

# **Evaluación de cinco proporciones de harina de trigo con harina integral para la elaboración de Pan Francés Integral**

**Daniel Agustín Arias Pardo**

**Honduras**  
Diciembre, 2002

**ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**Evaluación de cinco proporciones de harina  
de trigo con harina integral para la  
elaboración de Pan Francés Integral**

Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria en el Grado  
Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**Daniel Agustín Arias Pardo**

Honduras  
Diciembre, 2002

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Daniel Agustín Arias Pardo

Honduras  
Diciembre, 2002

# **Elaboración de cinco proporciones de harina de trigo con harina integral para la elaboración de Pan Francés Integral**

presentado por:

Daniel Agustín Arias Pardo

Aprobada:

---

Edward Moncada, MAE.  
Asesor Principal

---

Claudia García, PhD.  
Coordinadora de la Carrera de  
Agroindustria

---

Raúl Espinal, PhD.  
Asesor

---

Antonio Flores, PhD.  
Decano Académico

---

Napoleón Pineda, PhD.  
Asesor

---

Mario Contreras, PhD.  
Director

## **DEDICATORIA**

Dedico todo este esfuerzo a Dios y a mis padres Kléber y Albita por bendecirme, por ser mi ejemplo, por darme su cariño, ese amor incondicional que pese a la distancia nunca se perdió y por hacer de mí lo que soy hoy.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por su amor y respaldo, por bendecirme y guiarme en cada segundo de mi vida.

A mis padres Kléber y Albita por su constante amor, cariño, apoyo, ejemplo, valores, ánimos y consejos, por ser mi mayor motivación e inspiración en cada paso de mi vida.

A mis hermanos Santiago, Ma. Belén, Emilio y Luisito por estar junto a mí, por darme ánimos, alegrías únicas y siempre hacerme sonreír.

A mis abuelitos, tíos, tías, primos y primas por sus oraciones y buenos deseos hacia mí.

A mis asesores Ing. Edward Moncada, Dr. Raúl Espinal y Dr. Napoleón Pineda por su paciencia, apoyo y consejos. Por su profesionalismo y exigencia al asesorarme.

A Marvin Funez por su valiosa colaboración en la elaboración del pan.

Al personal de la Repostería “El Hogar” por su valiosa colaboración en la elaboración del pan.

A todos mis compañeros de Agroindustria por su apoyo constante y ayuda en los análisis sensoriales.

A mis grandes amigos de Zamorano, por los momentos compartidos durante todos estos años.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A mis padres Kléber y Albita por su sacrificio infinito y constante para que yo pudiera terminar mis estudios superiores. Dios les pague y les Bendiga siempre.

Al Dr. Napoleón Pineda por su valiosa ayuda y colaboración al donar los ingredientes para este estudio.

## RESUMEN

Arias, Daniel. 2002. Evaluación de cinco proporciones de harina de trigo con harina integral para la elaboración de Pan Francés Integral. Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Zamorano, Honduras. 23p.

El pan es el alimento básico en la dieta diaria de las personas, pues éste brinda un sin número de nutrientes. Cuando se habla de pan francés, se piensa mucho en un pan pobre en nutrientes ya que su formulación básica está basada en harina, agua, sal y levadura. Sin embargo, a partir de esta formulación se puede lograr diferentes variedades según lo que le agreguemos o de la forma de hornear. Se elaboró pan francés integral con diferentes proporciones de harina blanca y harina integral, se evaluó por medio de un análisis sensorial afectivo el efecto en las propiedades sensoriales del pan al variar niveles de harina integral, en donde se encontró que el grado de aceptación fué mayor para las formulaciones que contenían harina blanca (HB) y harina integral (HI) en los siguientes porcentajes 90% (HB) y 10% (HI), 80% (HB) y 20% (HI). Las variables respuestas que determinaron el nivel de aceptación fueron sabor, apariencia, color, olor y textura del pan. Estas variables dieron como resultado el siguiente modelo de regresión  $Y = 0.34 + 0.05(\text{sabor}) + 0.17(\text{apariencia}) + 0.11(\text{textura}) + 0.29(\text{olor})$ , que se puede utilizar para medir el grado de aceptación de los consumidores. Se observó que los costos y el grado de aceptación reducen a medida que la proporción de harina integral aumenta en la formulación. Se recomienda elaborar el pan 80% harina blanca con 20% harina integral.

**Palabras clave:** análisis sensorial afectivo, modelo de regresión, variables respuesta.

---

Edward Moncada. MAE.

## **Nota de Prensa**

### **PAN FRANCÉS INTEGRAL UNA ALTERNATIVA NUTRITIVA**

El pan de trigo es parte de la dieta diaria en la mayoría de los hogares hondureños, este producto resulta mejor si se elabora con harina de trigo integral. En la actualidad, el uso y consumo de esta harina se ha incrementado debido a que presenta varias características y componentes nutricionales que durante el proceso de molienda no se separan.

El efecto de usar mezclas de harinas en la preparación de pan no es muy recomendable ya que provoca disminución en la elasticidad de la masa y por ende, en la capacidad de retención del gas producido por las levaduras, en la reducción del volumen y en la suavidad del pan.

En un estudio realizado en Zamorano en conjunto con la repostería “El Hogar” en Tegucigalpa, se evaluaron cinco proporciones de harina de trigo con harina integral para la elaboración de “Pan Francés Integral”. En el ensayo llevado a cabo entre noviembre de 2001 y enero de 2002, se encontró que las formulaciones utilizadas tienen un gran efecto en las variables sensoriales y en el grado de aceptación del pan.

Las variables sensoriales utilizadas en el estudio fueron: color, olor, textura, apariencia, aceptación y rechazo. También se determinó que el grado de aceptación del pan disminuye a medida que la proporción de harina integral aumenta en la formulación.

Los panes con mayor aceptación por los consumidores encuestados, fueron los formulados con 90% harina blanca y 10% harina integral al igual que los de 80% harina blanca y 20% de harina integral. Al realizar un análisis de costos marginal para las formulaciones anteriormente mencionadas, la mejor rentabilidad se obtuvo para el pan que contiene en su formulación 80% harina blanca y 20% harina integral.

---

Licda. Sobeyda Alvarez

## CONTENIDO

Portadilla.....		i
Autoría.....		ii
Página de firmas.....		iii
Dedicatoria.....		iv
Agradecimiento.....		v
Agradecimiento a patrocinadores.....		vi
Resumen.....		vii
Nota de prensa.....		viii
Contenido.....		ix
Índice de cuadros.....		xi
Índice de figuras.....		xii
Indice de anexos.....		xiii
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	General.....	2
1.1.2	Específicos.....	2
1.2	HIPÓTESIS.....	2
1.2.1	Hipótesis nula.....	2
1.2.2	Hipótesis alterna.....	2
<b>2.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	PARTES ESTRUCTURALES DEL GRANO DE TRIGO.....	3
2.1.1	Molienda.....	5
2.2	INGREDIENTES EN LA ELABORACIÓN DEL PAN.....	5
2.2.1	Harina de trigo.....	5
2.2.1.1	Harina integral.....	5
2.2.2	Sal.....	6
2.2.3	Azúcar.....	6
2.2.4	Agua.....	6
2.2.5	Manteca.....	7
2.2.6	Levadura.....	7
2.2.7	Huevo.....	7
2.2.8	Mejorante.....	7
2.3	PAN FRANCÉS.....	7
2.4	PAN INTEGRAL.....	8
2.5	EVALUACIÓN SENSORIAL.....	8
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>

3.1	LOCALIZACIÓN.....	10
3.2	INGREDIENTES.....	10
3.3	MAQUINARIA Y EQUIPO.....	10
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	11
3.4.1	Fuentes de variación.....	12
3.4.2	Análisis sensorial.....	13
3.5	PROCEDIMIENTOS DE ELABORACIÓN.....	14
3.5.1	Pesado.....	14
3.5.2	Mezclado y amasado.....	14
3.5.3	Pasteada y formadora.....	14
3.5.4	Fermentación y horneado.....	15
3.6	VARIABLES.....	15
3.6.1	Análisis estadístico.....	16
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
4.1	MONITOREO DE PROCESO.....	17
4.2	PROPIEDADES SENSORIALES.....	18
4.2.1	Sabor y color.....	18
4.2.2	Textura.....	18
4.2.3	Olor.....	18
4.2.4	Aceptación.....	19
4.3	ANÁLISIS MARGINAL PARA LAS FORMULACIONES 90% HB / 10% HI Y 80% HB / 20% HI.....	19
4.4	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS UTILIZADAS.....	20
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>21</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>23</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>24</b>

**INDICE DE CUADROS**

## Cuadro

1.	Partes anatómicas del grano de trigo.....	3
2.	Nutrientes contenidos en el endospermo.....	4
3.	Composición química del trigo.....	4
4.	Porcentaje de ingredientes formulados.....	9
5.	Tratamientos evaluados en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral para la elaboración de Pan francés integral.....	11
6.	Formulaciones utilizadas en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral para la elaboración de Pan francés integral.....	12
7.	Resultados de monitoreo de proceso en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral para la elaboración de Pan francés integral.....	15
8.	Resultados obtenidos en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral para la elaboración de Pan francés integral.....	16
9.	Análisis químico proximal de las harinas utilizadas en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral para la elaboración de Pan francés integral.....	18

## INDICE DE FIGURAS

### Figura

1. Variación del porcentaje de harinas y agua en cada uno de los tratamientos... 13
2. Flujo de proceso del pan francés en la Repostería “El Hogar” ..... 15

**INDICE DE ANEXOS**

## Anexo

1.	Hoja de evaluación sensorial orientada al consumidor.....	25
2.	Análisis Marginal formulación B.....	26
3.	Análisis Marginal formulación C.....	27
4.	Información utilizada para el Análisis Marginal.....	28
5.	Resumen de análisis estadístico realizado con SAS® .....	30
6.	Resultado de regresión lineal realizada en SAS® .....	37

## 1. INTRODUCCIÓN

La harina de trigo es una de las harinas más usadas en la producción de pan, de ella depende la calidad del mismo, la calidad de la masa es superior mientras mayor sea el contenido de proteína en la harina, logrando una masa elástica y esponjosa, regulando su capacidad para contener gas (CO<sub>2</sub>).

El pan francés es reconocido como el pan básico por excelencia, existe en el mercado una amplia variedad de tipos del mismo, siendo considerado además como un producto nutritivo por la aportación de ingredientes como huevo, manteca, azúcar, etc., contenidos en su formulación. Dentro de ésta amplia gama se encuentra el pan francés integral, el cual requiere de la adición de agentes complementarios que mejoran sus características sensoriales.

El pan integral está constituido por harina que mantiene parte de la integridad del grano de trigo del cual se origina, lo que le confiere mayor valor nutritivo por las aportaciones del germen, del salvado y de los minerales que no han sido separados durante el proceso de molienda. Asimismo, durante el proceso de mezclado el contenido de éstos elementos aumenta en la masa su capacidad de absorber agua.

Elaborar un pan francés completamente de harina integral presenta ciertas dificultades técnicas, entre ellas la agregación de la masa durante el proceso y la poca aceptación en el mercado por sus características sensoriales, siendo así, que actualmente el pan francés es elaborado con una mezcla de harina blanca de trigo y harina integral del mismo grano, variando en su proporción, para lograr una masa con características adecuadas de esponjosidad y elasticidad, así como un producto aceptable por el consumidor.

Es de ésta manera, que conjuntamente la Carrera de Agroindustria de Zamorano y la Repostería “El Hogar” efectuaron un estudio para determinar una formulación adecuada al nivel tecnológico de la empresa en mención y que gozara de aceptación entre los consumidores, evaluando para ello cinco proporciones propuestas por el investigador.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 General**

Elaborar pan francés integral con diferentes proporciones de harina de trigo blanca y harina de trigo integral.

### **1.1.2 Específicos**

1. Evaluar el efecto de la proporción de harina blanca de trigo y harina de trigo integral en las propiedades sensoriales.
2. Determinar una formulación para el pan francés integral.
3. Evaluar la calidad de las harinas usadas.

## **1.2 HIPÓTESIS**

### **1.2.1 Hipótesis nula**

La adición de harina integral no afecta significativamente las propiedades sensoriales del pan francés integral.

### **1.2.2 Hipótesis alterna**

La adición de harina integral afecta significativamente las propiedades sensoriales del pan francés integral.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 PARTES ESTRUCTURALES DEL GRANO DE TRIGO

El trigo es el cultivo más importante del mundo en la industria panadera, el cual es molido para la obtención de harinas y elaboración de pan y otros productos alimenticios.

Las proteínas que contiene la harina de trigo en su estructura favorecen la formación de masa con características de elasticidad y esponjosidad deseables para la elaboración de pan. Harinas que proceden de otros cereales como maíz, cebada, arroz, centeno, avena, etc., contienen proteínas en la misma o mayor proporción que el trigo, sin embargo, la proteína insoluble que contiene el grano de trigo y en cantidades importantes tiene la peculiar característica de que al combinarse con el agua forman el gluten; sustancia elástica y consistente que proporciona las características y estructura del pan (Baking Center, s.f.).

Según Baking Center (s.f), el grano de trigo esta formado por tres partes anatómicas incluidas también en la harina integral (Cuadro 1), constituyendo el endospermo alrededor del 83% del peso total del grano, siendo éste el centro almidonoso del mismo.

El endospermo consiste esencialmente de celdas de almidón contenidas en una matriz de proteína y algunas sustancias similares al azúcar (Cuadro 2). Es partir de éste elemento del cual se obtiene la harina blanca.

Cuadro 1. Partes anatómicas del grano de trigo.

<b>Parte Anatómica</b>	<b>Porcentaje del peso total del grano de trigo (%)</b>
Germen o embrión	2.50
Afrecho o salvado	14.50
Endospermo	83.00

Fuente: Baking Center (s.f.).

Cuadro 2. Nutrientes contenidos en el endospermo.

<b>Nutrientes</b>	<b>Porcentaje contenido (%)</b>
Proteína	70 – 75
Acido pantoténico	43
Riboflavina	32
Niacina	12
Piridoxina	2
Tiamina	3

Fuente: Baking Center (s.f.).

La composición química del trigo no es uniforme debido a que el mismo se cultiva bajo diversas condiciones climatológicas y edáficas, no obstante, es poco común encontrar grandes diferencias en composición en muestras diferentes de trigo, de tal manera que se ha estimado una composición química promedio de los mismos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición química del trigo.

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	11%
Carbohidratos	70.2%
Proteínas	12.6%
Fibra cruda	2.3%
Grasa cruda	2.1%
Minerales o cenizas	1.8%

Fuente: Baking Center (s.f.)

Los carbohidratos comprenden la mayor porción del grano de trigo (Cuadro 3), principalmente en forma de almidón y en cantidades menores como dextrinas y azúcar. Así también, se encuentran en el endospermo proteínas que representan alrededor del 75% del contenido total de proteínas del grano, participando de éste total de proteínas la glutenina y gliadina en iguales proporciones. El resto del contenido proteico del grano se encuentra presente en el salvado (aprox. 17%) y en el germen (aprox. 8%).

Al combinarse las proteínas con agua y por la acción del mezclado, forman el gluten, el cual forma en la masa una red tridimensional que retiene los gases producidos durante la fermentación, además de brindar a los productos de trigo la consistencia de textura que los hace particulares frente a los productos elaborados a partir de otros cereales.

Las harinas almacenadas en condiciones de temperatura y humedad altas se deterioran y pierden su calidad de panificación, por lo que las masas hechas a partir de éstas harinas carecen de extensibilidad, se rasgan fácilmente, exhiben poca retención de gas, además de presentar poco sabor y comestibilidad en el producto horneado (Baking Center, s.f.).

### **2.1.1 Molienda**

El proceso más antiguo de molienda es el que se realiza con piedra de moler. El sabor característico de esta harina es, sin duda, debido a la presencia de germen, sugiriéndose además que el calentamiento que se produce en la molienda contribuye a la distribución de sustancias volátiles que originan el sabor, pues la harina es una sustancia muy susceptible para captar sustancias volátiles con sabor y olores ajenos (Bennion, 1970).

Según Baking Center (s.f.), el proceso de la molienda del grano de trigo tiene dos objetivos primordiales:

- a. Separar y remover tanto como sean posible las diferentes capas de salvado que cubren el grano y al germen del endospermo.
- b. Obtener la máxima extracción del endospermo del grano sin tener una cantidad excesiva de almidón dañado.

Para lograr tales objetivos el grano de trigo pasa por diferentes etapas que son: limpieza, acondicionamiento, rodillos trituradores y rodillos moledores, todas estas etapas tiene el mismo grado de importancia.

## **2.2 INGREDIENTES EN LA ELABORACIÓN DEL PAN**

### **2.2.1 Harina de trigo**

De acuerdo con Bennion (1970), la principal función de la harina, además de aportar azúcar y otros alimentos a la levadura, es formar con el agua una masa elástica que retenga el gas producido por la fermentación, estando ésta capacidad de la masa muy supeditada a la cantidad y calidad del gluten que contiene.

Según Baking Center (s.f.), por las propiedades y características de las proteínas que contiene la harina, la hacen indispensable para la formación de la masa, ya que la proteína insoluble que contiene el grano de trigo y en cantidades importantes tiene la peculiar característica de que al combinarse con el agua forman el gluten; red visco-elástica y consistente que proporciona las características y estructura del pan.

**2.2.1.1 Harina integral.** Según Pineda (1999), cuando se muele completamente el grano de trigo, incluyendo el salvado, el endospermo y el germen, se produce lo que se llama harina integral. Siendo la popularidad de la harina integral creciente ya que permite la elaboración de una gran variedad de productos

La harina integral de primera calidad contiene porcentajes mayores de proteína que una harina blanca de primera calidad. En la harina integral el valor nutritivo se debe a los aportes de proteína, vitaminas y minerales tanto del salvado como del germen. La harina integral requiere un tratamiento especial en el momento de iniciar el proceso de elaboración del pan, tales como la adición de más levadura para vencer el exceso de peso que produce el salvado, logrando así un incremento en el volumen. También se le agregan ingredientes tales como miel, azúcar morena o melaza, para otorgarle un gusto especial y compensar el sabor un tanto amargo de la harina.

Según Pomeranz (1988), en los últimos años ha incrementado el consumo de harina integral para la elaboración de pan, debido a la contribución benéfica de la fibra de los cereales a la salud humana. Está demostrado que agregar harina integral a los panes causa un efecto detrimental significativo en las propiedades funcionales de la masa, disminuyendo la esponjosidad y el volumen del producto horneado, una posible razón es el incremento en la proporción de germen en la masa.

### **2.2.2 Sal**

Es un ingrediente importante para la panificación y debe poseer las siguientes características: granulación muy fina, fácil solubilidad en agua. Como efectos prácticos de la sal durante y después de la elaboración de la masa se pueden decir que regula la fermentación de las masas, fortalece y estabiliza la proteína de la harina, dando mejor granulación y color más blanco a la miga, resalta el sabor y aroma del pan y mejora la densidad, elasticidad y consistencia del gluten (Baking Center, s.f.).

### **2.2.3 Azúcar**

De acuerdo con Bennion (1970), el azúcar también es un ingrediente importante para la panificación pues ésta es alimento para la levadura permitiendo la acción de las enzimas y por ende la formación de gas (CO<sub>2</sub>) durante la fermentación lo que permite que la masa sea elástica y esponjosa proporcionando mayor suavidad al producto.

El azúcar también contribuye a una rápida formación de la corteza debido a la caramelización, permitiendo temperaturas bajas de horneado, más rápida cocción y mayor cantidad de agua retenida en el producto final.

### **2.2.4 Agua**

El agua disuelve los ingredientes, hidrata los almidones de la harina y levaduras, hace posible la formación del gluten, da consistencia a la masa, controla la temperatura de la masa final y da rendimiento además de impartir frescura al pan (Baking Center, s.f.).

### **2.2.5 Manteca**

Se le asigna como principal característica en la fabricación de pan, su poder lubricante y enriquecedor como alimento. Reduce la fricción durante el amasado, facilitando la incorporación de todos los ingredientes; además forma una capa que cubre la miga del pan, reteniendo la humedad y aumentando la vida fresca del mismo, debido a que la manteca no se pierde por la temperatura del horno, ni durante la fermentación; por lo cual se encontrará íntegra en el producto final.

Sus funciones son de vital importancia ya que aumenta el valor nutritivo del pan, retiene humedad y reduce la fricción, mejora el aroma y sabor del pan, así como mejora la textura de la miga y de la corteza (Baking Center, s.f.).

### **2.2.6 Levadura**

Bennion (1970) indica que la levadura realiza dos funciones en la masa: produce gas (CO<sub>2</sub>) que esponja la masa y el pan terminado y la otra es ayudar a la maduración o acondicionamiento de la masa. El mecanismo de producción de gas es la conversión del azúcar en anhídrido carbónico y alcohol (etanol), y es necesario considerar brevemente el papel que juega la harina en la estructura de la masa.

### **2.2.7 Huevo**

Actúa como enriquecedor y saboreador, impartiendo alto valor alimenticio al pan, proporciona textura, suavidad y ayuda a la estructura dando volumen y color a la corteza, por su poder emulsificante estabiliza la mezcla de agua y manteca. El efecto de incorporar huevos a la masa es similar al conseguido con la lecitina, y se debe a la presencia de lecitina emulsionada en la yema, además la albúmina y la grasa modifican el gluten, utilizando huevos se puede conseguir más volumen (Baking Center, s.f.).

### **2.2.8 Mejorante**

Según Bennion (1970), se utilizan mucho para mantener constante la capacidad de absorción de agua de las harinas, influyen en la elasticidad y estabilidad de la masa y produce una miga más fina.

## **2.3 PAN FRANCÉS**

Conforme a lo indicado por Sultan (1990) se detalla a continuación algunas de las características del pan francés. Los panes “Baguettes” son el tipo más popular del pan consumido en la mayoría de los países de habla francesa. Además de Francia, muchos países africanos consumen variedades del pan francés y en países como Estados Unidos y otros países de habla inglesa su popularidad ha aumentado.

La harina usada habitualmente es una mezcla de harina de trigo con una fuerza moderada con un contenido de proteína de 11% y de buena calidad. Esta harina debe rendir una masa con buena extensibilidad y con una absorción de 60 a 62% de agua. La fuerza de la masa basada en la calidad de gluten es necesaria para retener la mayor cantidad de gas y obtener un buen volumen durante la hornada. La temperatura del agua debe ser fría y proveer a la masa temperaturas aproximadas de 25 °C (Sultan, 1990).

Sultan (1990), indica que usualmente los niveles de levadura son de 2% o menores en climas o ambientes calientes y húmedos. Las masas para baguettes son mezcladas en dos velocidades, la primera etapa es en baja velocidad (40 rpm) por 3 a 4 minutos, la segunda etapa es en segunda velocidad (90 rpm) por 15 a 20 minutos, dependiendo de la harina y de la temperatura de la masa.

La absorción de agua variará con la calidad de la harina y la temperatura del agua. La compresión de los rodillos extiende la masa en forma delgada y amplía la estructura del gluten. Algunos panaderos permiten que la masa se relaje después de la primera etapa de mezcla por 10 a 15 minutos antes de someter la masa a la mezcla en segunda velocidad (Sultan, 1990).

Cuando los “baguettes” son horneados se inyecta el vapor antes de que los panes sean colocados en el horno. El vapor permite que el pan adquiera un buen volumen y que la corteza quede quebradiza. Algunos panaderos utilizan hornos sin inyección de vapor, ellos pueden rociar los panes con agua utilizando un dispositivo spray, pueden también cepillar la superficie de la masa ligeramente con agua antes de colocar los panes en el horno. Panaderías más modernas tienen hornos donde la inyección es directa a la masa durante el horneado (Sultan, 1990).

## **2.4 PAN INTEGRAL**

La masa elaborada con harina integral posee características indeseables, ya que afecta a su esponjosidad y al volumen del producto horneado. Una posible razón es el incremento en la proporción de germen en la masa, lo cual podría estar relacionado con la excesiva cantidad de glutanión. El principal efecto funcional de este constituyente parece ser la modificación de las proteínas del gluten resultando en una reducción de los puentes de azufre, que son los que proveen la elasticidad y cohesividad a la masa (Bennion, 1970).

## **2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL**

Lawless (1997) indica que el principio central para toda evaluación sensorial está en que el método de la prueba debe corresponder a los objetivos de la prueba, de manera que para satisfacer esta meta es necesario tener comunicación clara entre el encargado de la prueba sensorial y el cliente final. A menudo es necesario hacer una pregunta importante si existe o no existe diferencia entre los productos, si es así, se lleva a cabo una prueba de discriminación. La pregunta generalmente encierra el gusto del consumidor en si prefiere

el producto nuevo o el de la versión anterior. Una prueba de aceptación de los consumidores es necesaria.

Las evaluaciones sensoriales comprenden un conjunto de técnicas que están acordes a las respuestas humanas para alimentos y minimizar el potencialmente basando los efectos de la identidad de la marca de fábrica y de otras influencias de la información en la opinión del consumidor.

Las evaluaciones sensoriales han sido definidas como un método científico usado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos percibidos con el sentido de la vista, olfato, tacto, gusto y auditivo (Stone y Sidel, 1993) citado por (Lawless, 1997).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

La preparación de las formulaciones y la elaboración del pan francés integral se realizó en la Repostería “El Hogar”, en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras. También se efectuaron evaluaciones sensoriales en dicha Repostería y en las instalaciones de Zamorano.

#### 3.2 INGREDIENTES

Para el desarrollo del ensayo se utilizaron los ingredientes citados en el Cuadro 4, en los porcentajes correspondientes a cada uno de ellos. La diferencia de las formulaciones evaluadas consistió en la variación de las proporciones de harina blanca y harina integral en cada una de ellas.

Cuadro 4. Porcentajes de ingredientes formulados.

<b>Ingrediente</b>	<b>Porcentaje formulado (%)</b>
Harina blanca	100, 90, 80, 65, 50
Harina integral	0, 10, 20, 35, 50
Agua	60
Sal	2
Levadura instantánea roja	1.6
Huevos	1
Manteca	6
Azúcar	2
Mejorante S-500	1

#### 3.3 MAQUINARIA Y EQUIPO

El total de la maquinaria y equipo empleados para el estudio es propiedad de la Repostería “El Hogar”, siendo el siguiente:

- Horno Rotomini.
- Cámara de fermentación.
- Amasadora.
- Moldeadora.

- Sobadora pastelera.
- Carros giratorios.
- Bandejas onduladas.

La línea de proceso que se tomó como referencia para las pruebas efectuadas se basó en el flujo de proceso utilizado por la Repostería “El Hogar” (Figura 1) para la producción de pan “Baguette”. Las cantidades utilizadas de ingredientes se muestran en el Cuadro 6.

Antes de comenzar con la mezcla de los ingredientes se tomó la temperatura de las harinas con el fin de determinar la temperatura adecuada del agua para el proceso. Una vez obtenida esta temperatura se procedió a mezclar las harinas, manteca, sal, huevos, azúcar, mejorante y levadura por siete minutos. Al obtener una masa suficientemente elástica y con buenas características se inició con la pasteada logrando extender la masa para ser cortada manualmente antes de colocarla en la moldeadora, en donde fue pesada, cortada y formada a manera de bollo de pan con un peso de 0.09 kg.

La masa cortada, pesada y formada fue transferida a la cámara de fermentación donde permaneció por 51 minutos a 44 ° C. Una vez que el bollo obtuvo el volumen requerido se trasladó al horno rotatorio con inyección directa de vapor por 15 segundos, para ser sometido a cocción durante 15 minutos a 225 °C. Por último, el producto se retiró del horno y se dejó enfriar para ser utilizado en la degustación del mismo durante las pruebas de aceptación.

### **3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, tomando como bloque los cuatro días en que se ejecutaron las pruebas. Se evaluaron cinco tratamientos los que fueron distribuidos al azar (Cuadro 5). Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones evaluando las variables siguientes:

- Sabor del pan.
- Apariencia del pan, que envuelve el color y la textura del pan.
- Olor del pan.
- Aceptación del pan.

### 3.4.1 Fuentes de variación

Cuadro 5. Tratamientos evaluados en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral para la elaboración de Pan francés integral.

<b>Bloque</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>
<b>1</b>	A	B	C	D	E
<b>2</b>	B	C	D	E	A
<b>3</b>	C	D	E	A	B
<b>4</b>	D	E	A	B	C

Los tratamientos utilizados de harina de trigo blanca (HB) con harina integral (HI) respectivamente son: A: 100% (HB), B: 90 (HB) y 10% (HI), C: 80 (HB) y 20% (HI), D: 65 (HB) y 35% (HI) y E: 50 (HB) y 50% (HI).

Durante la evaluación de las proporciones de las harinas, la cantidad de agua varió de acuerdo con la proporción de harina integral utilizada (Figura 1 y Cuadro 6). Los otros ingredientes (sal, azúcar, mejorante, huevos y levadura) no variaron ya que sus porcentajes son estándares de la formulación. El aumentar o disminuir sus porcentajes en la formulación causaría efectos indeseables en la masa y en el producto final. Se utilizó como mejorante el S-500 en polvo de la casa Puratos que es muy utilizado en masas fermentadas.

Cuadro 6. Formulaciones utilizadas en el estudio de estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral para la elaboración de Pan francés integral.

<b>FÓRMULA (kg)</b>					
<b>Ingrediente</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Harina blanca	5.7	5.1	4.6	3.7	2.85
Harina integral		0.6	1.1	2	2.85
Agua	3.6	3.5	3.7	3.7	3.8
Sal	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114
Levadura	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Azúcar	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114
Manteca	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Huevos	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Mejorante S-500	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

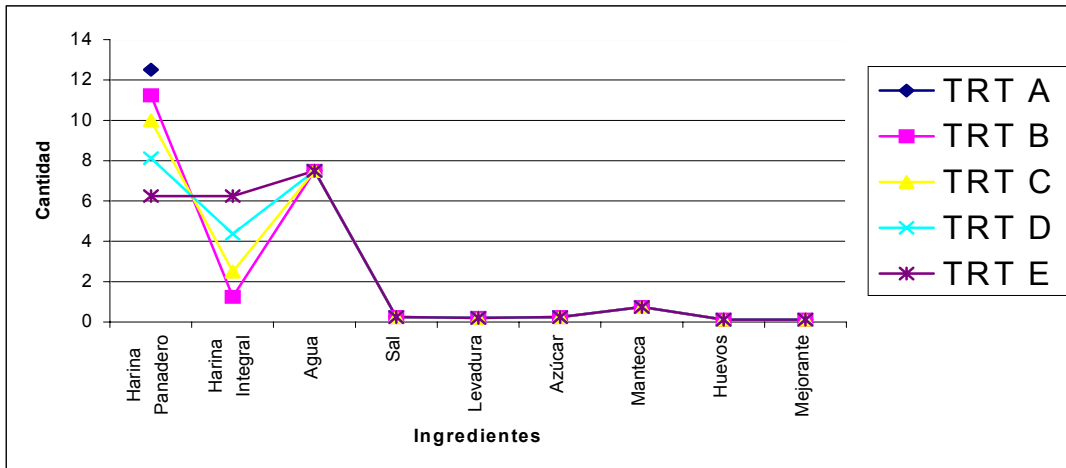


Figura 1. Variación del porcentaje de harinas y agua en cada uno de los tratamientos.

Los porcentajes de harinas y del agua fueron los únicos que variaron, aunque éstos últimos en cantidades insignificantes, ya que se añadía agua durante la mezcla hasta que la masa presentaba una buena elasticidad y estabilidad. Los otros ingredientes se mantuvieron constantes para todos y cada uno de los tratamientos.

### 3.4.2 Análisis sensorial

La metodología utilizada fué un análisis afectivo, mismo que se realizó con clientes de la Repostería “El Hogar” y con estudiantes de Zamorano el día de la elaboración de cada uno de los tratamientos. El número de personas encuestadas se determinó basándose en lo mencionado por Resurreccion (1998), en donde recomienda que para un análisis sensorial afectivo se debe encuestar de 100 a 300 personas sin previo entrenamiento, razón por la cual en este caso 381 personas fueron encuestadas. Cada tratamiento se codificó y se hizo preguntas de aceptación y de rechazo.

En la evaluación de preferencia se le solicitó al encuestado que escogiera entre las muestras la que más le gustaba mediante una encuesta (Anexo 1). La evaluación de aceptación fué acondicionada para determinar el grado de aceptación de los consumidores al producto con respecto a sus características (olor, color, apariencia y textura).

La encuesta dirigida al consumidor se diseñó con escalas para cada una de las variables estudiadas, dándole así al consumidor la opción de escoger la que le pareciera adecuada.

Para la variable sabor se empleó la escala de 1 a 3, siendo 1= dulce, 2= salado y 3 = amargo. En el caso de la apariencia, ésta fué dividida en dos características color y textura, cada una con su respectiva escala, siendo para el color: 1= bueno, 2= aceptable, 3= malo y para la textura: 1= húmedo suave y 2= seco duro.

En cuanto a la variable olor se utilizó la siguiente escala: 1= agradable y 2= desagradable. Por último para la variable aceptación o rechazo la escala fué: 1= prefiero y 2 = rechazo.

### **3.5 PROCEDIMIENTOS DE ELABORACIÓN**

Para la elaboración del pan se siguió el flujo de proceso establecido en la línea de producción del pan “Baguette” de la Repostería “El Hogar” (Figura 2), con la diferencia que se evaluaron distintos tiempos y se utilizaron algunos ingredientes adicionales (Cuadro 6).

#### **3.5.1 Pesado**

Se pesaron en kilogramos los ingredientes de los cinco tratamientos horas antes de comenzar la elaboración de los mismos. Para este procedimiento se tomó el peso de las harinas como el 100% de la formulación y basado en este peso se determinó el de los otros ingredientes según el porcentaje establecido en la formulación.

Durante el pesado de los ingredientes se tomaron las temperaturas de las harinas para determinar la temperatura del agua, evitando así recalentamiento de la masa. Esta determinación se efectuó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Temperatura del agua} = 63^{\circ} \text{C} - \text{temperatura } (^{\circ}\text{C}) \text{ de la harina}$$

#### **3.5.2 Mezclado y amasado**

Los ingredientes fueron mezclados y amasados mecánicamente. Para cada tratamiento se realizó una mezcla, primero las harinas de trigo blanca e integral con sal, levadura, azúcar, manteca, huevos y mejorante. La cantidad de agua usada para cada tratamiento dependió de la capacidad de absorción de la harina integral y se fue agregando durante el tiempo en que los ingredientes secos se mezclaban.

Los tiempos variaron de acuerdo a la cantidad de agua añadida, empezando siempre con dos minutos en primera velocidad y después con cinco minutos en segunda velocidad. Cuando la masa requería un tiempo adicional en la mezcla se daba un minuto en segunda velocidad, hasta lograr elasticidad en la masa.

#### **3.5.3 Pasteada y formadora**

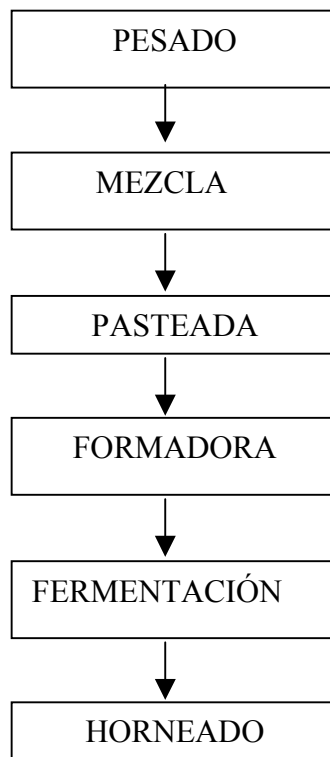
Se realizó mecánicamente con una pasteadora marca Argental, con el propósito de lograr una extensión de la masa. Un problema que existe con este paso del flujo es que las levaduras pueden perder la capacidad de producir gas por el efecto que causa el extender la masa mecánicamente. La masa pasó por el rodillo de la pasteadora en promedio 17 veces.

La formadora permite que la masa extendida en la pasteadora pueda ser cortada, pesada y formada de acuerdo a la calibración hecha antes de su uso, cada bollo fue de 0.09 kilogramos, con un rendimiento promedio de 120 unidades por tanda.

### 3.5.4 Fermentación y horneado

Ésta operación se realizó en una fermentadora de vapor por un tiempo promedio de 53 minutos a 44 °C. Este tiempo varió dependiendo la calidad de la masa. El horneado fue a 225°C durante un tiempo promedio de 16.5 minutos, en este paso del proceso se inyectó vapor a los bollos en el interior del horno por 15 segundos.

Figura 2. Flujo de proceso del pan francés en la Repostería “El Hogar”.



### 3.6 VARIABLES

Las variables que se estudiaron fueron: sabor, apariencia, color, olor y textura del pan francés integral, con paneles sensoriales no entrenados por lo que se utilizó un análisis sensorial afectivo.

### **3.6.1 Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existieron diferencias estadísticas significativas en las características sensoriales de los cinco tratamientos. Se utilizó la prueba de separación de medias Tukey para discriminar entre los tratamientos, empleando para ello el programa computacional SAS<sup>®</sup> “Statistical Analysis System”, a un nivel de significancia de 0.05. Asimismo, mediante dicho programa se realizó un análisis de regresión para obtener un modelo que estimara el grado de aceptación basado en la escala utilizada en el estudio, al nivel de significancia antes mencionado.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 MONITOREO DE PROCESO

Para la estandarización del proceso se elaboró un cuadro resumen de parámetros inherentes al ensayo (Cuadro 7). Esto se originó debido a que al elaborar el tratamiento A (100% harina blanca o HB) se obtuvo, por dificultades técnicas y cognitivas, un pan de superficie arrugada causada por el calentamiento mecánico de la masa durante la mezcla y el exceso de tiempo de fermentación de la masa.

Durante las pruebas realizadas para este estudio, se llevó un monitoreo continuo del proceso de elaboración del pan, con la finalidad de seguir el mismo procedimiento y estandarizar el proceso evitando lo ocurrido la primera semana con el tratamiento A.

En dicho cuadro se detallaron las temperaturas de agua, harinas, masa, fermentación y horneado, el tiempo normal y adicional de las velocidades de amasado, la cantidad de agua adicional para cada tratamiento, el número de veces que la masa paso por la pastadora, así como la cantidad de bollos obtenidos por tanda. Tales resultados pueden ser utilizados como referencia al momento de reproducir cualesquiera de los cinco tratamientos.

Cuadro 7. Resultados de monitoreo de proceso en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral para la elaboración de Pan francés integral.

Parámetros	TRATAMIENTO				
	A	B	C	D	E
T° del agua	19.5°C	22°C	21°C	21°C	21.4°C
T° harina blanca	26°C	23°C	24°C	23.5°C	24°C
T° harina integral		24°C	24°C	24.2°C	23°C
Total tiempo amasado	7 min	6.75 min	9 min	7.5 min	8.5 min
Agua adicional	0.22 kg	0.14 kg	0.26 kg	0.28 kg	0.4 kg
T° de la masa	26°C	24°C	25°C	24.4°C	25.3°C
Numero de pasteadas	19	17	18	17	15
Cantidad de bollos	119	119	126	124	130
T° del horno	225°C	225°C	225°C	225°C	225°C
T° de la fermentadora	44°C	44°C	44°C	44°C	44°C
Tiempo de horneado	16.5 min	17.75 min	17.5 min	16.75 min	17 min
Inyección de vapor	0.25 min	0.25 min	0.25 min	0.25 min	0.25 min

## 4.2 PROPIEDADES SENSORIALES

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el ANDEVA, se determinó que existen diferencias ( $P < 0.0001$ ) para las variables sabor, color, olor y aceptación (Anexo 6), por lo que se desarrolló una prueba múltiple de medias para determinar los tratamientos mejor ponderados de acuerdo a las variables en mención (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados obtenidos en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca e integral en la elaboración de Pan francés integral.

FORMULA (%)	SABOR	COLOR	TEXTURA	OLOR	ACEPTACIÓN
100 HB	1.57 a	1.52 a	1.28 a	1.06 a	1.17 a
90 HB 10 HI	1.68 a	1.46 a	1.33 a	1.08 a	1.12 a
80 HB 20 HI	1.69 ab	1.46 ab	1.32 a	1.09 a	1.17 a
65 HB 35 HI	1.79 bc	1.60 bc	1.36 a	1.15 b	1.29 b
50 HB 50 HI	1.88 c	1.65 c	1.37 a	1.17 b	1.32 b
ANDEVA	**	**	n.s.	**	**
C.V. (%)	43.68	45.02	38.03	31.84	38.71

abc Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ).

HB es harina blanca y HI es harina integral, y los números que anteceden a éstas son las proporciones expresadas en porcentajes.

### 4.2.1 Sabor y color

Según la información presentada en el cuadro 8, el consumidor no discrimina el pan por su sabor o color en las formulaciones con 100% HB, 10 y 20% de HI, aunque sí lo hace notablemente para la formulación con 50% HI, la cual recibió la ponderación de menor aceptación dentro del grupo de tratamientos evaluados al nivel de significancia ( $P > 0.05$ ). Esto se debe primordialmente porque a mayor contenido de HI, el pan presenta un sabor un tanto amargo y un color oscuro rechazado por el consumidor.

### 4.2.2 Textura

No se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en lo que respecta a la aceptación del pan por su textura.

### 4.2.3 Olor

El olor fue ubicado por los consumidores en la categoría de agradable en las formulaciones de 100% HB, 10% HI y 20% HI, presentando medias más cercanas a la

escala utilizada para ésta variable y no existiendo discrepancia estadística entre las mimas ( $P>0.05$ ). Relegadas a segundo término quedaron las formulaciones con 35% y 50% HI.

#### **4.2.4 Aceptación**

El grado de aceptación fué igual para las formulaciones 100% HB, 10% HI y 20% HI ( $P>0.05$ ). En otros términos, el consumidor aceptó con el mismo agrado el pan formulado con las distintas proporciones de harina mencionados anteriormente. De esta manera, las formulaciones 35% HI y 50% HI fueron categorizadas por el consumidor como inferiores respecto a las formulaciones con mayor contenido de HB.

El modelo de regresión lineal que resultó al evaluar las variables con las escalas utilizadas en el estudio fue:

$$Y = 0.34 + 0.05(\text{SABOR}) + 0.17(\text{APARIENCIA}) + 0.11(\text{TEXTURA}) + 0.29(\text{OLOR})$$

La ecuación anterior indica que el grado de aceptación (Y) del producto obedece a la influencia similar de las variables sabor, apariencia, textura y olor ( $P<0.001$ ), ecuación que puede ser utilizada para estimar la aceptación del pan “Baguette” siempre y cuando se utilice la misma escala empleada en el presente estudio.

### **4.3 ANÁLISIS MARGINAL PARA LAS FORMULACIONES 90% HB / 10% HI Y 80% HB / 20% HI**

Se realizó una comparación de costos por medio de un análisis marginal, para los dos mejores tratamientos (90% HB con 10% HI y 80% HB con 20% HI) para elaborar una tanda de 119 y 126 panes respectivamente (Anexos 2 y 3).

Los costos de ingredientes y mano de obra, se utilizaron para obtener el costo total por cada tipo de pan (según su formulación) que fue posteriormente dividido dentro del número de unidades elaboradas por tanda para obtener así el costo unitario de los mismos, al cual se le adicionó 5, 10 y 15% de margen de utilidad para determinar de esta manera el precio unitario correspondiente a cada formulación.

Se adjudicaron precios unitarios de 5, 6 y 7 lempiras por unidad (respectivamente para cada formulación), lo que multiplicado por el número de unidades producidas por tanda arrojó el ingreso bruto al cual se le restó el costo total obteniendo así la utilidad bruta por formulación (Anexos 2 y 3).

El margen de contribución se obtuvo de la diferencia del precio unitario con el costo unitario y su rentabilidad se obtuvo a partir de la relación de la utilidad bruta con el costo total.

Al definir el precio con base en incrementos porcentuales de 5, 10 y 15% sobre los costos marginales de producción, tanto en el pan formulado con 90% HB y 10% HI como el 80%

HB y 20% HI se genera la misma rentabilidad. Aunque al definir los precios, el pan de la formulación C resulta más barato y de mayor rentabilidad.

A juzgar por el análisis marginal efectuado para la formulación 80% HB y 20% HI se puede observar que existe un costo de mano de obra superior respecto a la formulación 90% HB y 10% HI, lo que se debe principalmente a que existe un mayor requerimiento de tiempo para el proceso de fermentación a causa de la adición de la harina integral.

A pesar de esta contrariedad, la formulación 80% HB y 20% HI resulta más rentable (Anexo 2 y 3).

En este análisis no se tomaron en cuenta gastos de producción, gastos de venta y administrativos, de otra forma la rentabilidad obtenida sería distinta.

#### 4.4 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS UTILIZADAS

Con el objetivo de evaluar la calidad de las harinas utilizadas durante el estudio se realizó un análisis químico proximal, obteniendo los siguientes resultados:

Cuadro 9. Análisis químico proximal de las harinas utilizadas en el estudio de diferentes proporciones de harina blanca y harina integral para la elaboración de Pan francés integral.

<b>Muestra</b>	<b>Harina Integral</b>	<b>Harina Blanca</b>
Humedad	10.95	12.34
Materia seca	89.05	87.66
Materia orgánica	85.87	87.0
Cenizas	3.18	0.66
Proteína cruda	15.45	14.48
Extracto etéreo	2.59	1.45
Fibra cruda	4.96	0.20
Extracto libre de N	62.87	70.87

Contrastando los resultados del análisis químico proximal, se denota que existe cierta similitud en la composición de la harina integral y la harina blanca. Sin embargo, los resultados indican el beneficio nutritivo superior que tiene la harina integral respecto a la harina blanca por su mayor contenido de proteína cruda y fibra cruda. Ambos fueron elementos importantes en las formulaciones utilizadas en el presente estudio.

## 5. CONCLUSIONES

En general existe mayor aceptación del pan “Baguette” mientras menor es el contenido de harina integral en su formulación.

La formulación 80% harina blanca con 20% harina integral es la mejor, por su aceptación y rentabilidad económica respecto a las otras formulaciones evaluadas.

Las propiedades sensoriales del pan francés integral fueron afectadas cuando el porcentaje de harina integral en la formulación era mayor que 20%.

La harina integral tiene mayor contenido de proteína y fibra cruda comparado con la harina blanca.

La cantidad y la temperatura del agua empleada fueron factores fundamentales en la elaboración del pan elaborado con las formulaciones evaluadas, ya que influyeron notablemente en la elasticidad y estabilidad de la masa.

La utilización de tiempos y temperaturas de fermentación erróneos provocó la presencia de corteza quebradiza en el pan de la formulación A, ocasionando una mala apariencia ante el consumidor lo que pudo haber influenciado los resultados del análisis sensorial efectuado en la primera semana del ensayo.

Existe una relación inversamente proporcional entre el costo del pan y su aceptación conforme aumenta su contenido de harina integral.

## **6. RECOMENDACIONES**

Elaborar pan francés integral con las formulaciones destacadas en el presente estudio, enmascarando el sabor amargo provocado por la harina integral mediante la adición de un edulcorante en su formulación.

Evaluar la procedencia de la harina integral para determinar su calidad.

Evaluar la vida de anaquel del producto, para determinar el tiempo en que mantiene las características sensoriales.

El proceso de pasteada de la masa debe ser evitado ya que éste causa efectos negativos en la fermentación de la masa por muerte de levaduras.

Para próximos estudios, al evaluar la aceptación y rechazo del producto se recomienda utilizar una escala con un rango más amplio que permita al encuestado categorizar de mejor manera el producto evaluado.

Efectuar y documentar controles de temperatura y tiempos de fermentación de la masa durante el proceso de producción de pan francés integral.

Evaluar nuevas formulaciones en las que se varíe las cantidades de otros ingredientes como azúcar, mejorante y agua.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

BAKING CENTER. s.f. Quikitos Industriales. Ingredientes de panificación. 1p., 22p.

BAKING CENTER. s.f. Quikitos Industriales. Levadura. 1p., 17p.

BAKING PRODUCTION AND MANAGEMENT TECHNOLOGY. 1989. Dunwoody Institute. (Information Sheet No. 1, 5 and 7).

BENNION E. 1970. Fabricación de pan. 4 edic. Zaragoza – España. 404p.

LAWLESS, H. 1997. Sensory Evaluation of food. Department of Food Science of Cornell University, Ithaca, New York, USA. Editorial ITP. 797p.

PINEDA, N. 1999. Especial para amas de casa. Harina integral de trigo y sus características. Repostería “El Hogar”. Tegucigalpa, Honduras.

POMERANZ, Y. 1988. Wheat: Chemistry and technology. 3 ed. Minnesota, USA. Edit American Association of Cereal Chemists. Inc. v.1, 514 p., 562 p.

RESURRECCION, A. 1998. Consumer Sensory Testing for Product Development. Gaithersburg, Maryland. Editorial ASPEN. 259p.

SULTAN, W. 1990. Practical Baking . 5 edic. New York, USA. 114 p., 116p.

## **8. ANEXOS**

## Anexo 1. Hoja de evaluación sensorial orientada al consumidor.

Estimados clientes:

No\_\_\_\_\_

Queremos agradecerles por preferir nuestros productos, este análisis se lo está haciendo con el fin de brindarles un mejor producto.

A continuación encontrará 5 tipos de pan, cada uno con su respectiva codificación, sea muy cuidadoso al marcar su respuesta en las siguientes preguntas. Muchas gracias...

**1. Sabor del pan:**

<b>Pan</b>	<b>Dulce</b>	<b>Salado</b>	<b>Amargo</b>
<b>A</b>			
<b>B</b>			
<b>C</b>			
<b>D</b>			
<b>E</b>			

**2. Apariencia del pan:**

## 2.1 Color de la superficie

<b>Pan</b>	<b>Aceptable</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>
<b>A</b>			
<b>B</b>			
<b>C</b>			
<b>D</b>			
<b>E</b>			

## 2.1 Textura

<b>Pan</b>	<b>Húmedo</b>	<b>Seco</b>	<b>Suave</b>	<b>Duro</b>
<b>A</b>				
<b>B</b>				
<b>C</b>				
<b>D</b>				
<b>E</b>				

**3. Olor del pan:**

<b>Pan</b>	<b>Agradable</b>	<b>Desagradable</b>
<b>A</b>		
<b>B</b>		
<b>C</b>		
<b>D</b>		
<b>E</b>		

**4. Aceptación o rechazo:**

<b>Pan</b>	<b>Prefiero</b>	<b>Rechazo</b>
<b>A</b>		
<b>B</b>		
<b>C</b>		
<b>D</b>		
<b>E</b>		

## Anexo 2. Análisis Marginal Formulación B.

<b>ANALISIS MARGINAL TRT B 90% HB Y 10% HI</b>							
<b>Costos variables</b>							
Margen de utilidad		<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>			
Precio unitario		1.01	1.06	1.11	5.00	6.00	7.00
<b>Ingresos</b>		120.69	126.44	132.19	595.00	714.00	833.00
<b>DESCRIPCIÓN</b>							
<b>Costo de Ingredientes</b>	<b>Costo total</b>						
Harina Panadero	32.40				34.02	35.64	37.26
Harina Integral	3.43				3.60	3.77	3.94
Sal	0.30				0.32	0.33	0.35
Levadura Instantanea	4.42				4.64	4.86	5.08
Azúcar	0.84				0.88	0.92	0.97
Manteca	3.36				3.53	3.70	3.86
Huevos	0.93				0.97	1.02	1.06
Mejorante S-500	3.21				3.37	3.53	3.69
<b>Sbttotal</b>	<b>48.87</b>	<b>48.87</b>	<b>48.87</b>	<b>48.87</b>	<b>51.32</b>	<b>53.76</b>	<b>56.21</b>
<b>Mano de obra</b>							
Operarios	66.07	66.07	66.07	66.07	69.37	72.68	75.98
<b>Subtotal</b>	<b>66.07</b>	<b>66.07</b>	<b>66.07</b>	<b>66.07</b>	<b>69.37</b>	<b>72.68</b>	<b>75.98</b>
<b>Costo total</b>	<b>114.94</b>	<b>114.94</b>	<b>114.94</b>	<b>114.94</b>	<b>120.69</b>	<b>126.44</b>	<b>132.19</b>
<b>Costo Unitario</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>0.97</b>	<b>1.01</b>	<b>1.06</b>	<b>1.11</b>
<b>Marg. Cintrib. Unita.</b>		0.05	0.10	0.14	4.03	4.99	5.94
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>5.75</b>	<b>11.49</b>	<b>17.24</b>	<b>474.31</b>	<b>587.56</b>	<b>700.81</b>
# de panes	119						
<b>Rentabilidad</b>		5.00%	10.00%	15.00%	392.99%	464.70%	530.17%

## Anexo 3. Análisis Marginal Formulación C

<b>ANALISIS MARGINAL TRT C 80% HB Y 20% HI</b>							
<b>Costos variables</b>							
Margen de utilidad		<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>			
Precio unitario		0.98	1.02	1.07	5.00	6.00	7.00
<b>Ingresos</b>		123.24	129.11	134.98	630.00	756.00	882.00
<b>DESCRIPCIÓN</b>							
<b>Costo de Ingredientes</b>	<b>Costo total</b>						
Harina Panadero	28.80				30.24	31.68	33.12
Harina Integral	6.85				7.19	7.54	7.88
Sal	0.30				0.32	0.33	0.35
Levadura Instantanea	4.42				4.64	4.86	5.08
Azúcar	0.84				0.88	0.92	0.97
Manteca	3.36				3.53	3.70	3.86
Huevos	0.93				0.97	1.02	1.06
Mejorante S-500	3.21				3.37	3.53	3.69
<b>Sbttotal</b>	<b>48.70</b>	<b>48.70</b>	<b>48.70</b>	<b>48.70</b>	<b>51.14</b>	<b>53.57</b>	<b>56.01</b>
<b>Mano de obra</b>							
Operarios	68.67	68.67	68.67	68.67	72.10	75.54	78.97
<b>Subtotal</b>	<b>68.67</b>	<b>68.67</b>	<b>68.67</b>	<b>68.67</b>	<b>72.10</b>	<b>75.54</b>	<b>78.97</b>
<b>Costo total</b>	<b>117.37</b>	<b>117.37</b>	<b>117.37</b>	<b>117.37</b>	<b>123.24</b>	<b>129.11</b>	<b>134.98</b>
<b>Costo Unitario</b>	<b>0.93</b>	<b>0.93</b>	<b>0.93</b>	<b>0.93</b>	<b>0.98</b>	<b>1.02</b>	<b>1.07</b>
<b>Marg. Contrib. Unita.</b>		0.05	0.09	0.14	4.02	4.98	5.93
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>5.87</b>	<b>11.74</b>	<b>17.61</b>	<b>506.76</b>	<b>626.89</b>	<b>747.02</b>
# de panes	126						
<b>Rentabilidad</b>		5.00%	10.00%	15.00%	411.20%	485.56%	553.45%

## Anexo 4. Información utilizada para el Análisis Marginal

<b>COSTOS DE INGREDIENTES DE PAN FRANCES INTEGRAL PARA FORMULACIÓN B</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	libras	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO EN Lps./Unidad</b>	<b>TOTAL</b>
Harina Panadero	onz.	11.25	180.00	0.18	32.40
Harina Integral	onz.	1.25	20.00	0.17	3.43
Sal	onz.	0.25	4.00	0.08	0.30
Levadura Instantanea	onz.	0.2	3.20	1.38	4.42
Azúcar	onz.	0.25	4.00	0.21	0.84
Manteca	onz.	0.75	12.00	0.28	3.36
Huevos	onz.	0.125	2.00	0.46	0.93
Mejorante S-500	onz.	0.125	2.00	1.60	3.21
<b>TOTAL</b>					<b>48.87</b>
<b>Número total de panes</b>			<b>119.00</b>		
<b>Costo Unitario</b>			<b>0.41</b>		

<b>COSTOS DE INGREDIENTES DE PAN FRANCES INTEGRAL PARA FORMULACIÓN C</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	libras	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO EN Lps./Unidad</b>	<b>TOTAL</b>
Harina Panadero	onz.	10	160.00	0.18	28.80
Harina Integral	onz.	2.5	40.00	0.17	6.85
Sal	onz.	0.25	4.00	0.08	0.30
Levadura Instantanea	onz.	0.2	3.20	1.38	4.42
Azúcar	onz.	0.25	4.00	0.21	0.84
Manteca	onz.	0.75	12.00	0.28	3.36
Huevos	onz.	0.125	2.00	0.46	0.93
Mejorante S-500	onz.	0.125	2.00	1.60	3.21
<b>TOTAL</b>					<b>48.70</b>
<b>Número total de panes</b>			<b>126.00</b>		
<b>Costo Unitario</b>			<b>0.39</b>		

<b>Tiempos para mano de Obra</b>					
	<b>TRT A</b>	<b>TRT B</b>	<b>TRT C</b>	<b>TRT D</b>	<b>TRT E</b>
Pesado	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Mezcladora	7.00	6.93	8.75	7.63	8.38
Sacar Masa	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Pasteadora	5.00	4.47	4.60	4.47	3.94
Sacar Masa	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Cortar	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
CPF	1.33	1.33	1.27	1.25	1.31
Fermentación	45.25	52.00	54.00	55.00	49.00
Horneado	16.50	17.75	17.50	16.75	17.00
<b>Total minutos</b>	85.24	92.64	96.28	95.26	89.79
<b>Total Horas</b>	1.42	1.54	1.60	1.59	1.50
Número de panes	119	119	126	124	130

<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>							
<b>Fórmula</b>	<b>Operarios</b>	<b>Sueldo mensual</b>	<b>Sueldo diario</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo</b>
				<b>por hora</b>	<b>invertidas</b>	<b>unitario</b>	<b>Total</b>
<b>A</b>	2	5135.35	171.1783	21.40	1.42	0.51	60.80
<b>B</b>	2	5135.35	171.1783	21.40	1.54	0.56	66.07
<b>C</b>	2	5135.35	171.1783	21.40	1.60	0.55	68.67
<b>D</b>	2	5135.35	171.1783	21.40	1.59	0.55	67.94
<b>E</b>	2	5135.35	171.1783	21.40	1.50	0.49	64.04

<b>COSTO Y DEPRECIACIONES DE MAQUINARIA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR (L.)</b>	<b>DEPRECIACIÓN ANUAL</b>	<b>DEPRECIACIÓN MENSUAL</b>
Horno rotomini	184,044.26	18,220.44	1,518.37
Cámara de fermentación	103,423.13	10,238.88	853.24
Amasadora	134,368.60	13,302.48	1,108.54
Moldeadora	99,351.32	9,835.80	819.65
Sobadora Pastelera	49,675.67	4,917.84	409.82
Carros Giratorios (4)	12,703.93	1,257.72	104.81
60 bandejas onduladas	21,498.77	2,128.32	177.36

**Depreciado a 10 años**

## Anexo 5. (ANDEVA) Resumen de análisis estadístico realizado con SAS®

**Variable Dependiente: SABOR**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	19	43.190580	2.273188	3.99	<.0001
Error		1885	1072.867163	0.569160	
Corrected Total		1904	1116.057743		
R-Square	Coeff Var	Root MSE	SABOR Mean		
0.038699	43.68339	0.754427	1.727034		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	21.66404199	5.41601050	9.52	<.0001
BLK	3	15.49632068	5.16544023	9.08	<.0001
TRT*BLK	12	6.03021685	0.50251807	0.88	0.5641

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	21.29921880	5.32480470	9.36	<.0001
BLK	3	15.49632068	5.16544023	9.08	<.0001
TRT*BLK	12	6.03021685	0.50251807	0.88	0.5641

**Variable Dependiente: APARIENCIA**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	19	19.2348832	1.0123623	2.10	0.0037
Error		1885	909.5283713	0.4825084	
Corrected Total		1904	928.7632546		
R-Square	Coeff Var	Root MSE	APARIEN Mean		
0.020710	45.02439	0.694628	1.542782		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	11.12020997	2.78005249	5.76	0.0001
BLK	3	2.70367644	0.90122548	1.87	0.1330
TRT*BLK	12	5.41099684	0.45091640	0.93	0.5110

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	11.34372666	2.83593167	5.88	0.0001
BLK	3	2.70367644	0.90122548	1.87	0.1330
TRT*BLK	12	5.41099684	0.45091640	0.93	0.5110

**Variable Dependiente: TEXTURA**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	19	14.6208154	0.7695166	2.99	<.0001
Error		1885	485.3770849	0.2574945	
Corrected Total		1904	499.9979003		
R-Square	Coeff Var	Root MSE	TEXTURA Mean		
0.029242	38.02799	0.507439	1.334383		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	2.27086614	0.56771654	2.20	0.0662
BLK	3	2.64524979	0.88174993	3.42	0.0166
TRT*BLK	12	9.70469944	0.80872495	3.14	0.0002

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	2.44272681	0.61068170	2.37	0.0504
BLK	3	2.64524979	0.88174993	3.42	0.0166
TRT*BLK	12	9.70469944	0.80872495	3.14	0.0002

**Variable Dependiente: OLOR**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	19	5.2475698	0.2761879	2.21	0.0019
Error		1885	235.6028239	0.1249882	
Corrected Total		1904	240.8503937		
R-Square	Coeff Var	Root MSE	OLOR Mean		
0.021788	31.84338	0.353537	1.110236		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	3.74278215	0.93569554	7.49	<.0001
BLK	3	0.73291729	0.24430576	1.95	0.1188
TRT*BLK	12	0.77187032	0.06432253	0.51	0.9066

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	3.84110531	0.96027633	7.68	<.0001
BLK	3	0.73291729	0.24430576	1.95	0.1188
TRT*BLK	12	0.77187032	0.06432253	0.51	0.9066

**Variable Dependiente: ACEPTACIÓN**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	19	21.9332960	1.1543840	5.18	<.0001
Error		1885	419.7863891	0.2226983	
Corrected Total		1904	441.7196850		

R-Square	Coeff Var	Root MSE	ACPRECH Mean
0.049654	38.71607	0.471909	1.218898

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	11.57270341	2.89317585	12.99	<.0001
BLK	3	4.33395092	1.44465031	6.49	0.0002
TRT*BLK	12	6.02664162	0.50222013	2.26	0.0079

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	10.74280381	2.68570095	12.06	<.0001
BLK	3	4.33395092	1.44465031	6.49	0.0002
TRT*BLK	12	6.02664162	0.50222013	2.26	0.0079

## PRUEBA MULTIPLE DE MEDIAS

### Prueba Student-Newman-Keuls (SNK) para SABOR

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	1885
Error Mean Square	0.56916

Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	0.1072006	0.1282082	0.1405487	0.1492471

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	TRT
A	1.88976	381	E
A			
B A	1.79528	381	D
B			
B C	1.69029	381	C
B			
B C	1.68241	381	B
B			
C	1.57743	381	A
C			

### Prueba SNK para APARIENCIA

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	1885
Error Mean Square	0.482508

Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	0.0987034	0.1180459	0.1294082	0.1374172

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	TRT
A	1.65354	381	E
A			
B A	1.60630	381	D
B			
B C	1.52756	381	A
B			
C	1.46457	381	B
C			
C	1.46194	381	C
C			

**Prueba SNK para TEXTURA**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	1885
Error Mean Square	0.257494

Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	0.0721047	0.0862348	0.0945352	0.1003859

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	TRT
A	1.37533	381	E
A			
A	1.36483	381	D
A			
A	1.33333	381	B
A			
A	1.32021	381	C
A			
A	1.27822	381	A

**Prueba SNK para OLOR**

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	1885
Error Mean Square	0.124988

Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	0.0502359	0.0600804	0.0658634	0.0699396

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	TRT
A	1.17060	381	E
A			
A	1.15486	381	D
B			
B	1.08924	381	C
B			
B	1.07874	381	B
B			
B	1.05774	381	A

## Prueba SNK para ACEPTACIÓN

Alpha 0.05  
 Error Degrees of Freedom 1885  
 Error Mean Square 0.222698

Number of Means	2	3	4	5
Critical Range	0.0670561	0.0801968	0.087916	0.093357

Means with the same letter are not significantly different.

SNK Grouping	Mean	N	TRT
A	1.32808	381	E
A			
A	1.29396	381	D
B	1.17585	381	C
B			
B	1.17060	381	A
B			
B	1.12598	381	B

### Variable Dependiente: SABOR

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for TRT\*BLK as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	21.29921880	5.32480470	10.60	0.0007

### Variable Dependiente: APARIENCIA

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for TRT\*BLK as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	11.34372666	2.83593167	6.29	0.0057

### Variable Dependiente: TEXTURA

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for TRT\*BLK as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	2.44272681	0.61068170	0.76	0.5737

**Variable Dependiente: OLOR**

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for TRT\*BLK as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	3.84110531	0.96027633	14.93	0.0001

**Variable Dependiente: ACEPTACIÓN**

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for TRT\*BLK as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRT	4	10.74280381	2.68570095	5.35	0.0104

## Anexo 6. Resultados de regresión lineal realizada en SAS®

**Variable Dependiente: ACEPTACIÓN**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	84.23348021	16.84669604	89.49	0.0001
Error	1899	357.48620483	0.18824971		
Corrected Total	1904	441.71968504			
		R-Square	C.V.	Root MSE	ACPRECH Mean
		0.190694	35.59590	0.43387753	1.21889764

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SABOR	1	12.43945325	12.43945325	66.08	0.0001
APARIEN	1	42.75711060	42.75711060	227.13	0.0001
TEXTURA	1	10.11897422	10.11897422	53.75	0.0001
OLOR	1	18.47473847	18.47473847	98.14	0.0001
BLK	1	0.44320368	0.44320368	2.35	0.1251

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
SABOR	1	2.85672189	2.85672189	15.18	0.0001
APARIEN	1	24.93292943	24.93292943	132.45	0.0001
TEXTURA	1	6.55345386	6.55345386	34.81	0.0001
OLOR	1	18.57385354	18.57385354	98.67	0.0001
BLK	1	0.44320368	0.44320368	2.35	0.1251

Parameter	T for H0:		Pr >  T	Std Error of Estimate
	Estimate	Parameter=0		
INTERCEPT	0.3485793970	7.18	0.0001	0.04855085
SABOR	0.0519573724	3.90	0.0001	0.01333768
APARIEN	0.1702510726	11.51	0.0001	0.01479348
TEXTURA	0.1174837805	5.90	0.0001	0.01991177
OLOR	0.2941767940	9.93	0.0001	0.02961587
BLK	0.0137844821	1.53	0.1251	0.00898371