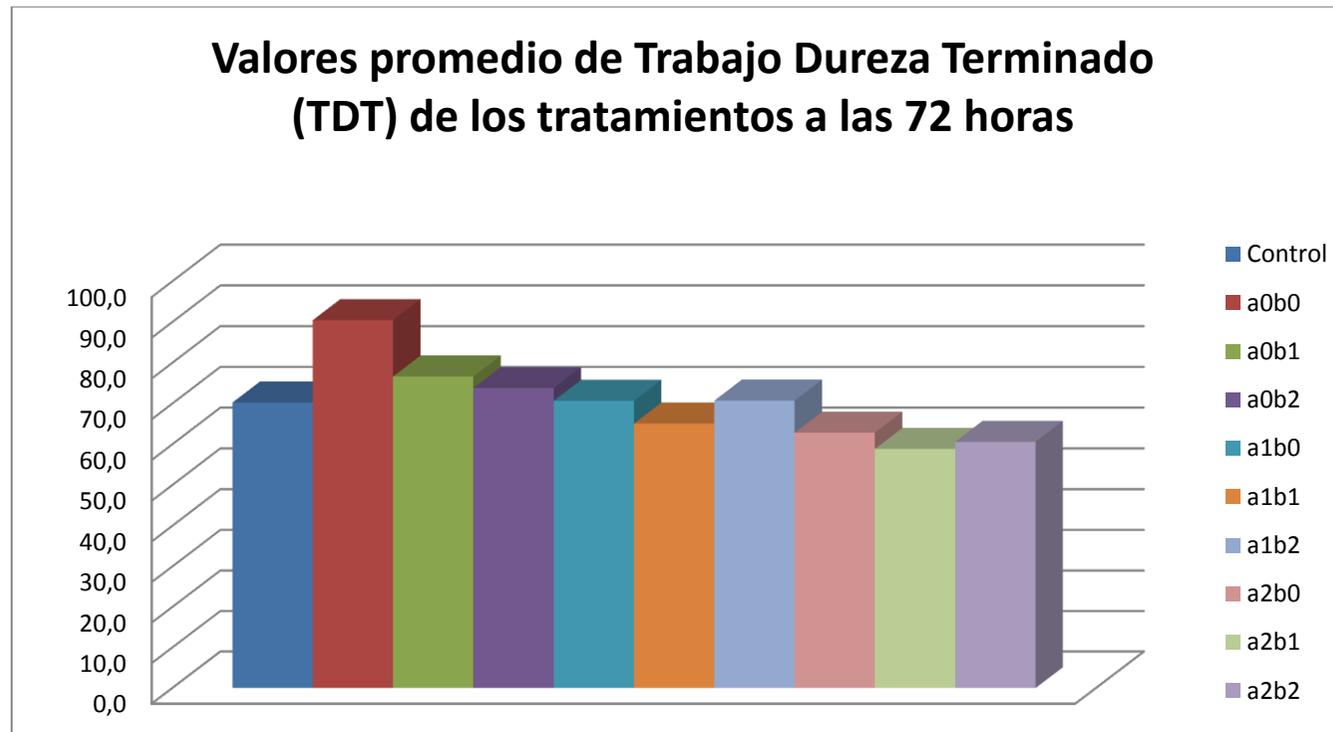
**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-2.4.** Gráfico para el parámetro de Trabajo Dureza Terminado (mJ) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control a través del tiempo



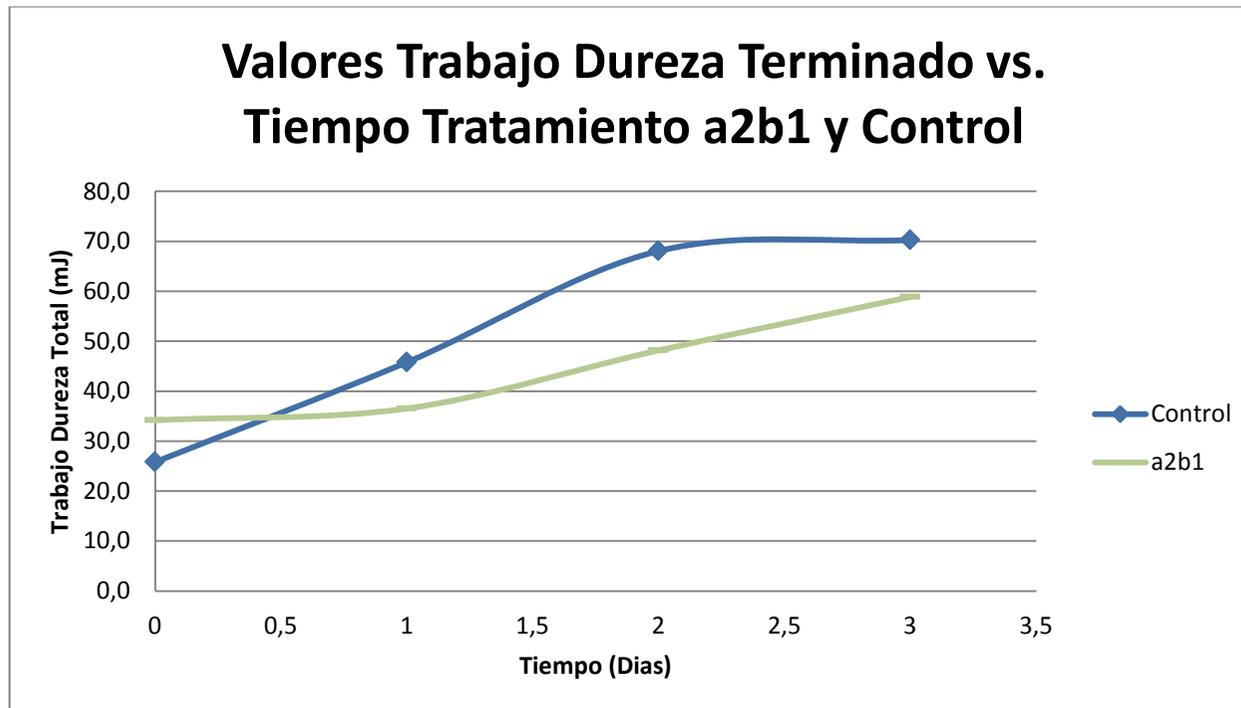
Elaborado por: Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-2.5.** Gráfico para el parámetro de Trabajo Dureza Terminado (mJ) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control a las 72 horas



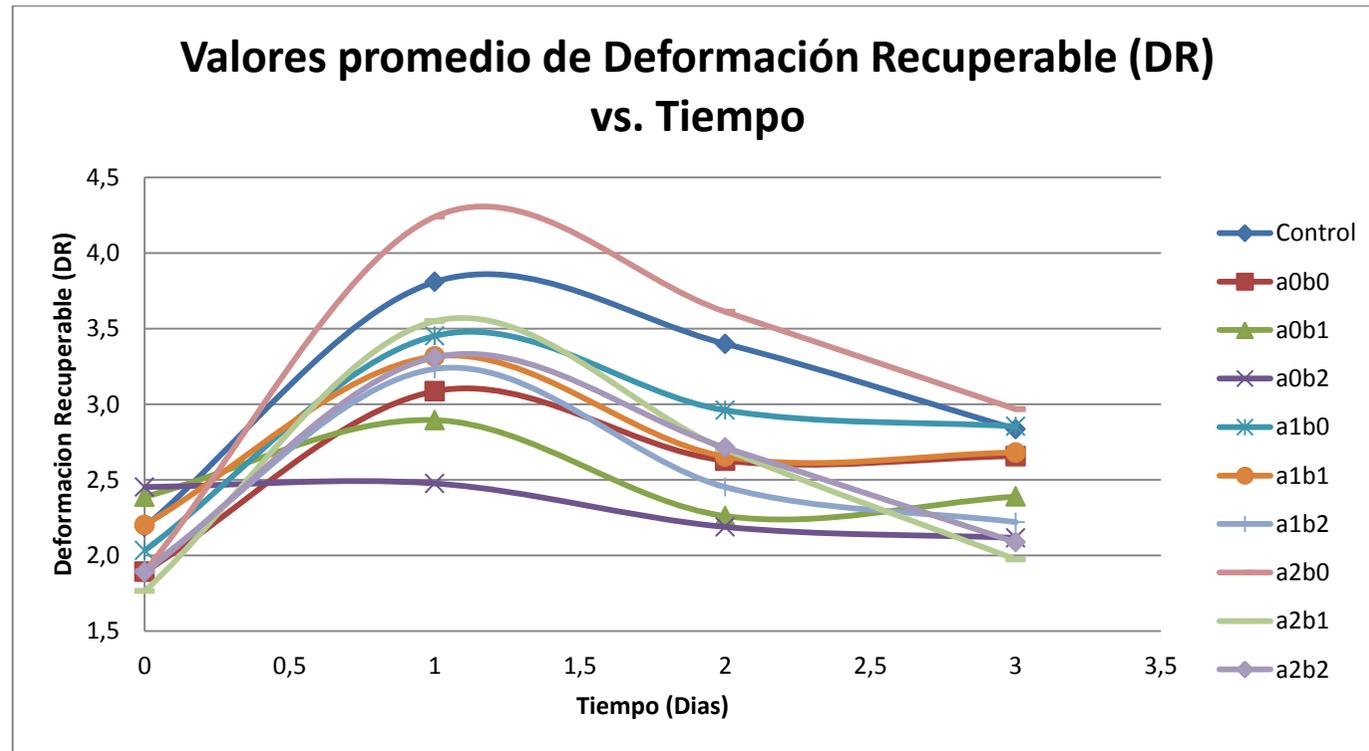
**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-2.6.** Gráfico para el parámetro de Trabajo Dureza Terminado (mJ) del mejor tratamiento y el tratamiento control a través de los días



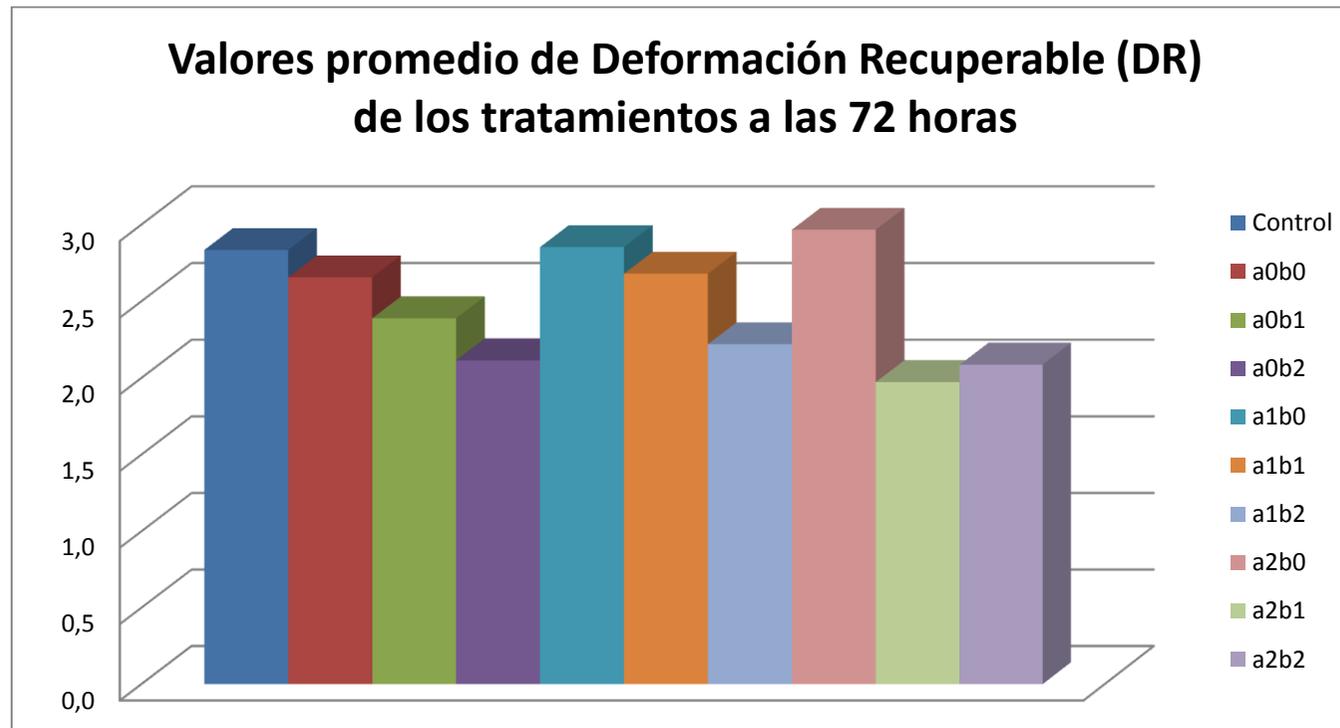
**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-2.7.** Gráfico para el parámetro de Deformación Recuperable (mm) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control a través del tiempo



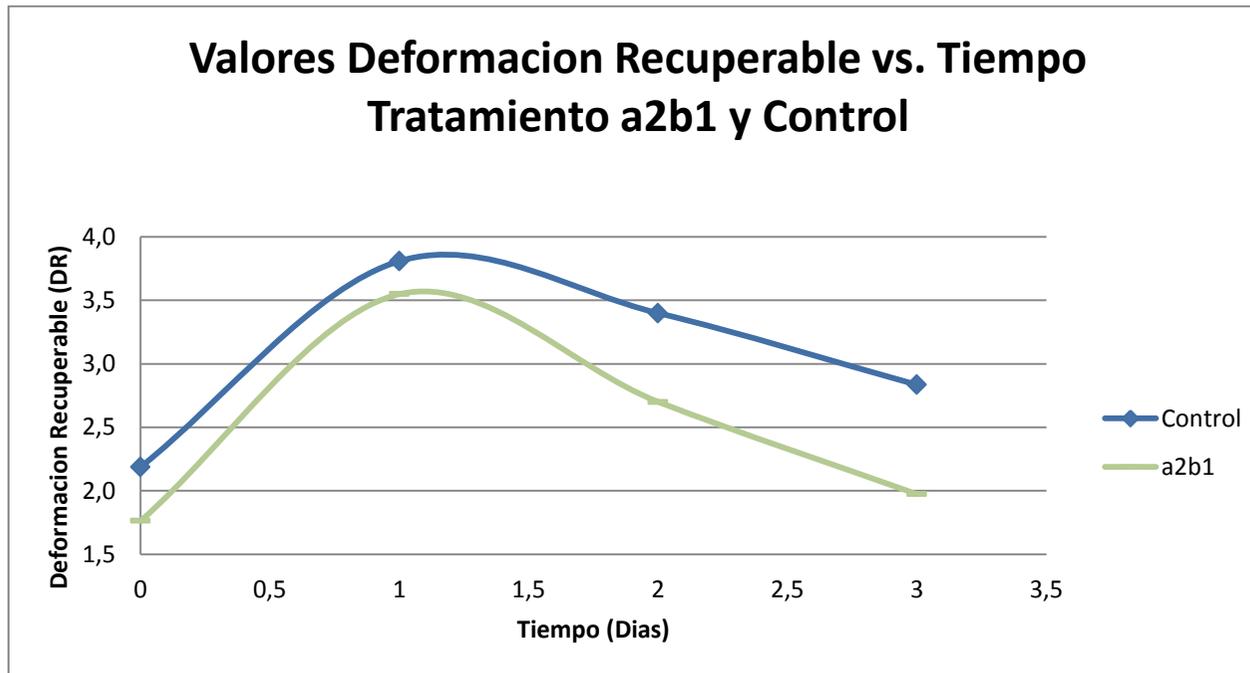
Elaborado por: Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-2.8.** Gráfico para el parámetro de Deformación Recuperable (mm) de los tratamientos con aditivos y el tratamiento control a las 72 horas



**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

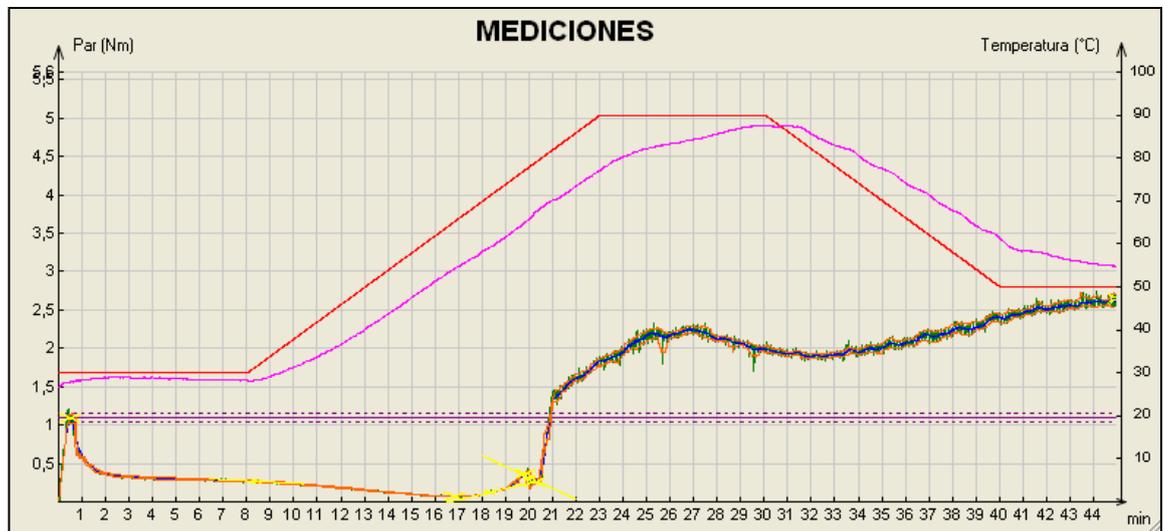
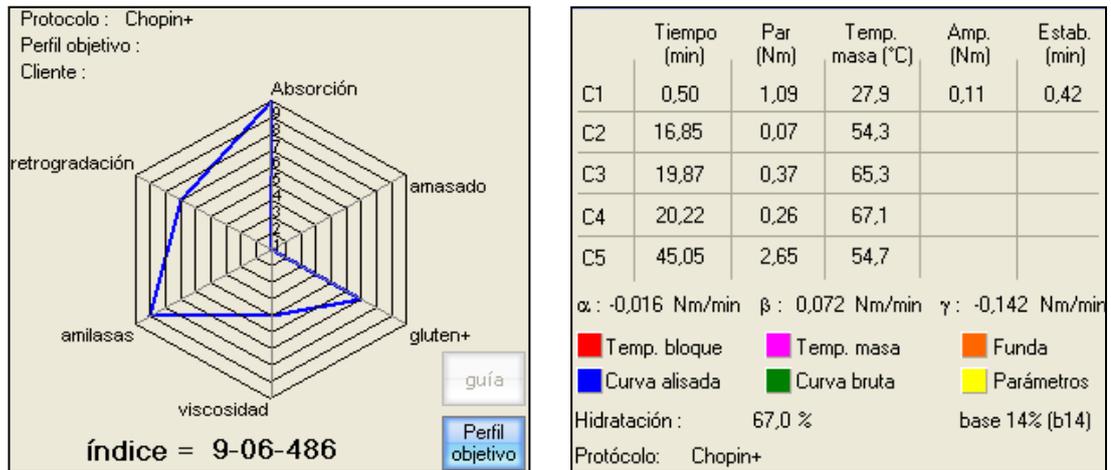
**GRÁFICO B-2.9.** Gráfico para el parámetro de Deformación Recuperable (mm) del mejor tratamiento y el tratamiento control a través de los días



**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

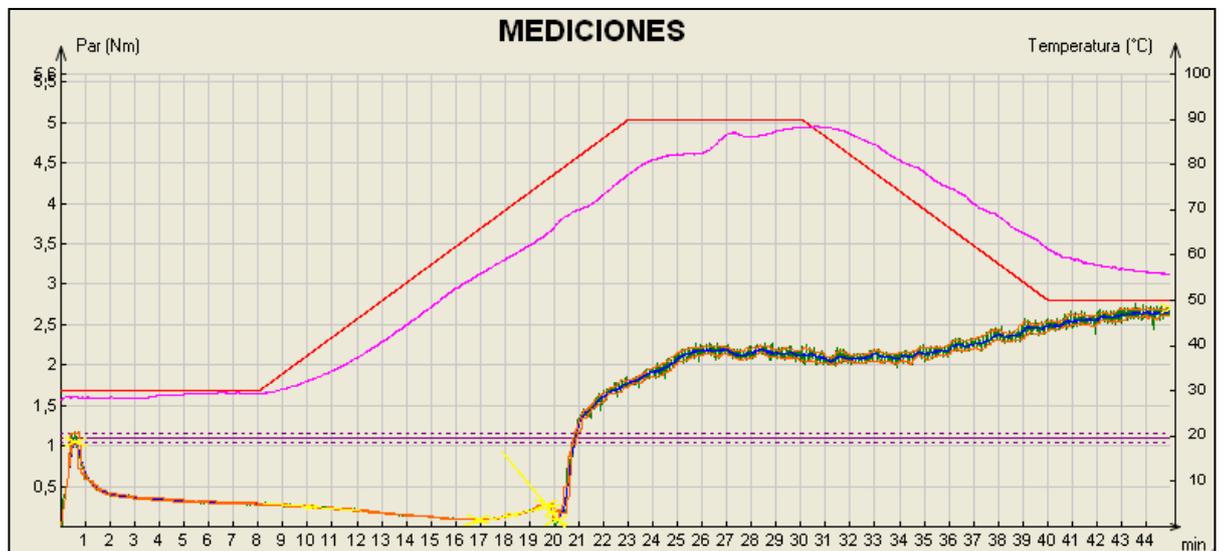
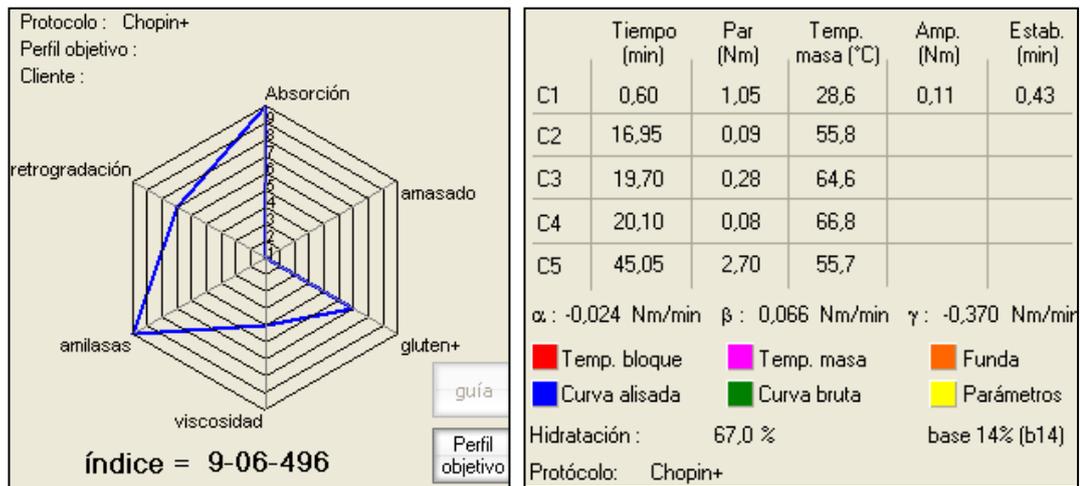
## ANEXO B-3. GRÁFICOS DEL ANÁLISIS MIXOLAB SYSTEM

**GRÁFICO B-3.1.** Gráfico del análisis en Mixolab System para el mejor tratamiento (a2b1). Réplica 1



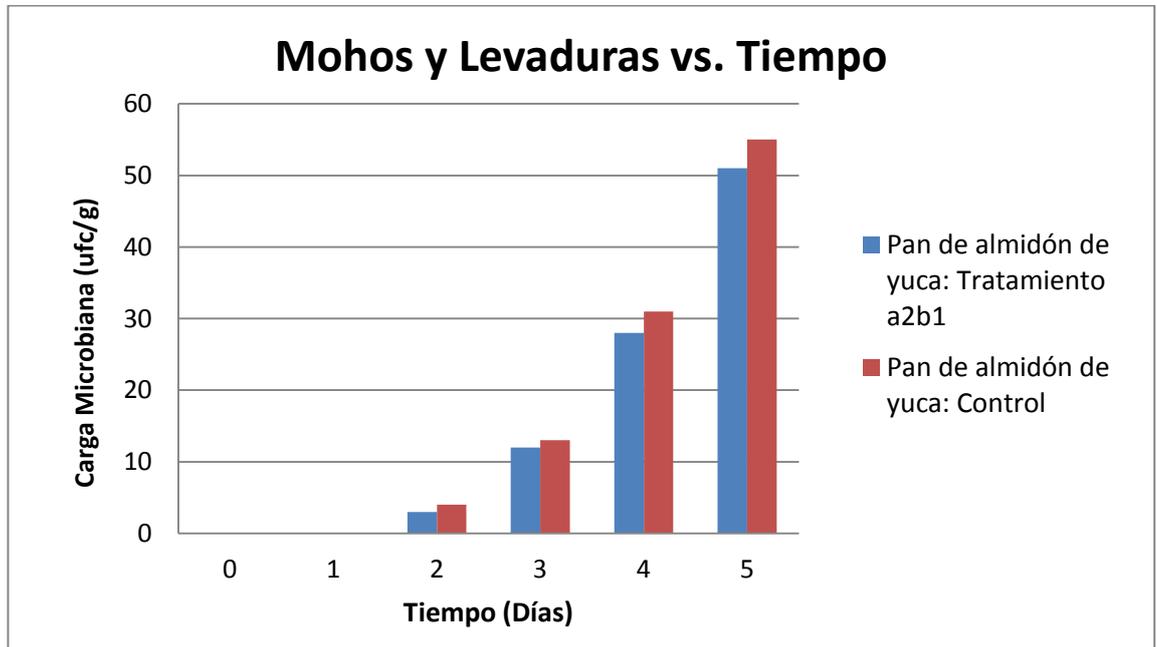
Elaborado por: Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-3.2.** Gráfico del análisis en Mixolab System para el mejor tratamiento (a2b1). Réplica 2



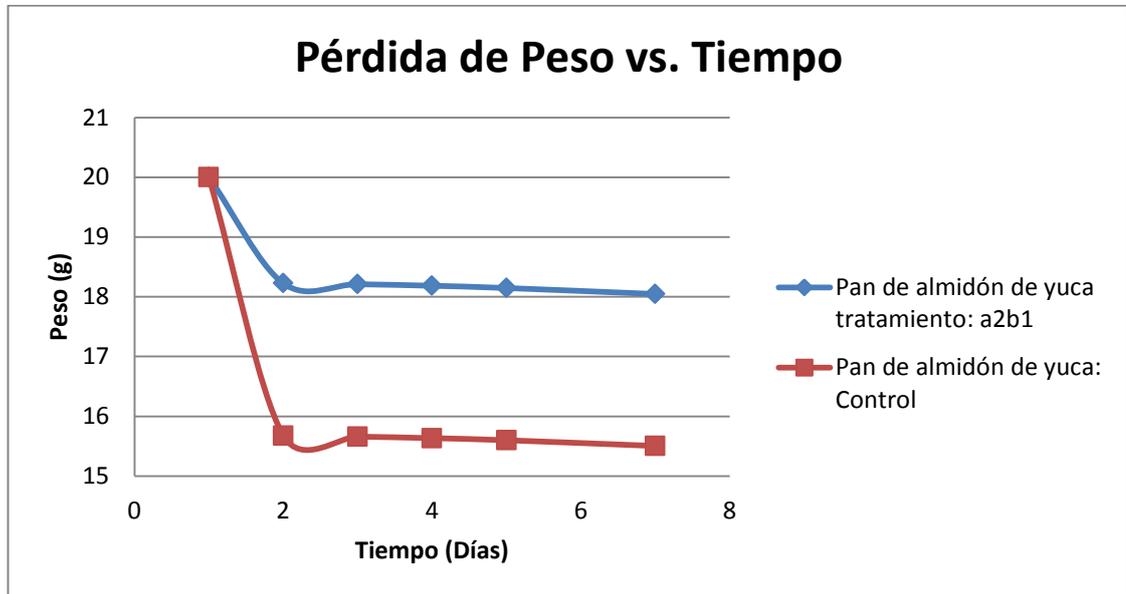
Elaborado por: Ximena Wong, 2012

## ANEXO B-4. GRÁFICOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



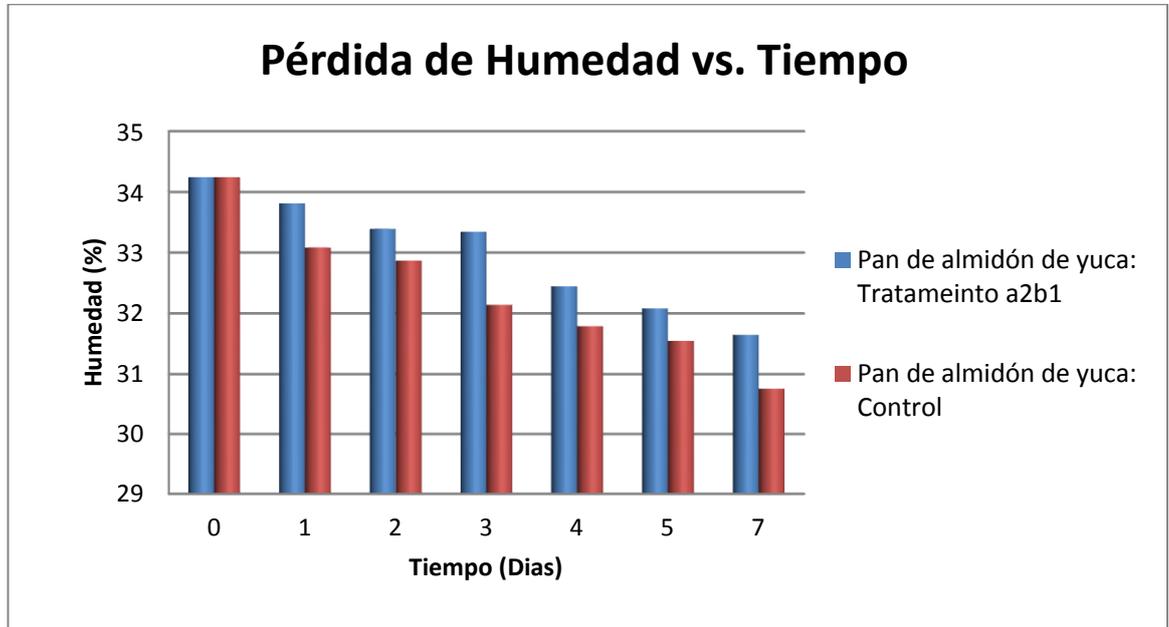
Elaborado por: Ximena Wong, 2012

## ANEXO B-5. GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE PÉRDIDA DE PESO



Elaborado por: Ximena Wong, 2012

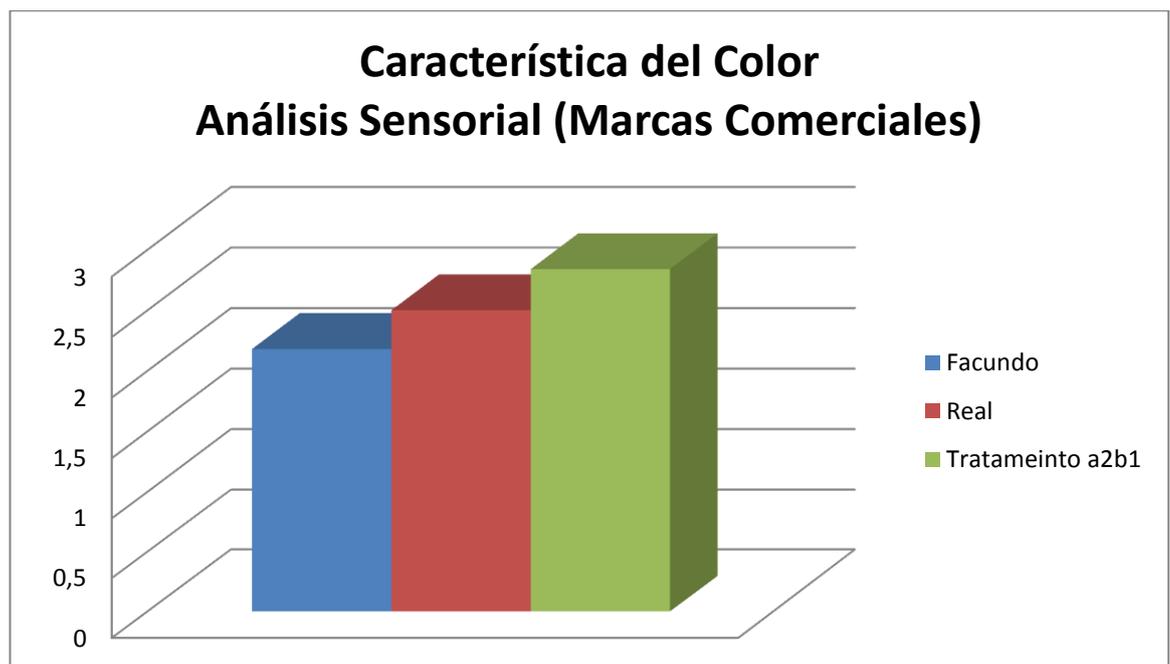
## ANEXO B-6. GRÁFICOS DEL ANÁLISIS DE PÉRDIDA DE HUMEDAD



Elaborado por: Ximena Wong, 2012

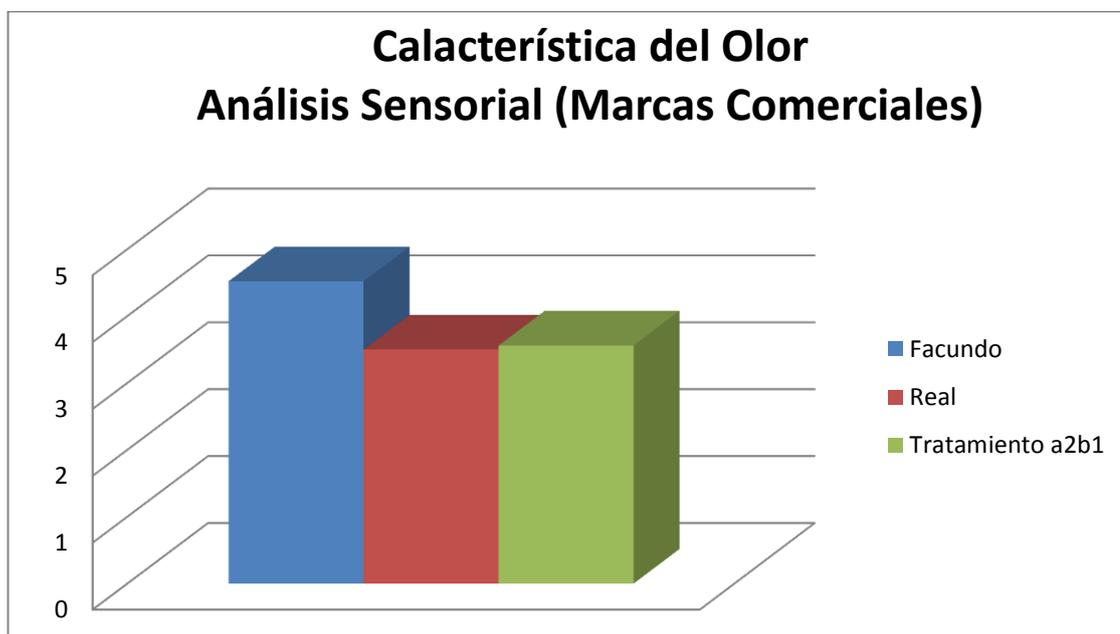
## ANEXO B-7. GRÁFICOS DEL ANÁLISIS SENSORIAL DEL MEJOR TRATAMIENTO COMPARADO CON MARCAS COMERCIALES

**GRÁFICO B-7.1.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de color.



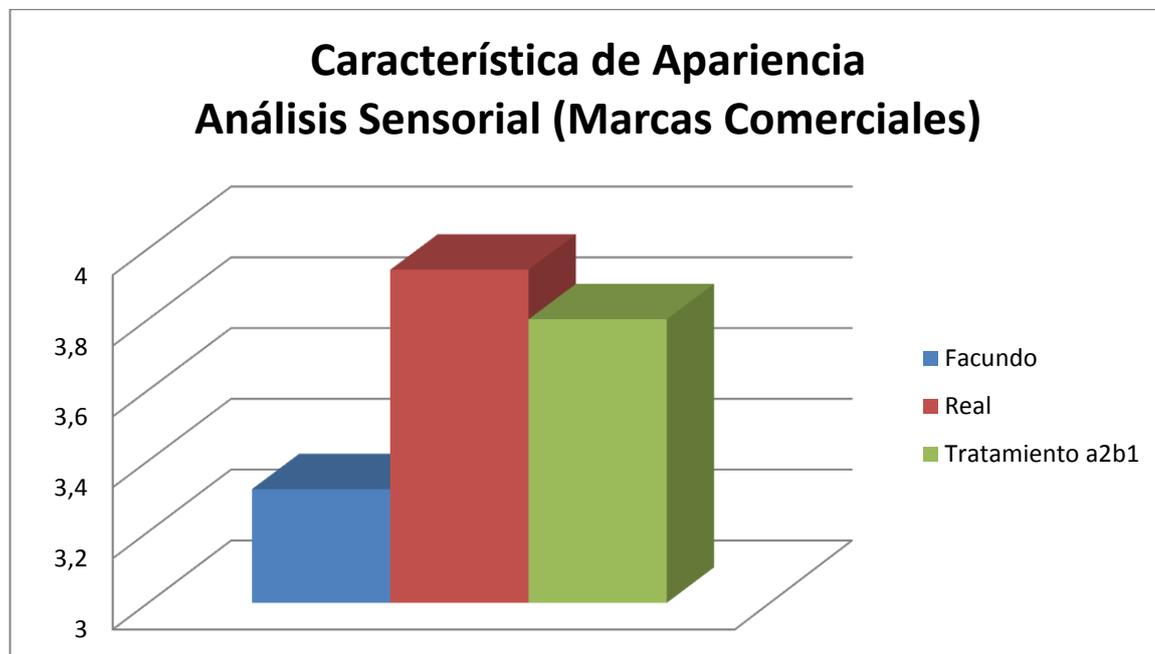
**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-7.2.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de olor.



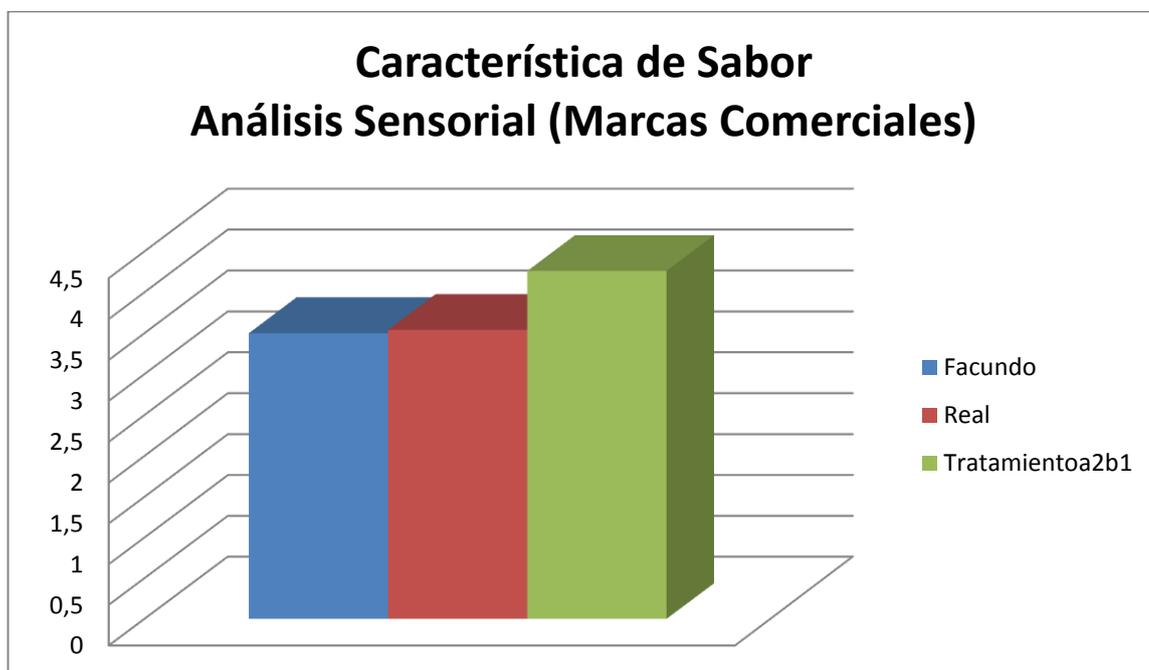
**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-7.3.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de apariencia.



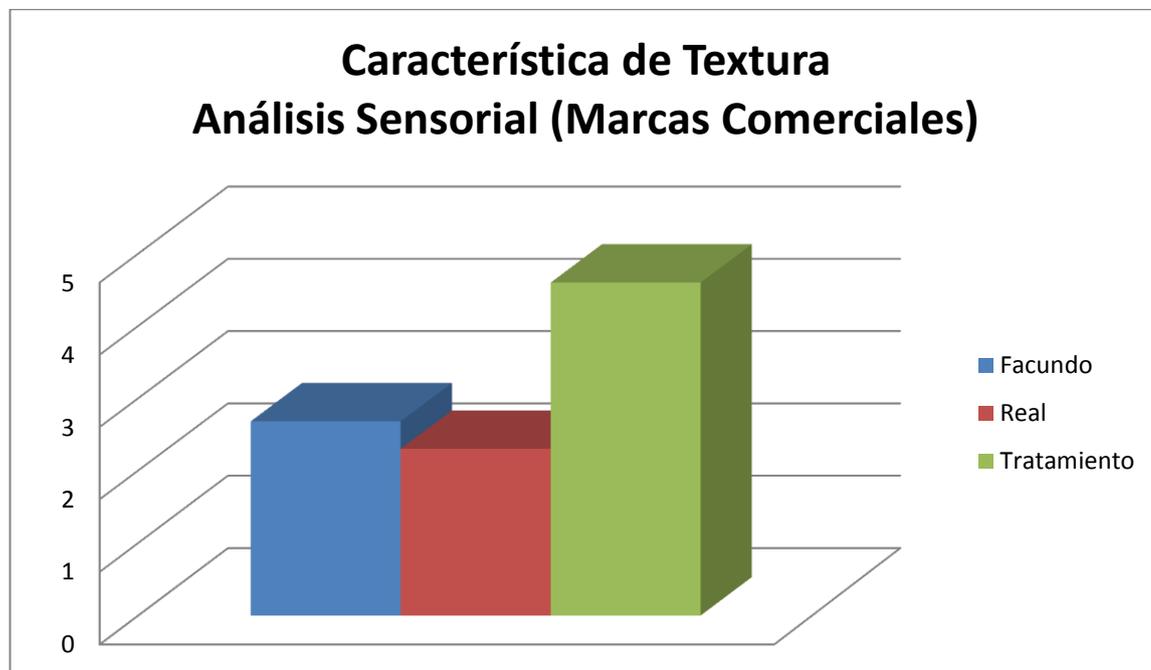
**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-7.4.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de sabor.



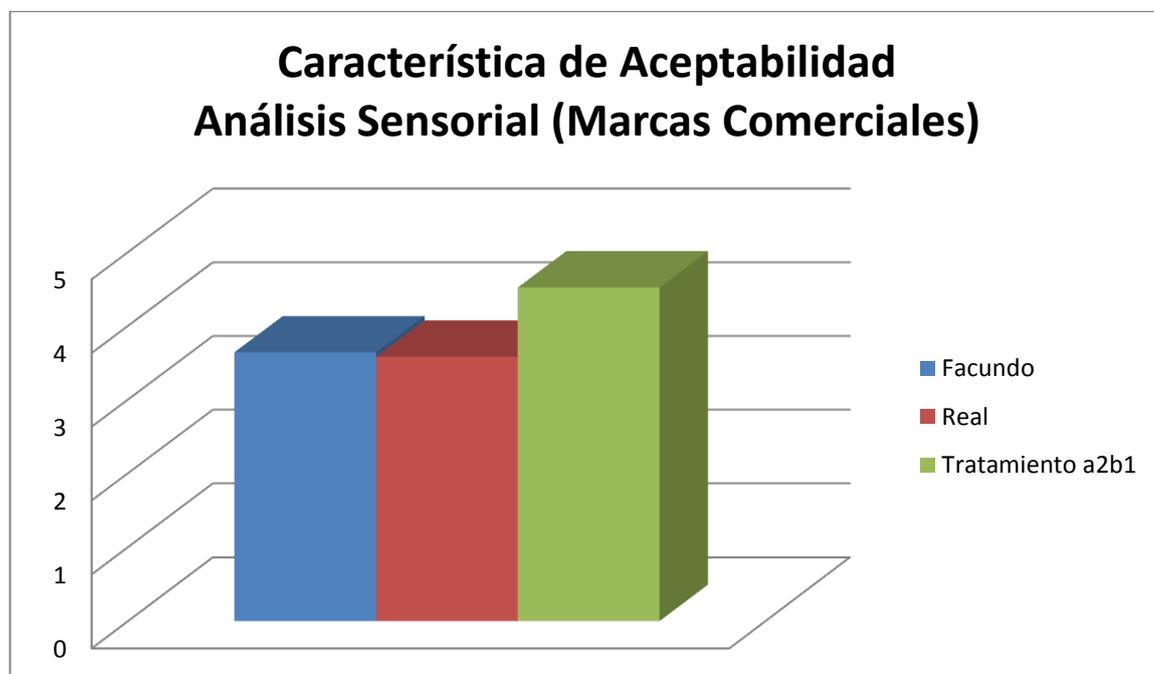
**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-7.5.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de textura.



**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

**GRÁFICO B-7.6.** Datos promedio del análisis sensorial para la característica de aceptabilidad.



**Elaborado por:** Ximena Wong, 2012

# **ANEXO C**

## **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

## ANEXO C-1. TEXTURÓMETRO BROOKFIELD

**TABLA C-1.1.** Análisis de Varianza de la Dureza Total (g), para los tratamientos

Analysis of Variance for Dureza

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Goma Xantan	665954,0	1	665954,0	141,45	0,0000
B:Monoglicerido Dest	124709,0	1	124709,0	26,49	0,0001
AA	63064,2	1	63064,2	13,39	0,0017
AB	59796,8	1	59796,8	12,70	0,0021
BB	36008,1	1	36008,1	7,65	0,0123
blocks	7003,93	2	3501,96	0,74	0,4886
Total error	89454,4	19	4708,13		
Total (corr.)	1,04599E6	26			

R-squared = 91,4479 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 89,4117 percent

**Fuente: STATGRAPHICS Plus**

**TABLA C-1.2.** Respuesta de optimización de la Dureza Total (g), para los tratamientos

Optimize Response

Goal: minimize Dureza

Optimum value = 1217,77

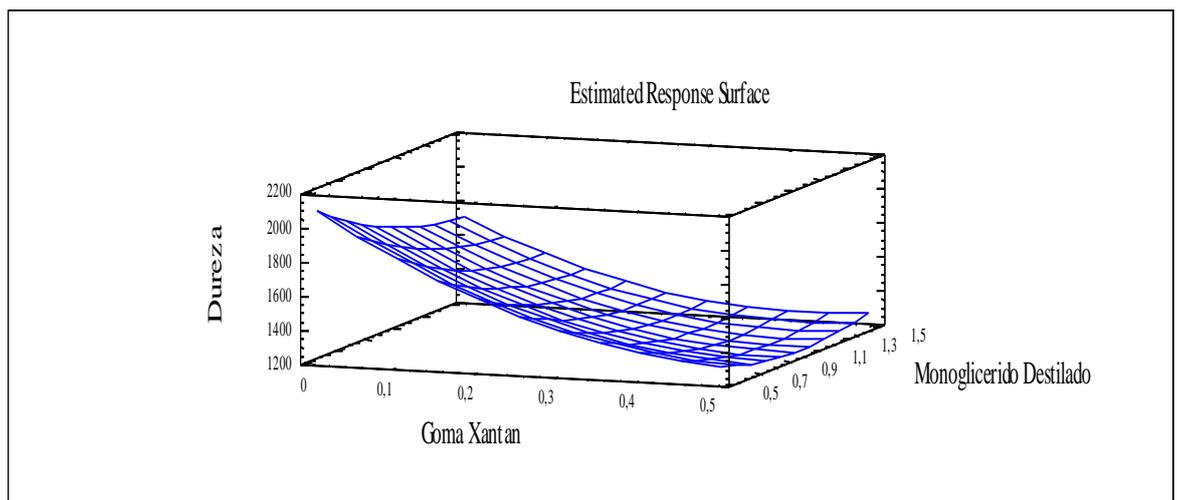
Factor	Low	High	Optimum
Goma Xantan	0,1	0,5	0,478631
Monoglicerido Destil 0,5		1,5	1,06522

The StatAdvisor

This table shows the combination of factor levels which minimizes Dureza over the indicated region. Use the Analysis Options dialog box to indicate the region over which the optimization is to be performed. You may set the value of one or more factors to a constant by setting the low and high limits to that value.

**Fuente: STATGRAPHICS Plus**

**TABLA C-1.3.** Gráfico de Superficie del análisis Dureza Total (g), para los tratamientos



**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-1.4.** Análisis de Varianza de la Trabajo Dureza Terminado (mJ), para los tratamientos

Analysis of Variance for Trabajo Dureza Total

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Goma Xantan	1715,03	1	1715,03	100,45	0,0000
B:Monoglicerido Dest	177,976	1	177,976	10,42	0,0044
AA	17,6131	1	17,6131	1,03	0,3225
AB	156,746	1	156,746	9,18	0,0069
BB	129,921	1	129,921	7,61	0,0125
blocks	22,6321	2	11,316	0,66	0,5269
Total error	324,388	19	17,0731		
Total (corr.)	2544,3	26			

R-squared = 87,2504 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 84,2148 percent

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-1.5.** Respuesta de optimización de la Trabajo Dureza Terminadol (mJ), para los tratamientos

Optimize Response

Goal: minimize Trabajo Dureza Total

Optimum value = 57,6781

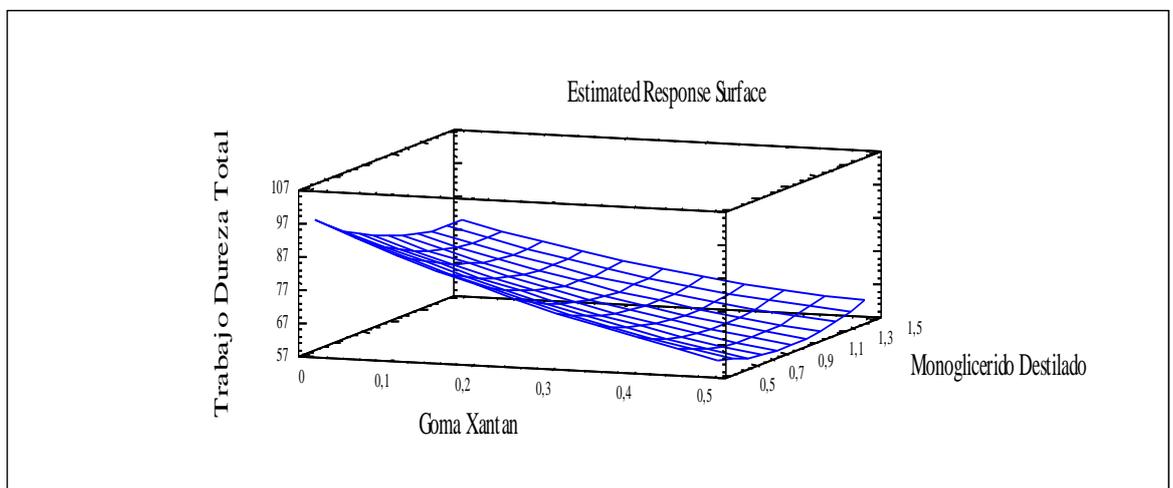
Factor	Low	High	Optimum
Goma Xantan	0,1	0,5	0,5
Monoglicerido Destil	0,5	1,5	0,974696

The StatAdvisor

This table shows the combination of factor levels which minimizes Trabajo Dureza Total over the indicated region. Use the Analysis Options dialog box to indicate the region over which the optimization is to be performed. You may set the value of one or more factors to a constant by setting the low and high limits to that value.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-1.6.** Gráfico de Superficie del análisis Trabajo Dureza Terminado (mJ), para los tratamientos



**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-1.7.** Análisis de Varianza de la Deformación Recuperable (mm), para los tratamientos

Analysis of Variance for Deformacion Recuperable

---

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A:Goma Xantan	0,00888889	1	0,00888889	0,07	0,7994
B:Monoglicerido Dest	2,10809	1	2,10809	15,75	0,0008
AA	0,2904	1	0,2904	2,17	0,1572
AB	0,0867	1	0,0867	0,65	0,4309
BB	0,112067	1	0,112067	0,84	0,3717
blocks	0,885267	2	0,442633	3,31	0,0586
Total error	2,54346	19	0,133866		
<hr/>					
Total (corr.)	6,03487	26			

R-squared = 57,854 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 47,8192 percent

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-1.8.** Respuesta de optimización de la Deformación Recuperable (mm), para los tratamientos

Optimize Response

Goal: maximize Deformacion Recuperable

Optimum value = 2,9767

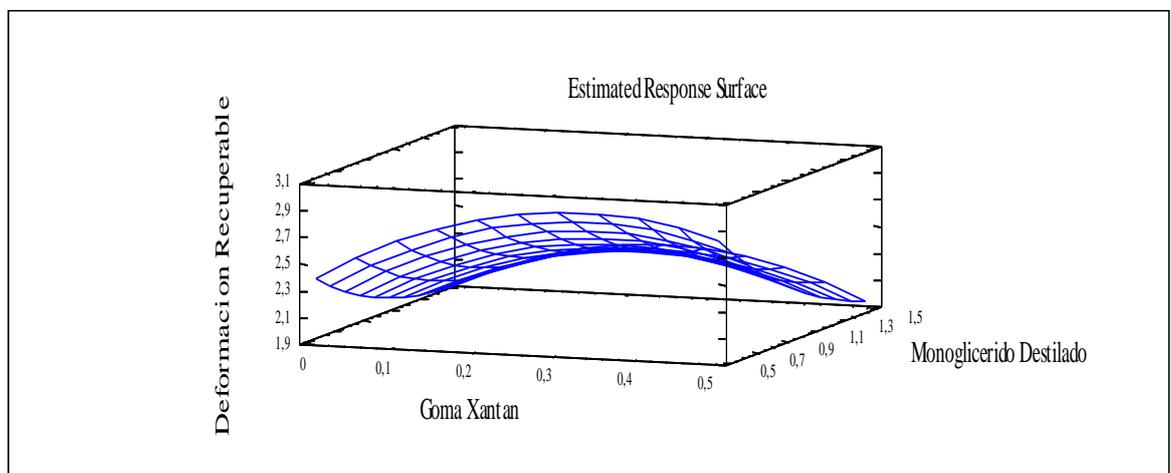
Factor	Low	High	Optimum
Goma Xantan	0,1	0,5	0,328551
Monoglicerido Destil	0,5	1,5	0,5

The StatAdvisor

This table shows the combination of factor levels which maximizes Deformacion Recuperable over the indicated region. Use the Analysis Options dialog box to indicate the region over which the optimization is to be performed. You may set the value of one or more factors to a constant by setting the low and high limits to that value.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-1.9.** Gráfico de Superficie del análisis Deformación Recuperable (mm), para los tratamientos



**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

## ANEXO C-2. ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS TRATAMIENTOS (BLOQUES INCOMPLETOS)

**TABLA C-2.1.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la característica olor de todos los tratamientos.

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

---

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamientos	5,175	9	0,575	0,65	0,7467
B:Catadores	5,50833	14	0,393452	0,45	0,9470
RESIDUAL	31,825	36	0,884028		
TOTAL (CORRECTED)	44,6	59			

---

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente: STATGRAPHICS Plus**

**TABLA C-2.2.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la característica olor de todos los tratamientos.

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamientos

---

Method: 95,0 percent LSD

Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	6	3,35	X
7	6	3,4	X
9	6	3,45	X
10	6	3,5	X
6	6	3,55	X
4	6	3,6	X
3	6	3,85	X
2	6	3,9	X
5	6	3,95	X
8	6	4,45	X

---

**Fuente: STATGRAPHICS Plus**

**TABLA C-2.3.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la característica color de todos los tratamientos.

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

---

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Catadores	4,6	14	0,328571	1,04	0,4412
B:Tratamientos	7,6	9	0,844444	2,67	0,0175
RESIDUAL	11,4	36	0,316667		
TOTAL (CORRECTED)	25,4	59			

---

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.4.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la característica color de todos los tratamientos.

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamientos

---

Method: 95,0 percent LSD

Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
6	6	1,5	X
7	6	1,6	XX
10	6	1,8	XXX
3	6	1,85	XXXX
9	6	2,1	XXXX
1	6	2,25	XXXX
4	6	2,25	XXXX
5	6	2,35	XXX
2	6	2,5	XX
8	6	2,8	X

---

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.5.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la característica sabor de todos los tratamientos.

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

---

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamiento	7,15	9	0,794444	2,06	0,0598
B:Bloques	5,48333	14	0,391667	1,02	0,4580
RESIDUAL	13,85	36	0,384722		
TOTAL (CORRECTED)	27,9333	59			

---

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.6.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la característica sabor de todos los tratamientos.

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamiento

Method: 95,0 percent LSD

---

Tratamiento	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
6	6	1,43333	X
5	6	1,53333	XX
3	6	1,73333	XXX
7	6	1,83333	XXX
9	6	1,98333	XXXX
8	6	2,18333	XXX
4	6	2,18333	XXX
10	6	2,38333	XX
1	6	2,43333	XX
2	6	2,63333	X

---

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.7.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la característica textura de todos los tratamientos.

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamiento	19,675	9	2,18611	2,42	0,0292
B:Catador	16,5917	14	1,18512	1,31	0,2495
RESIDUAL	32,575	36	0,904861		
TOTAL (CORRECTED)	74,85	59			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.8.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la característica textura de todos los tratamientos

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamientos

Method: 95,0 percent LSD

Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
6	6	2,2	X
4	6	2,45	XX
1	6	2,6	XX
7	6	2,65	XX
10	6	2,8	XX
5	6	2,8	XX
3	6	2,8	XX
9	6	3,3	XX
2	6	3,35	X
8	6	4,55	X

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.9.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la característica apariencia de todos los tratamientos.

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamientos	6,45	9	0,716667	1,30	0,2694
B:Catadores	8,03333	14	0,57381	1,04	0,4364
RESIDUAL	19,8	36	0,55		
TOTAL (CORRECTED)	36,1833	59			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.10.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la característica apariencia de todos los tratamientos.

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamientos

Method: 95,0 percent LSD

Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3	6	3,06667	X
4	6	3,31667	X
5	6	3,41667	X
7	6	3,46667	X
1	6	3,51667	X
6	6	3,61667	XX
10	6	3,66667	XX
9	6	3,71667	XX
2	6	3,91667	XX
8	6	4,46667	X

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.11.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la característica aceptabilidad de todos los tratamientos.

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

---

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamientos	4,225	9	0,469444	0,61	0,7770
B:Catadores	13,6417	14	0,974405	1,27	0,2698
RESIDUAL	27,525	36	0,764583		
TOTAL (CORRECTED)	46,1833	59			

---

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-2.12.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la característica aceptabilidad de todos los tratamientos.

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamientos

---

Method: 95,0 percent LSD

Tratamientos	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
7	6	3,06667	X
6	6	3,21667	XX
5	6	3,56667	XX
10	6	3,61667	XX
9	6	3,61667	XX
1	6	3,66667	XX
3	6	3,66667	XX
4	6	3,71667	XX
2	6	3,86667	XX
8	6	4,16667	X

---

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

## ANEXO C-3. ANÁLISIS SENSORIAL DEL MEJOR TRATAMIENTO COMPARADO CON MARCAS COMERCIALES

**TABLA C-3.1.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica color

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamiento	10,8933	2	5,44667	10,31	0,0001
B:Catadores	24,8267	49	0,506667	0,96	0,5558
RESIDUAL	51,7733	98	0,528299		
TOTAL (CORRECTED)	87,4933	149			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.2.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica color

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamiento

Method: 95,0 percent LSD			
Tratamiento	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	50	2,18	X
2	50	2,5	X
3	50	2,84	X
Contrast	Difference		+/- Limits
1 - 2	*-0,32		0,288479
1 - 3	*-0,66		0,288479
2 - 3	*-0,34		0,288479

\* denotes a statistically significant difference.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.3.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica olor

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamiento	32,76	2	16,38	26,21	0,0000
B:Catadores	34,06	49	0,695102	1,11	0,3232
RESIDUAL	61,24	98	0,624898		
TOTAL (CORRECTED)	128,06	149			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.4.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica olor

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamiento

Method: 95,0 percent LSD			
Tratamiento	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2	50	3,5	X
3	50	3,56	X
1	50	4,52	X
Contrast			Difference +/- Limits
1 - 2			*1,02 0,313747
1 - 3			*0,96 0,313747
2 - 3			-0,06 0,313747

\* denotes a statistically significant difference.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.5.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica apariencia

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamiento	10,5733	2	5,28667	11,41	0,0000
B:Catadores	30,2733	49	0,617823	1,33	0,1148
RESIDUAL	45,4267	98	0,463537		
TOTAL (CORRECTED)	86,2733	149			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.6.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica apariencia

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamiento

Method: 95,0 percent LSD

Tratamiento	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	50	3,32	X
3	50	3,8	X
2	50	3,94	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*-0,62	0,27022
1 - 3	*-0,48	0,27022
2 - 3	0,14	0,27022

\* denotes a statistically significant difference.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.7.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica sabor

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamiento	18,2933	2	9,14667	13,78	0,0000
B:Catadores	39,5	49	0,806122	1,21	0,2065
RESIDUAL	65,04	98	0,663673		
TOTAL (CORRECTED)	122,833	149			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.8.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica sabor.

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamiento

Method: 95,0 percent LSD

Tratamiento	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	50	3,5	X
2	50	3,54	X
3	50	4,26	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	-0,04	0,323335
1 - 3	*-0,76	0,323335
2 - 3	*-0,72	0,323335

\* denotes a statistically significant difference.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.9.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica textura

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

---

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamiento	152,013	2	76,0067	110,65	0,0000
B:Catadores	46,06	49	0,94	1,37	0,0950
RESIDUAL	67,32	98	0,686939		
TOTAL (CORRECTED)	265,393	149			

---

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.10.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica textura

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamiento

---

Method: 95,0 percent LSD

Tratamiento	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2	50	2,3	X
1	50	2,68	X
3	50	4,6	X

---

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*0,38	0,328953
1 - 3	*-1,92	0,328953
2 - 3	*-2,3	0,328953

---

\* denotes a statistically significant difference.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.11.** Análisis de Varianza para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica aceptabilidad.

Analysis of Variance for Respuesta - Type III Sums of Squares

---

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamiento	27,6933	2	13,8467	25,94	0,0000
B:Catadores	35,8733	49	0,732109	1,37	0,0934
RESIDUAL	52,3067	98	0,533741		
TOTAL (CORRECTED)	115,873	149			

---

All F-ratios are based on the residual mean square error.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

**TABLA C-3.12.** Prueba de comparación múltiple de Tukey para el análisis sensorial de la comparación con marcas comerciales, característica aceptabilidad

Multiple Range Tests for Respuesta by Tratamiento

---

Method: 95,0 percent LSD

Tratamiento	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
2	50	3,58	X
1	50	3,64	X
3	50	4,52	X

---

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	0,06	0,289961
1 - 3	*-0,88	0,289961
2 - 3	*-0,94	0,289961

---

\* denotes a statistically significant difference.

**Fuente:** STATGRAPHICS Plus

# **ANEXO D**

## **NORMAS**



<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana</b></p>	<p><b>PAN TERMINOLOGIA</b></p>	<p><b>INEN 93</b> 1976-06 Primera Revisión</p>
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma define los términos relacionados con el pan de trigo.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGÍA</b></p> <p>2.1 <i>Pan</i>. Es el producto alimenticio que resulta de la cocción de la masa fermentada proveniente de la mezcla de harina de trigo y ciertos ingredientes básicos.</p> <p>2.2 <i>Pan común</i>. Es el pan de miga blanca u oscura, elaborado a base de harina de trigo: blanca, semi-integral o integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.</p> <p>2.3 <i>Pan especial</i>. Es el pan que se obtiene añadiendo a la fórmula de pan común elementos enriquecedores, como huevos, leche, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.</p> <p>2.4 <i>Pan semi-integral</i>. Es el pan común de miga oscura, elaborado con harina blanca de trigo, con adición de harina semi-integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.</p> <p>2.5 <i>Pan integral</i>. Es el pan común de miga oscura elaborado a base de harina integral de trigo, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.</p> <p>2.6 <i>Harina de trigo</i>. Es el producto obtenido por la molienda y tamizado del grano de trigo (<i>Triticum vulgare</i> o <i>sativum</i> y <i>Triticum durum</i>), hasta un grado de extracción determinado.</p> <p>2.7 <i>Harina integral</i>. Es el producto obtenido por la molienda del grano de trigo y que contiene todas las partes de este.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

## **ANEXO D-2**

### **BROOKFIELD CT3 TEXTURE ANALYZER**

Operating Instructions  
Manual No.M/08-371A0708

#### **Examen de Desarrollo del método**

Los resultados de las mediciones proporcionadas por el analizador de textura CT3 dependerá de varios factores relacionados con la muestra, la punta de prueba, y los parámetros de prueba. Una variación en cualquiera de estos elementos puede resultar en un cambio en los resultados de la medición. Brookfield sugiere que el desarrollo de su método son pruebas de ensayo y error para determinar el mejor método de prueba para la muestra.

#### **Preparación de la muestra**

La medición de la textura utilizando el analizador de textura CT3 requiere el contacto entre la sonda y la muestra.

La forma y la superficie de la muestra pueden afectar los resultados de medición.

Consideremos por ejemplo una naranja: la prueba de una naranja pelada es probable que dé un resultado diferente de la prueba de una sola cuña de la misma fruta. Este es probablemente el mismo para cualquier material a granel cuando se compara con un cubo perfectamente preparado de material. Se debe considerar a la preparación de la muestra para facilitar la repetición de la prueba. Por ejemplo, un material que tiene una superficie plana y ofrece una interfaz consistente con la investigación, incluso si el material no está centrado en la prueba de fijación. Si su muestra no es uniforme, su ensayo podría requerir previamente cortar / formar /modificar la muestra, por ejemplo, la diferencia entre una barra de pan frente a una rebanada de pan.

#### **Sonda de prueba / Fixture**

El analizador de textura CT3 se puede utilizar con una amplia variedad de sondas y accesorios. Brookfield ofrece un conjunto de elementos estándar, mientras que también ofrece servicios de diseño especial. Cada tipo de sonda ofrece beneficios para ciertos tipos de muestras. La siguiente tabla ofrece algunas pautas básicas. A pesar de este cuadro representa nuestra experiencia en general, es importante tener en cuenta que hay pocas pruebas estándar establecido para las mediciones físicas de la textura. El objetivo principal es caracterizar el material en la forma que mejor representa su percepción por los sentidos humanos. Es la esencia del análisis de la textura.

<b><u>Probe Type</u></b>	<b><u>Typical Application</u></b>
Cylinder	well defined samples with uniform surfaces, general purpose, TPA (texture profile analysis)
Sphere	samples with small scale variations on surface, general purpose
Cone	samples with rigid outer layer. Also used for penetrometry and spreadability
Wire	used for cutting or slicing samples such as cheese
Magness Taylor	used for puncturing, often used for determining ripeness of fruit/vegetables
Extrusion Cell	samples that can be made to flow, general purpose
Shear blades	meat tenderness

Dentro de una categoría de la sonda, las variaciones de la geometría pueden ser significativas. Puede requerir una fuerza mayor para conducir un cono de ángulo bajo, en comparación con un cono de ángulo pronunciado. Del mismo modo, un cilindro de de gran diámetro pueden requerir una fuerza más grande que un cilindro de diámetro pequeño. La selección de los sonda (tipo y tamaño) afectará el resultado del test.

### **Parámetros de prueba**

El analizador de textura CT3 requerirá el ajuste de varios parámetros en función de la prueba y método seleccionado. En general, las relaciones siguientes son válidas para la velocidad y la distancia.

- 1) La carga medida tiende a aumentar a medida que aumenta la velocidad de la prueba.
- 2) La carga medida tiende a aumentar a medida que aumenta la compresión de distancia. Una excepción a esto podría ser un material con una capa externa, como una manzana. El punto de disparo establece la carga mínima necesaria para iniciar la prueba. Así es como el CT3 sabe cuando la sonda está en contacto con la muestra. Este parámetro se debe establecer en un valor bajo para un material con una capa externa muy delicada. El tiempo de espera permite la monitorización de la respuesta de un material a medida que se lleva a cabo comprimirlo. Normalmente, un aumento en el tiempo de espera se traducirá en un valor menor medida.

### **Recomendaciones**

Los resultados del examen de una medida de la textura son muy dependientes de la preparación de muestras y tanto el método de ensayo. Cuando se desarrolla un método Brookfield recomienda que cada parámetro pueda variar a su vez para determinar su efecto en los resultados. (Nota: sólo varían un parámetro a la vez.). Se considerará un método establecido, el método debe ser documentado en detalle significativo. Esto asegurará una buena repetibilidad de los resultados y buena comparación con los demás que tratan de duplicar su método.

## ANEXO D-3

### ICC DRAFT STANDARD No. 173

Aprobado: 2006

#### 1. Título

#### **Determinación del comportamiento reológico en función de la mezcla y aumento de la temperatura**

#### 2 Introducción

El comportamiento de la masa durante el proceso de mezcla está relacionada con muchos parámetros. Algunos están más relacionados con el contenido de proteína y la calidad, tales como la absorción de agua, el tiempo de desarrollo de la masa y la estabilidad de la masa durante la mezcla. Otras están relacionadas con el contenido de almidón y de calidad, como la gelatinización, gelificantes, etc.

Al medir la torsión de la masa durante la mezcla con un aumento de la temperatura, el Mixolab permite tener información completa sobre la muestra que permite al usuario a comprender mejor el trigo o las características de la harina.

#### 3 Dominio de aplicación

Este método es aplicable a la harina obtenida de *T. aestivum* procedentes de un laboratorio o una fábrica industrial. También se puede aplicar a toda la harina de trigo molido en condiciones normales.

#### 4. Referencias

- [ICC-Standard No 110/1](#) Determination of the moisture content of cereals and cereal products (practical method); 1976.
- AACC International Approved Method 44-15A Moisture Air Oven Method.

#### 5. Principio

Determinación de los comportamientos de la masa se somete a esfuerzos de mezcla y hace hincapié en la temperatura durante la fase constante, seguida de una fase de calentamiento, una fase de mantenimiento a las altas temperaturas, y una fase de enfriamiento. La harina se hidrata para llegar a una máxima consistencia (1,1 Nm) en una primera fase a 30 ° C. La masa se mezcla entre los dos brazos de un mezclador con una velocidad de rotación de 80 rpm. La mezcla continúa a medida que la temperatura del mezclador se eleva a 90 ° C con un aumento de la temperatura de 4 ° C / minuto. La temperatura se mantiene a 90 ° C durante 15 minutos. El tazón se enfría a 50° C con una disminución de la temperatura de 4 ° C / minuto. Durante todo el proceso se mide la consistencia de la masa, así como temperatura de la masa. Los resultados darán indicaciones sobre la fuerza de la proteína, almidón de gelatinización y retrogradación, los sistemas enzimáticos, así como las interacciones.

Norma Técnica Ecuatoriana	PAN COMÚN. REQUISITOS.	NTE INEN 95:1979 Primera Revisión
<p style="text-align: center;"><b>1.OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe reunir el pan común.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. TERMINOLOGÍA</b></p> <p>2.1 <b>Pan común.</b> Es el pan de miga blanca u oscura, elaborado a base de harina de trigo: blanca, semi-integral o integral, agua potable, levadura, sal, azúcar, grasa comestible (animal o vegetal) y aditivos autorizados.</p> <p>2.2 Otros términos relacionados con esta norma están definidos en la NTE INEN 93.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p>3.1 Las materias primas utilizadas en la elaboración del pan común deben sujetarse a las NTE INEN correspondientes.</p> <p>3.2 El pan común debe procesarse en condiciones sanitarias adecuadas, a fin de evitar su contaminación con microorganismos patógenos o causantes de la descomposición del producto.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. REQUISITOS DEL PRODUCTO</b></p> <p>4.1 <b>Componentes.</b> La masa para la cocción del pan común debe prepararse con los siguientes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) harina de trigo: blanca, semi-integral o integral,</li> <li>b) agua potable,</li> <li>c) levadura activa, fresca o seca,</li> <li>d) sal comestible,</li> <li>e) azúcar en cantidad suficiente para ayudar al desarrollo de la levadura,</li> <li>f) grasa comestible (animal o vegetal),</li> <li>g) aditivos autorizados.</li> </ul> <p>4.2 <b>Características organolépticas.</b></p> <p>4.2.1 El pan común debe presentar el sabor y olor característicos del producto fresco y bien cocido. Su sabor no debe ser amargo, ácido o con indicios de rancidez.</p> <p>4.2.2 <i>Corteza.</i> El pan común debe presentar una corteza de color uniforme, sin quemaduras, ni hollín u otras materias extrañas.</p> <p>4.2.3 <i>Miga.</i> La miga del pan común debe ser elástica, porosa, uniforme, no pegajosa ni desmenuzable.</p>		

**4.2.4 Tamaños.** El pan común debe fabricarse en forma de panes, palanquetas o moldes, de acuerdo con las formas establecidas en la NTE INEN 94.

**4.2.5 Sólidos totales.** El contenido de sólidos totales, determinado de acuerdo con el método descrito en el Anexo A, no debe ser menor del 65% para el pan blanco, del 65% para el pan semi-integral y del 60% para el pan integral.

**4.2.6 Acidez.** La acidez determinada de acuerdo con el método descrito en el Anexo B debe estar entre 5,5 y 6,0 para los tres tipos de panes.

**4.2.7 Humedad.** La humedad determinada de acuerdo con el Anexo A no debe ser mayor del 35% para el pan blanco, del 35% para el pan semi-integral y del 40% para el pan integral.

**4.2.8** Para efectos de comercialización, el pan debe venderse al peso, de acuerdo a la siguiente escala de números preferidos: 20g, 30g, 50g, 100g, 200g, 300g, 500g, y 1 000g.

**4.2.9** Las tolerancias permitidas en el peso, de acuerdo con el numeral 4.2.8, serán del 10% para panes de hasta 50g de peso y del 5% para los demás.

## 5. MUESTREO

**5.1** Las muestras deben extraerse dentro de las 24h después que el producto haya salido del horno.

**5.2** Para la verificación del peso se tomarán muestras de diez a quince unidades, en el caso de panes de hasta 50g de peso individual, y de tres panes en los otros casos. El peso promedio se determinará en cada caso.

## 6. MARCADO, ROTULADO Y EMBALAJE

**6.1** El pan común debe ser envasado en las panaderías en fundas individuales, que contengan número adecuado que facilite su comercialización

**6.2** Las fundas o envolturas deben ser de papel especial o plástico, resistente a la acción del producto, no deben alterar sus características organolépticas o su composición; además, proporcionarán una adecuada protección ante la contaminación externa.

**6.3** Las fundas o envolturas deben marcarse con el peso, precio, número de registro sanitario, designación del producto, marca comercial registrada y otra información complementaria opcional.

**ANEXO A**  
**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS**  
**TOTALES EN EL PAN**

**A.1 Instrumental.**

**A.1.1** Estufa provista de regulador de temperatura.

**A.1.2** Balanza analítica.

**A.1.3** Cápsulas de porcelana.

**A.1.4** Mortero.

**A.2 Disposiciones generales.**

**A.2.1** La determinación debe realizarse dentro de las 30h, después que el pan haya salido del horno.

**A.3 Preparación de la muestra.**

**A.3.1** Cortar, de cada uno de los panes, una sección correspondiente a su octava parte, si el pan es redondo, o a su cuarta parte, si es alargado (ver NTE INEN 94).

**A.3.2** Rebanar las secciones cortadas y luego cortar cada rebanada en trozos pequeños y de forma cúbica.

**A.4 Procedimiento.**

**A.4.1** Pesar una cantidad de muestra preparada no menor de 50g y registrar tal valor como  $m_1$ .

**A.4.2** Calentar la porción pesada en una estufa a 40°C durante un tiempo no menor de 4h, pero suficiente para que la porción se endurezca y pueda ser desmenuzada.

**A.4.3** Sacar la porción de la estufa y dejar a temperatura ambiente durante 3h; pesar y registrar tal valor como  $m_2$ .

**A.4.4** Moler en un mortero el material seco, mezclarlo y transferir una cantidad de aproximadamente 5g (que se registra como  $m_3$ ) a una cápsula de porcelana.

**A.4.5** Calentar la cápsula con su contenido en una estufa a 130°C durante una hora, determinar sumasa final y registrar tal valor como  $m_4$ .

**A.5 Cálculos.**

**A.5.1** El contenido de sólidos totales se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{m_2 - m_4}{m_1 - m_3} \times 100$$

Siendo:

S = contenido de sólidos totales en porcentaje de masa.

$m_1$  = masa de la muestra usada en la determinación, en g.

$m_2$  = masa de la muestra después de la desecación a 40°C, en g.

$m_3$  = masa de la porción antes de la desecación a 130°C, en g.

$m_4$  = masa de la porción después de la desecación a 130°C, en g.

**A.5.2** El contenido de humedad se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$H = 100 - S$$

Siendo:

H = contenido de humedad en porcentaje de masa.

S = contenido de sólidos totales en porcentaje de masa

CDU: 664.641 <b>Norma Técnica</b> <b>Ecuatoriana</b>	<b>HARINA DE TRIGO</b> <b>ENSAYO DE PANIFICACIÓN</b>	AL 02.02-314 <b>INEN 530</b> <b>1980-12</b>
<p><b>1 OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los métodos para determinar las características de panificación de la harina de trigo.</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 En esta norma se describen el método manual, el método de referencia y la capacidad de absorción de agua en la harina de trigo para el ensayo de panificación.</p> <p><b>3. TERMINOLOGIA</b></p> <p><b>3.1 Calidad del pan.</b> Es el conjunto de condiciones que debe reunir el pan elaborado con harina de trigo panificable, como: peso, volumen, corteza, apariencia, simetría, color de la miga, textura de la miga y grano de la miga, expresado en unidades de una escala centesimal, en la que el valor 100 corresponde a la calidad óptima.</p> <p><b>3.2 Absorción de agua.</b> Es la cantidad de agua necesaria, expresada en porcentaje del peso de la harina, para obtener una masa de consistencia adecuada.</p> <p><b>3.3 Rendimiento en pan.</b> Es el peso del pan en gramos, correspondiente a 100 g de harina, obtenido por pesada efectuada una hora después de la salida del pan del horno</p> <p><b>3.4 Volumen del pan.</b> Es el volumen desalojado por el pan expresado en cm . Se relaciona con la panificación de 100 g de harina.</p> <p><b>3.5 Textura de la miga.</b> Es el grado de elasticidad o blandura y se determina enteramente con el sentido del tacto. Los dedos se oprimen ligeramente contra la superficie de un pedazo de pan cortado y se hacen deslizar sobre ella. La sensación producida por esta operación puede describirse como suave, elástica, áspera, tosca, desmenuzable, según el caso.</p> <p><b>3.6 Grano de la miga.</b> La porosidad o estructura de la celdilla de gas está constituida por el tamaño, forma y distribución de ésta. Un grano deseable está compuesto por celdas pequeñas de tamaño uniforme, de forma oval y de paredes delgadas.</p> <p><b>3.7 Apariencia.</b> Aspecto exterior del pan.</p> <p><b>3.8 Color.</b> Característica peculiar del pan producida por la luz reflejada sobre éste y que impresiona a la vista.</p>		
<p>-1-</p>		
<p>1980-0088</p>		

## 4. METODO MANUAL

### 4.1 Instrumental.

4.1.1 *Termómetro* para masas, con escala de 15 a 40°C.

4.1.2 *Termómetro* para el horno, con escala de 100 a 260°C.

4.1.3 *Recipientes de aluminio*, para la masa en fermentación.

4.1.4 *Molde para panificación estañado*, de acuerdo con lo indicado en la Figura 1.

4.1.5 *Horno de panadería*, con temperatura de  $210 \pm 5^\circ\text{C}$ .

4.1.6 *Aparato para medición de/ volumen de los panes, por desplazamiento de semillas.* (Panvolumenómetro).

4.1.7 *Aparato para medición de altura de los panes* (puede ser simplemente una regla).

4.1.8 *Balanza*, sensible al 0,1 mg.

4.1.9 *Amasadora eléctrica con control de golpes*,

4.1.10 *Espátulas.*

### 4.2 Reactivos.

4.2.1 *Harina de trigo*, 500 g.

4.2.2 *Levadura prensada*, 15 g.

4.2.3 *Sal*, 10 g.

4.2.4 *Azúcar*, 15 g

4.2.5 *Grasa*, 10 g.

4.2.6 *Agua potable.*

### 4.3 Procedimiento

4.3.1 Colocar los 500 g de harina sobre una mesa o en un amasador.

4.3.2 Mezclar en un recipiente adecuado la levadura y el azúcar y disolverlos en 100 cm<sup>3</sup> de agua.

4.3.3 En recipiente aparte disolver la sal en 100 cm<sup>3</sup> de agua.

**4.3.4** Calentar separadamente la mezcla 4.3.2 y la solución salina 4.3.3 para disolver los ingredientes hasta una temperatura de  $28 \pm 5^\circ\text{C}$ .

**4.3.5** Agregar a la harina primeramente la mezcla 4.3.2 y luego la solución 4.3.3. Añadir luego, poco a poco, el agua necesaria para alcanzar una masa de consistencia adecuada. Debe anotarse la cantidad total de agua utilizada, incluyendo las empleadas en 4.3.2 y 4.3.3; ésta será la capacidad de absorción de agua.

**4.3.6** En condiciones asépticas, amasar a mano la masa formada, hasta alcanzar una masa de características satisfactorias. Esta operación no debe durar menos de seis minutos. Dos minutos antes de terminar el amasado agregar los 10 g de grasa.

**4.3.7** La temperatura del agua, ingredientes y recipientes debe ser tal que la temperatura final de la masa sea de  $28 \pm 5^\circ\text{C}$ .

**4.3.8** Redondear la masa con la mano y colocar en un recipiente, que debe estar situado en un lugar para obtener esta humedad puede recubrirse el recipiente con una tela húmeda y limpia. Dejar fermentar la masa durante 100 minutos.

**4.3.9** Amasar nuevamente a mano por un tiempo de 2 minutos y nuevamente redondear la masa, colocar en el recipiente y dejar fermentar por un tiempo de 25 minutos más, en condiciones iguales a las anotadas en 4.3.8.

**4.3.10** Remover la masa del recipiente, desgasificar nuevamente y pesar. Dividir la masa en cinco porciones del mismo peso. Cada una de estas porciones se aplana con las manos hasta formar un hojaldre grueso (0,5 - 1 cm). Estas porciones de masa se enrollan a mano y se colocan en los moldes, previamente engrasados, procurando que la unión quede hacia la parte inferior. Colocar los moldes en un lugar cuyas condiciones sean similares a las indicadas en 4.3.8 y dejar fermentar durante un tiempo de 60 minutos.

**4.3.11** Hornear la masa a una temperatura de  $210 \pm 5^\circ\text{C}$  por un tiempo de 25 minutos. A los 5 minutos de retiro del horno, debe sacarse el pan del molde.

#### **4.4 Cálculo.**

*Absorción.* Es el valor obtenido según 4.5.3 y se calcula mediante la ecuación siguiente:

**4.4.1 Peso.** Después de una hora de retirado el pan del horno, pesarlo.

**4.4.2 Volumen.** Para determinar el volumen del pan debe usarse el aparato Pan volumenómetro; si no se dispone de éste, debe enrasarse con semillas (de nabo u otras semillas en tamaño y forma iguales) un recipiente adecuado, por ejemplo un balde pequeño. Enseguida se retira gran parte de estas semillas, se coloca dentro del recipiente el pan cuyo volumen debe determinarse y se recubre con las semillas, hasta volver a llenar por completo el recipiente. Se mide el volumen de las semillas desplazadas o no utilizadas por medio de una probeta, siendo éste el volumen del pan.

**4.4.2.1** Deben promediarse los volúmenes de los cinco panes obtenidos en cada ensayo de segundo ensayo.

**4.5 Características externas e internas.** Antes de las 24 horas de haberse obtenido el pan y por medio de puntaje se determinan las características del pan, al que se le asigna los valores indicados a continuación:

**4.5.1 Color de la corteza.**

Dorado	15 puntos
Pálido	10 puntos
Muy pálido	5 puntos
Oscuro	0 puntos

**4.5.2 Apariencia y simetría.**

Muy bueno	15 puntos
Bueno	10 puntos
Regular	5 puntos
Malo	0 puntos

**4.5.3 Sabor.**

Muy agradable	10 puntos
Agradable	5 puntos
Desagradable	0 puntos

**4.5.4 Color de la miga.**

Blanco	10 puntos
Crema	5 puntos
Gris	0 puntos

**4.5.5 Textura de la miga.**

Muy buena	30 puntos
Buena	20 puntos
Regular	10 puntos
Mala	0 puntos

**4.5.6** *Grano de la miga.* De acuerdo con el tamaño, forma y distribución de los poros o estructuras de las celdillas de gas, será:

Bueno	20 puntos
Regular	10 puntos
Malo	0 puntos

**4.5.7** Un pan ideal reúne un puntaje máximo de 100 puntos.

**4.5.8** Debe promediarse los valores de calificación de los cinco panes obtenidos en cada ensayo. Las calificaciones promedio de dos ensayos no deberán diferir en más de 1 punto.

**4.5.9** El puntaje de aceptación debe alcanzar un mínimo de 50 puntos.

**Norma Técnica**  
**Ecuatoriana**  
**Opcional**

**CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. MOHOS Y  
LEVADURAS VIABLES. RECUESTO EN PLACA POR SIEMBRA  
EN PROFUNDIDAD**

**NTE INEN**  
**1 529-10:98**  
1998-01

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma describe el método para cuantificar el número de unidades propagadoras de mohos y levaduras en un gramo ó centímetro cúbico de muestra.

## 2. ALCANCE

2.1 Esta norma especifica el método de recuento, en placa, por siembra en profundidad, para el recuento de mohos y levaduras.

## 3. DEFINICIONES

**3.1 Mohos.** Son ciertos hongos multicelulares, filamentosos, cuyo crecimiento en los alimentos se conoce fácilmente por su aspecto aterciopelado o algodonoso. Están constituidos por filamentos ramificados y entrecruzados, llamados "hifas", cuyo conjunto forma el llamado "micelio" que puede ser coloreado o no. Los mohos pueden formar, sobre ciertos alimentos, toxinas, llamadas micotoxinas. Provocan la alteración de productos alimenticios, especialmente los ácidos: yogur, jugos, frutas, etc., o los de presión osmótica elevada: productos deshidratados, jarabes, algunos productos salados, etc.

**3.2 Levaduras.** Son hongos cuya forma de crecimiento habitual y predominante es unicelular. Poseen una morfología muy variable: esférica, ovóidea, piriforme, cilíndrica, triangular o, incluso, alargada, en forma de micelio verdadero o falso. Su tamaño supera al de las bacterias. Al igual que los mohos, causan alteraciones de los productos alimenticios, especialmente los ácidos y presión osmótica elevada.  
un medio adecuado e incubado entre 22 C y 25 C.

**3.3 Recuento de mohos y levaduras viables.** Es la determinación del número de colonias típicas de levaduras y mohos que se desarrollan a partir de un gramo o centímetro cúbico de muestra, en

4.1 Este método se basa en el cultivo entre 22 C y 25 C de las unidades propagadoras de mohos

## 4. RESUMEN

y levaduras, utilizando la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad y un medio que contenga extracto de levadura, glucosa y sales minerales.

## 5. MATERIAL Y MEDIOS DE CULTIVO

**5.1 Materiales.** La vidriería debe resistir esterilizaciones repetidas y todo el material debe estar perfectamente limpio y estéril.

**5.1.1 Placas Petri**

5.1.2 Pipetas serológicas de boca ancha de 1; 5 y 10 cm graduadas en 1/10 de unidad.

**5.2 Medio de cultivo**

5.2.1 Agar sal-levadura de Davis o similar. Ver NTE INEN 1 529-1.

**6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

6.1 Preparar la muestra según su naturaleza, utilizando uno de los procedimientos indicados en la NTE INEN 1 529-2.

**7. PROCEDIMIENTO**

diluciones decimales en placas Petri adecuadamente identificadas. Iniciar por la dilución de menor concentración.

7.1 Utilizando una sola pipeta estéril, pipetear, por duplicado, alícuotas de 1 cm<sup>3</sup> de cada una de las

7.2 Inmediatamente, verter en cada una de las placas inoculadas, aproximadamente 20 cm<sup>3</sup> agar sal-levadura de Davis (SLD) fundido y templado a  $45 \pm 2$  C. La adición del medio de cultivo no debe pasar más de 15 minutos, a partir de la preparación de la primera dilución.

7.3 Delicadamente, mezclar el inóculo de siembra con el medio de cultivo, imprimiendo a la placa movimientos de vaivén, 5 veces en una dirección; hacerla girar cinco veces en sentido de las agujas del reloj. Volver a imprimir movimientos de vaivén en una dirección que forme ángulo recto con la primera y hacerla girar cinco veces en sentido contrario a las agujas de reloj.

7.4 Utilizar una placa para el control de la carga microbiana del ambiente, la cual no debe exceder de 15 colonias/placa, durante 15 minutos de exposición. Este límite es mantenido mediante prácticas adecuadas de limpieza y desinfección.

7.5 Como prueba de esterilidad del medio, en una placa sin inóculo verter aproximadamente 20 cm<sup>3</sup> del agar.

7.6 Dejar las placas en reposo hasta que se solidifique el agar.

7.7 Invertir las placas e incubarlas entre 22 C y 25 C, por cinco días.

7.8 Examinarlas a los dos días de incubación y comprobar si se ha formado micelio aéreo.

Las primeras colonias que se desarrollan son las de levaduras, que suelen ser redondas, cóncavas, estrelladas. La mayoría de las colonias jóvenes de levaduras son húmedas y algo mucosas, también pueden ser harinosas, blanquecinas y algunas cremosas y rosadas. En ciertos casos, apenas cambian al envejecer, otras veces se desecan y encogen. Las colonias de mohos tienen un aspecto algodonoso característico.

7.9 Cuando el micelio aéreo de los mohos amenace cubrir la superficie de la placa, dificultando las lecturas posteriores; pasados dos días, realizar recuentos preliminares en cualquier placa que se pueda distinguir las colonias.

**7.10** A los cinco días, seleccionar las placas que presenten entre 10 y 150 colonias y contarlas sin el auxilio de lupas. A veces pueden desarrollarse colonias pequeñas, éstas son de bacterias acidófilas y, por tanto, deben excluirse del recuento. Las colonias de levaduras deben ser comprobadas por examen microscópico

**7.11** Contar las colonias de mohos y levaduras en conjunto o separadamente. Si las placas de todas las diluciones contienen más de 150 colonias, contar en las placas inoculadas con la menor cantidad de muestra.

### **7.12 Cálculos**

**7.12.1** *Cálculo del número (N) de unidades propagadoras (UP) de mohos y/o levaduras por centímetro cúbico ó gramo de muestra.* Calcular según la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\text{número total de colonias contadas o calculadas}}{\text{cantidad total de muestra sembrada}}$$

**7.12.2 Redondeo.** El valor obtenido redondear a dos cifras significativas de la siguiente manera (NTE INEN 52):

**7.12.2.1** Si el tercer dígito, empezando por la izquierda es menor de cinco, mantener inalterado el segundo dígito y reemplazar por ceros los restantes. Por ejemplo, si el valor calculado fuere 553 000, es superior a cinco, añadir una unidad al segundo dígito; por ejemplo, si el valor obtenido fue 10

**7.12.2.2** Si el tercer dígito empezando por la izquierda es cinco y es seguido de, por lo menos, un dígito, añadir una unidad al segundo dígito y reemplazar por ceros a los restantes. Por ejemplo, si el valor obtenido fue 31 554, redondearlo a 32 000 y expresar como  $3,2 \times 10^4$ . Si el tercer dígito es cinco y no es seguido de otro (s) dígito (s) ó lo es únicamente por ceros, añadir una unidad al segundo dígito, si éste es impar; si es par ó cero conservarlo inalterado, ejemplo: 235 redondear a 240 y expresar como  $2,4 \times 10^2$ , 24 500 redondear a 24 000 y expresar como  $2,4 \times 10^4$ .

### **7.12.3 Presentación de resultados**

**7.12.3.1** Presentar el resultado como número, N, de unidades propagadoras UP de mohos y/o la respectiva potencia de 10). Las cifras significativas corresponden al primero y segundo dígitos (empezando por la izquierda) del número de las colonias calculadas (7.12.1).

**7.12.3.4** Si todas las placas sembradas presentan más de 150 colonias, calcular el resultado a partir de las placas sembradas con la dilución más alta y expresar de la siguiente manera:

f = factor de dilución (valor inverso de la dilución de la muestra).

$N_e$  de UP de mohos y/o levaduras/cm<sup>2</sup> o g = > al valor obtenido  $\times f$

Indicar entre paréntesis la dilución utilizada. Este resultado sirve como guía para decidir el número de diluciones que se han de realizar en ensayos posteriores y, la decisión de aceptación o rechazo de una partida de alimentos debe basarse solo en valores N.

## **8. PRECISIÓN DEL MÉTODO**

### **8.1 Repetibilidad del recuento de colonias y error personal.**

**8.1.1** Los resultados obtenidos por la misma persona al contar por segunda vez las colonias de una misma placa, no deben variar en más del 5% y del 10% cuando es realizado por otra persona.

**8.1.2** Por razones estadísticas, el intervalo de confianza para este método varía, en el 95% de los casos, desde  $\pm 16\%$  a  $\pm 52\%$ . En la práctica, es posible observar variaciones mayores, especialmente entre resultados obtenidos por diferentes analistas.

# **ANEXO E**

# **FOTOGRAFÍAS**

## ELABORACIÓN DEL PAN DE ALMIDÓN DE YUCA

- Cernido del Almidón de yuca



- Recepción de Ingredientes



- **Pesado de Ingredientes y aditivos**



- **Amasado**



- **Boleado**



- **Horneado**





- **Pan de almidón de yuca (Tratamientos + Control)**



- **Sellado (Fundas de celofán)**



## ANÁLISIS REALIZADOS

- **MIXOLAB SYSTEM (Previa humedad del almidón)**



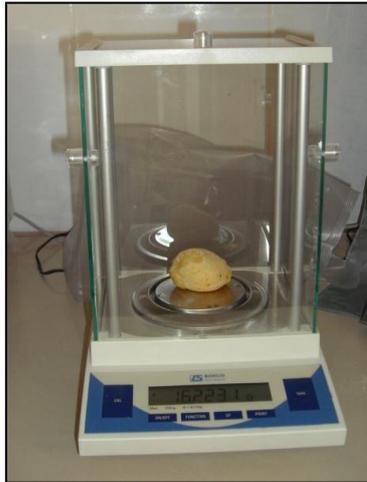
- **TEXTURÓMETRO BROOKFIELD**



- **ANÁLISIS SENSORIAL**



- **PÉRDIDA DE PESO**

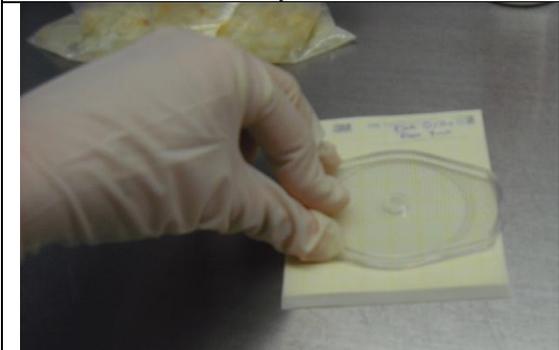
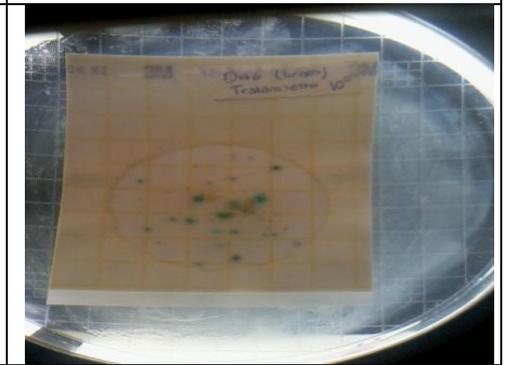
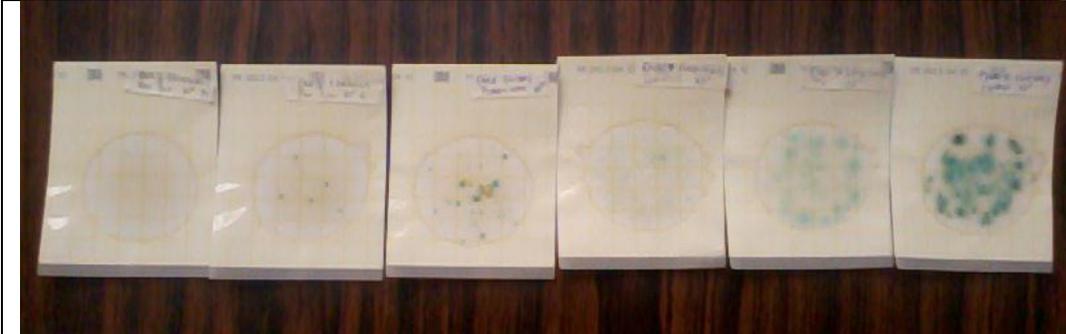


- **PÉRDIDA DE HUMEDAD**



- **ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**



Preparación de la muestra	Dilución
	
Siembra y Difusión	Incubación
	
Contaje	Crecimiento Microbiano
	
Conteo de las siembras para cada día	
	

- **ANÁLISIS SENSORIAL (MARCAS COMERCIALES)**

Horneo de pan de yuca (Tratamientos Comerciales y tratamiento a2b1)



Pan Facundo

Pan Real

Tratamiento a2b1



Muestras de los 3 Panes

Cataciones

