

Evaluación técnica y económica de la elaboración de pan leudado de maíz en Zamorano

Daniel Benítez Pazmiño

MICROFICHE:	_____
FECHA:	_____
ENCARGADO:	_____

ZAMORANO
Programa de Tecnología de Alimentos

Diciembre, 1999

#1001

Evaluación técnica y económica de la elaboración de pan leudado de maíz en Zamorano

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

presentado por

Daniel Benítez Pazmiño

Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

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 Benítez Pazmiño

Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

DEDICATORIA

A Dios, mis padres, mi familia y Verónica.

AGRADECIMIENTOS

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

A mis padres por su apoyo y ejemplo. Por ser mi mayor motivación para seguir adelante.

A Verónica, por todo el amor, paciencia y comprensión que ha tenido para mí. Por todos los momentos maravillosos vividos y por vivir.

A Rodolfo por haberme alumbrado con su lámpara el camino que desde hace mucho tiempo vengo recorriendo hasta ahora. Gracias ñaño.

A la familia Rodríguez Tablas por su hospitalidad y cariño.

A Zamorano porque es la mejor universidad de agricultura en América Latina.

A mi asesor Javier Bucso porque, que a pesar de los contratiempos siempre fue muy profesional y exigente.

A Marvin y Varinia por su apoyo incondicional,

A Santiago, Rosa, Bárbara y Daniel por ayudarme en el amasado de los panes.

A Margarita de Aguilar por haberme conseguido la harina de maíz, que le dio un giro total a mi tesis y por sus muestras de cariño desinteresado.

A la Dra. Nancy Erickson, Auri y Griselda por momentos compartidos en los laboratorios de química y suelos.

A los padres de familia del grupo de natación, por haberme confiado a sus hijos. Fue una experiencia muy enriquecedora e inolvidable.

A todos mis buenos amigos: Antonio, Cristian, Jonathan, Belén, Paul, Luis, Eduardo, Juan y Mónica.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A mis padres por sus esfuerzos infinitos.

A Marcel Lanfado quien por medio del Banco del Pacífico otorgó crédito a muchos ecuatorianos.

A Luis Bakker, presidente ejecutivo de PRONACA, por su ayuda al otorgarme media beca para realizar mis estudios en cuarto año.

Al Dr. Roberto Cuevas por haber confiado en mí y hacerme merecedor de la beca de PRONACA.

Al Dr. Antonio Flores por darme la oportunidad de trabajar como monitor y tutor, recibiendo ayuda económica para la matrícula.

RESUMEN

Benítez Daniel. 1999. Evaluación Técnica y Económica de la Elaboración de Pan Molde de Maíz en Zamorano, Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 47 p.

El trigo es el cereal más importante en el mundo y se consume principalmente en forma de pan. El gluten vital es la proteína del endospermo del trigo, que por su composición única de aminoácidos, es indispensable para desarrollar la elasticidad adecuada de la masa, lo que influye en las propiedades del pan. Las harinas compuestas, mezclas de harina de trigo con harina de otros cereales, son importantes en regiones donde no se produce el trigo y éste tiene que ser importado. El elaborar pan con harinas compuestas tiene efectos detrimentales en las propiedades físicas y sensoriales del producto, debido a la reducción porcentual de gluten en la masa y al posible alto contenido de grasa en la harina reemplazante. En este proyecto se estudió el efecto en las propiedades físicas y sensoriales del pan al variar niveles de harina integral y gluten. También se estudió el efecto en el volumen, la densidad y la preferencia del consumidor por el pan a dos niveles de gluten y un nivel fijo de harina de maíz decortinado y degerminado, y se hizo una comparación de costos unitarios, rentabilidades y puntos de equilibrio entre el pan de trigo, pan con harina de maíz integral y pan con harina de maíz decortinado. La harina de maíz integral aumentó la densidad y disminuyó el volumen causando detrimentos en las propiedades sensoriales del producto. Los panes con harina de maíz integral fueron más baratos, pero su aceptabilidad fue menor. Los panes con harina de maíz decortinado, los mejores comparados con los de harina integral y similares en calidad a los de trigo, fueron los más caros debido al alto costo de la harina de maíz importada.

Palabras claves: gluten vital, harina compuesta, harina integral, evaluación sensorial, harina de maíz decortinado y degerminado.

Nota de Prensa

PAN MOLDE DE MAÍZ, UNA ALTERNATIVA PARA EL PUEBLO HONDUREÑO

En Honduras, la principal fuente de energía es el maíz que es mayormente consumido en forma de tortilla, sin embargo no hay que dejar a un lado la importancia que tiene el pan de trigo en este país, que es parte de la dieta diaria en la mayoría de las casas hondureñas.

El trigo es el cereal más consumido en el mundo y es el pan la forma más importante en la que se le consume. Una masa bien elaborada y desahle para la elaboración de pan leudado debe ser elástica para retener los gases producidos por la levadura durante la fermentación y de esta forma obtener un producto esponjoso y suave. Esta cualidad la confiere el gluten vital, que es la proteína del endospermo de este cereal.

A pesar de que no se pueden elaborar panes leudados con harinas de otros cereales, existe un creciente interés comercial en elaborar panes mezclando harina de trigo con otras harinas, sobretodo en países donde el trigo debe ser importado, ya que podría ser económicamente factible reemplazar una cantidad de harina de trigo importado por un cultivo doméstico de menor precio.

Esta mezcla, llamada harina compuesta, causa la reducción de la elasticidad de la masa, del volumen y suavidad del pan. Actualmente se comercializa el gluten vital, previamente extraído del endospermo por medio de un lavado en frío, puesto que se ha comprobado mediante varios estudios que imparte mayor elasticidad a la masa y le da mayor volumen y suavidad al pan.

En este estudio se probó el efecto de la adición de harina de maíz integral y decortinado, y gluten vital en las propiedades físicas y sensoriales del pan, donde se obtuvo que el gluten vital usado en las pruebas no afectó las propiedades del pan con ninguna de las harinas.

La harina integral de maíz causó una marcada disminución en el volumen del pan, y por ende redujo su suavidad y porosidad, además de impartirle mal sabor. El pan con harina de maíz integral fue el más barato, pero su aceptabilidad resultó muy inferior, a comparación del pan de trigo.

El pan con harina de maíz decortinado fue el mejor, comparado con los de harina de maíz integral y similar en calidad a los de trigo, pero fue el más caro debido a que la harina de maíz decortinado es importada y comprada al detalle.

Sería interesante buscar fuentes de harina de maíz decortinado y degerminado producida en Honduras, para realizar más pruebas de comparación de aceptabilidad con el pan de trigo, y probar otras fuentes de gluten vital. También sería interesante hacer un estudio de mercado al pan leudado de maíz.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	x
	Índice de Cuadros.....	xiii
	Índice de Figuras.....	xiv
	Índice de Anexos.....	xv
1	INTRODUCCION.....	1
1.1	GENERALIDADES.....	1
1.2	DEFINICION DEL PROBLEMA.....	1
1.3	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	2
1.4	LIMITES DEL ESTUDIO.....	2
1.5	JUSTIFICACION.....	2
1.6	OBJETIVOS.....	3
1.6.1	General.....	3
1.6.2	Específicos.....	3
2	REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1	CEREALES Y SU PROCESAMIENTO.....	4
2.1.1	El maíz.....	4
2.1.2	El trigo.....	5
2.1.2.1	El gluten vital.....	6
2.2	LA PANIFICACION.....	7
2.2.1	Pan integral.....	8
2.2.2	Pan de maíz.....	8
2.2.3	Elaboración de pan.....	9
2.2.3.1	Mezcla de ingredientes secos.....	9
2.2.3.2	Adición gradual de agua o leche y amasado.....	9
2.2.3.3	División y boleado.....	9
2.2.3.4	Golpeo y moldeado.....	9
2.2.3.5	Fermentado (I y II).....	9

2.2.3.6	Horneado.....	10
2.3	ANÁLISIS SENSORIAL.....	10
2.3.1	Evaluación orientada al consumidor.....	10
2.3.2	Evaluación orientada al producto.....	10
3	MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1	MATERIALES Y EQUIPO.....	12
3.1.1	Materiales.....	12
3.1.2	Equipo y utensilios.....	12
3.2	MÉTODOS (PARTE I).....	13
3.2.1	Ubicación.....	13
3.2.2	Diseño experimental.....	13
3.2.3	Fuentes de variación.....	13
3.2.4	Hipótesis.....	13
3.2.5	Procedimiento.....	14
3.2.5.1	Pesado.....	14
3.2.5.2	Mezclado.....	14
3.2.5.3	Amasado.....	14
3.2.5.4	Relajamiento o reposo.....	14
3.2.5.5	Golpeo y moldeado.....	14
3.2.5.6	Fermentación I.....	14
3.2.5.7	Fermentación II.....	14
3.2.5.8	Horneado.....	15
3.2.6	Variables.....	15
3.2.6.1	Volumen.....	15
3.2.6.2	Densidad.....	15
3.2.6.3	Composición química.....	15
3.2.6.4	Características sensoriales.....	15
3.2.7	Análisis estadístico.....	16
3.3	MÉTODOS (PARTE II).....	16
3.3.1	Fuentes de variabilidad.....	16
3.3.2	Descripción de los tratamientos.....	16
3.3.3	Hipótesis.....	17
3.3.4	Procedimiento.....	17
3.3.5	Variables.....	17
3.3.5.1	Densidad.....	17
3.3.5.2	Análisis sensorial.....	17
3.3.6	Análisis estadístico.....	18
3.4	EVALUACION ECONOMICA.....	18
3.4.1	Materiales directos.....	18
3.4.2	Energía.....	19
3.4.3	Agua de limpieza.....	19
3.4.4	Depreciación de equipo.....	19
3.4.5	Mano de obra.....	19
3.4.6	Gastos administrativos.....	19

4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
4.1	PARTE I.....	21
4.1.1	Propiedades físicas.....	21
4.1.2	Propiedades sensoriales.....	23
4.1.3	Composición química.....	27
4.1.3.1	Proteína cruda.....	27
4.1.3.2	Extracto etéreo.....	28
4.1.3.3	Fibra cruda.....	29
4.2	PARTE II.....	29
4.2.1	Propiedades físicas.....	29
4.2.2	Análisis de preferencia.....	29
4.3	ANÁLISIS ECONOMICO.....	29
5	CONCLUSIONES.....	32
6	RECOMENDACIONES.....	33
7	BIBLIOGRAFIA.....	34
8	ANEXOS.....	36

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Tratamientos de la parte I	13
2.	Tratamientos de la parte II	17
3.	Costos totales, rentabilidades y puntos de equilibrio en la elaboración de pan de trigo puro, pan con harina de maíz integral y pan con harina de maíz decorticado.....	30

INDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Efecto de la adición de harina de maíz integral a la masa en el volumen del pan a tres niveles de harina gluten.....	21
2.	Efecto del porcentaje de gluten vital en la densidad del pan a 4 niveles de harina de maíz integral.....	22
3.	Efecto de la adición gluten vital en la cantidad de agua agregada a la masa del pan a cuatro niveles de harina de maíz integral.....	23
4.	Efecto de la adición de harina de maíz integral en el color externo del pan a tres niveles de gluten vital.....	23
5.	Efecto del porcentaje de adición de harina de maíz integral el color interno del pan a 3 niveles de gluten vital.....	24
6.	Efecto de la adición de gluten vital en la porosidad de los panes elaborados a cuatro niveles de harina de maíz integral.....	25
7.	Efecto de la adición gluten vital en la suavidad de los panes elaborados a cuatro niveles de harina de maíz integral.....	25
8.	Efecto de la adición de gluten vital en el sabor de los panes a cuatro niveles de harina de maíz.....	26
9.	Efecto de la adición de harina de maíz integral en la proteína cruda de los panes a tres niveles de gluten vital.....	27
10.	Efecto de la adición de harina de maíz integral en el extracto etéreo de los panes a tres niveles de gluten vital.....	28
11.	Efecto de la adición de harina de maíz integral en la fibra cruda de los panes a tres niveles de gluten vital.....	28

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Elaboración de pan blanco por el método directo (Zamorano).....	37
2.	Hoja de evaluación sensorial dirigida al producto.....	38
3.	Hoja de evaluación sensorial orientada al consumidor. (Evaluación de preferencias de pares).....	41
4.	Resumen de análisis estadístico realizado con SAS.....	42
5.	Costos de producción de pan.....	47

1. INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

El trigo es el cereal más viejo y el más consumido en el mundo. La forma más tradicional de consumir el endospermo del trigo es el pan. A pesar de no ser producido en Honduras, éste es importado y consumido en grandes cantidades, que representan el 40% del consumo humano de maíz en este país. El maíz es de gran importancia en Centro América, ya que está arraigado en su cultura desde tiempos ancestrales, por tal razón su nivel de producción en Honduras abarca casi las tres cuartas partes del total de granos básicos producidos.

Una masa bien elaborada y descable para la elaboración de pan leudado debe ser elástica para poder retener los gases generados durante el proceso de fermentación. Esta cualidad se la confiere el gluten que es la proteína que se encuentra en la harina del trigo, única entre los cereales.

Según Pomeranz (1988), hay mucho interés comercial en elaborar panes mezclando harina de trigo con otras harinas en países donde no crece el trigo y tiene que ser importado, como en Honduras, ya que podría ser económicamente factible reemplazar una cantidad de harina de trigo importado por un cultivo doméstico de menor precio.

Elaborar panes con harinas compuestas o mezcla de harina de trigo y otras harinas causa un efecto indeseable en las propiedades reológicas de la masa, como la disminución en su elasticidad, debido a la reducción porcentual de gluten en la masa. Este efecto detrimental se acentúa con la presencia de enzimas indeseables en la harina que no es de trigo.

El gluten vital existe como producto comercial en forma de polvo seco color crema. Es obtenido mediante un proceso de lavado en frío, que lo separa de los demás constituyentes solubles de la harina de trigo. Según muchos autores la adición de gluten en la masa de pan imparte las cualidades deseables para obtener un producto con mejor volumen, textura, suavidad y mayor vida útil. El gluten comercial es usado bastante en la elaboración de pan integral.

1.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

El mezclar harina de maíz con harina de trigo para la elaboración de pan causaría un efecto indeseable en las propiedades funcionales de la masa, como disminución de

elasticidad, disminución de la estabilidad de la masa en fermentación, disminución de la absorción de agua, etc., y del pan horneado, como aumento de la densidad, disminución del volumen de la hogaza, etc.

1.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La falta de disponibilidad de gluten vital en Honduras, por lo que se deben hacer los pedidos a empresas de Estados Unidos.

La falta de disponibilidad de harina de maíz no nixtamalizada y decorticada en Honduras. Por lo cual se debió hacer la parte I de los métodos con una harina integral de maíz, la cual es una harina no descada debido a su baja calidad por el alto porcentaje de enzimas lipolíticas y grasa. En la parte II de los métodos se trabajó con una harina de maíz de buena calidad, pero era importada y de baja disponibilidad, siendo su precio de seis lempiras los 300 gramos, o de 20 lempiras el kilogramo.

La lentitud del sistema de transacciones de Zamorano que impide hacer cualquier cosa relacionada con el proyecto especial, desde una simple compra hasta una análisis bromatológico.

1.4 LÍMITES DEL ESTUDIO

La parte técnica sólo determinó si existen diferencias estadísticamente significativas de las características físicas y sensoriales, entre los panes elaborados con diferentes proporciones de maíz y gluten vital.

No se hicieron pruebas de estabilidad en anaquel y en la parte II de los métodos, en donde se usó la harina importada, decorticada y no nixtamalizada, no se hicieron repeticiones.

No se hizo evaluación de preferencias de mercado entre el pan de trigo y la prueba de pan con harina de maíz decorticada.

El estudio económico sólo abarcó una comparación de costos, punto de equilibrio y rentabilidad entre hacer dos fórmulas de pan molde de maíz y hacer pan molde de trigo.

1.5 JUSTIFICACION

El proyecto se justifica por la importancia del maíz en la cultura centroamericana, y por la necesidad de diversificación de productos elaborados dentro de Mesoamérica.

A pesar de las limitantes económicas en lo que respecta a la adquisición de materia prima el proyecto se justifica por ser de carácter experimental. La viabilidad económica se verá después de realizar el respectivo estudio tomando en cuenta que en el caso de la

elaboración de un producto nuevo la factibilidad económica depende exclusivamente de cuánto esté dispuesto el cliente a pagar por el producto, o sea, por la calidad y no por los costos. Aunque el proyecto no sea viable económicamente, el documento quedará como información para realizar futuros proyectos de investigación.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 General

Elaborar pan molde de maíz con gluten vital de trigo, que tenga las propiedades físicas y sensoriales parecidas a las de un pan leudado de trigo, y hacer una comparación de costos entre pan de trigo y el producto obtenido.

1.6.2 Específicos

Evaluar el efecto de la proporción de harina de maíz y harina de trigo en las variables físicas y sensoriales para la producción de pan de maíz en Zamorano.

Evaluar el efecto del gluten vital en las propiedades físicas y sensoriales para la producción de pan de maíz en Zamorano.

Realizar un estudio de comparación de costos, punto de equilibrio y rentabilidad entre dos fórmulas de pan molde de maíz y hacer pan molde de trigo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 CEREALES Y SU PROCESAMIENTO

Los cereales constituyen la fuente alimenticia más importante de energía en el mundo. Se consumen en forma natural o en forma modificada; se convierten mediante el procesamiento en harina, almidón, aceite, salvado y jarabes. Otra gran variedad de productos se da como alimento al ganado, transformándose así en carne, leche y huevos (Potter, 1978).

Según Charley (1987), el trigo es el principal cereal de consumo humano en los Estados Unidos y Canadá, ya que aunque el maíz es el de mayor producción, su mayor parte es destinada a la alimentación animal. El arroz es el principal cereal en Asia, siendo éste el alimento principal de más de la mitad de la población del mundo. El centeno es el principal alimento en Rusia y Europa central. El maíz se consume en México, Sudamérica, y los Estados Unidos.

Los granos de un cereal constan de tres partes fundamentales: el pericarpio, el germen y el endospermo. El pericarpio, que sirve de capa protectora al grano consta principalmente de celulosa y hemicelulosa. Generalmente en la región extremo inferior del grano se encuentra el germen, que representa un dos a tres por ciento de su peso. Recubierto por el pericarpio se encuentra el endospermo, la porción mayor, representando su peso el 80 al 82 % del peso total del grano. El endospermo es de alto contenido amiláceo y proteínico, lo que lo hace muy apetecido para el consumo humano y animal.

Según Potter (1978), en el procesamiento se elimina generalmente el salvado y la cáscara por su baja digestibilidad y el germen por producir rancidez en almacenamiento, debido a su elevado contenido de aceite activo enzimáticamente.

Según Charley (1987) por tradición y facilidad los granos de cereales son sometidos en su gran mayoría a la molienda, para separar sus constituyentes y para obtener ya sea partículas de endospermo o de grano entero. Estas partículas dependiendo de su tamaño pueden ser sémola, si es quebrado en trozos o harina si es molido.

2.1.1 El maíz

El maíz es un cereal de suma importancia en toda Centro América, y ha estado arraigado a su cultura desde la época de los Mayas, aproximadamente 2000 años A.C. El fósil más

antiguo de maíz data de hace unos 7,000 años y fue encontrado en México, por lo que se le considera originario de Mesoamérica (F.A.O., 1992). Por estas razones el maíz ha estado arraigado fuertemente en la cultura Hondureña, siendo éste su fuente más importante de energía. Su importancia se refleja en su elevado nivel de producción que alcanza el 71.5% del total de granos básicos producidos en Honduras (SIECA, 1999). Este cereal se consume principalmente en forma de tortillas; a diferencia de los países anglosajones donde es el trigo, en forma de pan y otros productos de panificación la principal fuente alimenticia de energía.

El maíz se consume como alimento humano en varias formas. En su forma húmeda se consume entero. Los granos de una variedad especial se secan y se consumen en forma de palomitas. Sin embargo la mayor parte del maíz se somete a molienda y se consume en forma de una fracción específica o modificada del cereal original (Potter, 1978), como la harina nixtamalizada consumida en forma de tortilla.

2.1.2 El trigo

Según el Centro de Análisis de Políticas Agrícolas y Ambientales de Honduras (1998), un estimado de 135,840 TM de trigo fueron importadas para consumo humano en 1997. Esta cifra representó el 40 % del consumo humano de maíz en ese mismo año, que fue de 336,874 TM. Todo el trigo consumido en Honduras es importado de los Estados Unidos en forma de grano y es convertido en harina en los molinos hondureños. La disponibilidad de trigo (incluye sólo importaciones) para consumo total en 1997 representa el 18.5% de la de maíz (incluye producción e importaciones), esto es debido a que del maíz se usa un 46 % para consumo humano y el resto para consumo industrial, animal y semillas; mientras que del trigo todo lo disponible es para consumo humano. Otra cosa que se debe tomar en cuenta es el aumento porcentual en el consumo. Del año 1990 a 1997 el porcentaje de aumento en el consumo humano de trigo fue de 45 %, mientras que el aumento en el consumo humano de maíz fue de 14 %. Esta diferencia se puede atribuir a las nuevas tendencias mundiales de globalización, y a la influencia norteamericana en la cultura hondureña.

Según Pomcran (1988), el trigo es el más viejo y más cultivado de entre todos los cultivos en el mundo. Como resultado de la operación de la molienda se obtiene una harina que contiene una variada cantidad de proteína y almidón, dependiendo de la variedad y tipo trigo que es molido. La forma más usada comercialmente para clasificar la harina de trigo es en harinas duras y harinas suaves. De esta forma, si el trigo es duro, la proporción de proteína con relación al peso del grano en base húmeda será mayor (12%-14%) que si es suave (6%-10%).

Según Charley H. (1987) existen tres especies comunes de trigo que crecen en Estados Unidos. El trigo común (*Triticum aestivum*) y club (*Triticum compactum*) se utilizan para fabricar harinas y el trigo duro (*Triticum durum*) se utiliza para hacer productos de pastas secas. Los trigos para las harinas se pueden clasificar de acuerdo al color de la testa del grano (blanca o roja), la estación en que se planta (invierno o primavera) y la

textura de su endospermo (dura o suave). Las variedades de trigo rojo, algunas suaves y otras duras, son las que predominan. El trigo rojo suave se siembra en el otoño, por lo que también se le conoce como trigo de invierno y el trigo rojo duro se planta en primavera o en otoño, dependiendo de las condiciones de crecimiento del área. La diferencia entre las harinas duras y las suaves se debe a la continuidad de la matriz de proteína, que es mayor en las harinas duras, lo que les da un aspecto más translúcido o vítreo que las harinas suaves. Las harinas duras se usan para la producción de pan leudado debido a que su masa tiene mayor elasticidad, por su alto contenido de proteína. Las harinas suaves por tener una menor elasticidad en sus masas se usan para productos de repostería como galletas y pasteles, ya que estos productos tienen una estructura menos esponjosa que el pan leudado y por lo tanto no se necesita que la masa retenga una gran cantidad de aire.

La proteína que se encuentra en el endospermo del grano de trigo, llamada gluten, tiene una vital importancia debido a que su presencia confiere las características de elasticidad que la masa necesita para la elaboración de productos horneados. Una masa bien elaborada y deseable para la elaboración de pan debe ser elástica y debe tener la capacidad de formar películas esenciales para la retención de gases y para una estructura abierta en la hogaza ya horneada (Potter, 1978). Estas cualidades deseables de un buen pan de trigo están fuertemente asociadas con la cantidad y calidad de su gluten (Pomeranz, 1988).

2.1.2.1 El gluten vital. El producto comercial denominado gluten vital de trigo es la proteína del endospermo insoluble y seca, separada de los otros componentes solubles por un proceso de lavado y reducida a un polvo color crema. Normalmente, contiene en base seca 75-80% de proteína, 0.5-1.5% de lípidos solubles en éter, 0.8-1.2% de minerales, y 5-8% de humedad, (Pylar, 1988). Según Charley (1989), el gluten se puede separar de otros constituyentes, principalmente gránulos de almidón y los componentes solubles en agua, mediante el lavado en agua fría.

Según Fennema (1996), el complejo de proteína del trigo tiene una mayor proporción de gluteninas y gliadinas, que forman el gluten vital, las cuales tienen una composición de aminoácidos única donde el 30% son hidrofóbicos que le dan la habilidad de formar agregados por interacciones hidrofóbicas y, por consiguiente, le da a la masa la capacidad de formar la película visco-elástica antes mencionada. Además, tiene aminoácidos hidrofílicos que lo hacen soluble en agua, y otros aminoácidos como la cisteína que le dan la calidad superior a la masa. Dentro de las harinas de trigo, las harinas con un mayor contenido de gluten dan lugar a masas que son más elásticas, extensibles y de mayor capacidad para retener gases y expandirse. La presión del gas en expansión, junto con la capacidad del gluten para estirarse, son responsables de la marcada expansión del gluten a medida que se hornea (Charley, 1989). Según Pylar (1988), al adicionar gluten purificado a la masa, éste forma parte integral de toda la red de gluten interaccionando con el gluten nativo.

Según Pyler (1988) en la elaboración de pan de trigo, al principio se aprobó al gluten vital como un ingrediente opcional hasta niveles máximos de 2% para panes y 4% para pasteles, pero esta restricción fue removida en 1976. La adición de 2-4% de gluten vital aumenta la absorción de agua de 1.25% a 1.75%, mejora la tolerancia de la masa al mezclado e imparte mayor estabilidad de la masa durante la fermentación. Esto se refleja en un aumento en el volumen, mejor textura, suavidad y prolongada vida útil del producto ya horneado.

Según Wang y Ponte (1994), las harinas con bajo contenido de proteína suplementadas con gluten vital de trigo pueden reemplazar harinas con alto contenido de proteína en la producción de panes; las masas de harinas de buena de calidad mejoran su tolerancia a daños por frío y su retención de gases con la adición de gluten vital.

Según Ranhotra et al. (1992), la suplementación de gluten también se vuelve necesaria cuando al pan se le adiciona fibra, germen, harinas de otros cereales como el maíz y otros ingredientes inertes. Para estas aplicaciones el gluten puede mantener la mayoría de las propiedades viscoelásticas y la vitalidad del pan original.

El agregar harinas de otros cereales entre los ingredientes del pan, dependiendo de la proporción, causará una disminución en la elasticidad de la masa, y, por consiguiente, en la esponjosidad y el volumen del producto final. Esto sucede porque estas otras harinas no tienen gluten, y al agregarlas en altas proporciones disminuye la cantidad porcentual del gluten en la masa.

Navickis y Nelsen (1992) hicieron un estudio de las propiedades de harina de trigo con adición de fibra, gluten y harina de maíz como reemplazante no fibroso para comparación en el que se observaron diferencias detrimentales en las masas con adición de fibras. Los tratamientos más parecidos al control (harina de trigo pura) fueron los que llevaban harina de maíz (5, 10, 15, 20, 25 y hasta 30%) con gluten vital (5%).

2.2 LA PANIFICACION

Según Pomeranz (1988), la mayor parte de la harina de trigo de Estados Unidos es utilizada en las panaderías comerciales para manufacturar el pan y otros productos similares. Desde siempre ha predominado el consumo de pan blanco, representando su consumo en 1972 un 77%, en contraste con las demás variedades de productos de panificación (pan integral, pasteles, galletas, pan de yuca, etc.) que tuvieron un consumo de 23%. Sin embargo, el consumo de las demás variedades de pan ha aumentado significativamente en los últimos años, ocupando en 1986 el 41% del consumo de productos de panificación. Este aumento en el consumo de las demás variedades de pan nos da una idea que en la actualidad la diversificación de productos de panificación es ahora muy superior.

2.2.1 Pan integral

Según Pomeranz (1988) en los últimos años ha habido un rápido incremento en 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. La causa de este fenómeno no está clara. Una posible razón es el incremento en la proporción de germen en la masa, lo cual podría estar relacionado con la excesiva cantidad de glutatión reducida. 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. Las enzimas lipolíticas producen ácidos grasos libres. Durante el amasado, los ácidos grasos insaturados son rápidamente oxidados por los elevados niveles de lipoxigenasas a una variedad de productos oxidados. La modificación de las propiedades de la masa podría deberse a: la inhibición del gluten por la formación de ácidos grasos libres y la rápida disminución del oxígeno por la oxidación de ácidos grasos insaturados.

2.2.2 Pan de maíz

Pomeranz (1988), usa el término harina compuesta para describir las harinas que son una mezcla entre harina de trigo y harina de otro cereal o leguminosa, usada para la producción de pan. La harina del otro componente podría ser: harina de maíz, sorgo, centeno, soya, garbanzo, etc. Incluso se puede incluir en este uso a los carbohidratos obtenidos de raíces y tubérculos.

Según Pomeranz (1988), el principal interés en el uso comercial de harinas compuestas proviene de países donde no crece el trigo. Puede ser económicamente factible reemplazar una cantidad de trigo importado por un cultivo doméstico de menor precio. La reducción en las propiedades funcionales de masas hechas con harinas compuestas con un alto porcentaje de almidón, como la harina de maíz, es fácilmente predecible por la simple reducción porcentual de gluten en la masa. Este efecto detrimental podría ser acentuado con la presencia de enzimas indeseables en la harina que no es de trigo.

Comparando las composiciones típicas de cereales en Potter (1978), se puede observar que el maíz tiene el doble contenido de grasa que el trigo, debido a que el germen del maíz es más grande. Esta diferencia en la cantidad de grasa podría causar efectos detrimentales en las masas si se usa harina entera de maíz en la elaboración de pan con harinas compuestas.

En el Betty Crocker's Cook Book (1983) se encontró una receta para hacer "corn bread" (pan de maíz) en la que se observó que la harina de maíz no es harina nixtamalizada, sino harina de grano molido degerminado y decorticado. La cantidad de harina de maíz representa el 25% de la cantidad de harina total. Además, demuestra que estas dos harinas

comparten ciertas propiedades que las hacen compatibles para ser mezcladas en la elaboración de pan. Esta receta, aunque se llama pan de maíz, en realidad es un pastel de maíz por contener polvo de hornear, huevos y un elevado contenido de margarina.

2.2.3 Elaboración de pan

Según Bueso (1999)¹ la planta de panificación de Zamorano usa el método directo, para la elaboración de pan (Anexo 1), cuyos pasos son los siguientes:

2.2.3.1 Mezcla de ingredientes secos. Se mezclan la harina, el azúcar y la levadura previo al amasado y a la adición de agua o leche. Se debe tener cuidado de no poner en contacto directo a la levadura con la sal o el azúcar, ya que causaría plasmólisis al microorganismo. La sal se agrega de último.

2.2.3.2 Adición gradual de agua o leche y amasado. Se agrega el líquido mientras se amasa la mezcla gradualmente hasta que se encuentre en el punto óptimo de humedad, que depende de la cantidad de proteína que tenga la harina. Luego, se amasa durante aproximadamente 10 minutos hasta que la masa desarrolle el gluten. Este proceso se da gracias a la fuerza mecánica inducida por el amasado que desnaturaliza el gluten y expone sus aminoácidos hidrofóbicos y azufrados para que formen enlaces muy fuertes entre las proteínas, confiriendo la elasticidad deseada a la masa. Cabe mencionar que existen otra serie de factores físicos y químicos que contribuyen al desarrollo del gluten y que aún no han podido ser explicados.

2.2.3.3 División y boleado. Se divide la masa en pedazos pequeños, de dos libras cada uno, se le estira una cara de manera que quede lo más lisa posible y se la deja reposar durante 10 minutos.

2.2.3.4 Golpeo y moldeado. Se le da la forma del molde a los pedazos de masa, para lo cual hay que golpearla para evitar que cualquier burbuja de aire quede dentro del molde y forme agujeros en el producto final.

2.2.3.5 Fermentado (I y II). Después de dejar reposar la masa dentro de sus moldes a temperatura ambiente durante 15 minutos, se mete en la cámara fermentadora a 38°C (100°F) y a una humedad de saturación por 45-60 minutos. De esta forma la levadura, hongo ascomiceto, puede fermentar los azúcares que tiene la masa y producir anhídrido carbónico y etanol¹ para inflar la misma, gracias a las propiedades viscoelásticas de la masa antes mencionadas.

¹ BUESO, F. 1999. Elaboración de pan en Zamorano. Zamorano, Honduras. (Comunicación personal).

2.2.3.6 Horneado. Después de que la masa ha alcanzado el borde superior del molde se procede a hornear a 177°C (350 °F) por 16 minutos. Se puede decir que tanto el gluten, como el almidón contribuyen a las estructuras semirígidas que resultan del calentamiento de estas mezclas o masas (Potter, 1978).

2.3 ANALISIS SENSORIAL

Según The International Development Research Centre (1989), el análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria que usa los sentidos de los panelistas humanos, para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los alimentos. No hay otro instrumento que pueda reemplazar la respuesta humana, haciendo evaluación sensorial.

Un panel de catación debe ser tratado como un instrumento científico, para producir resultados válidos, por tal razón debe conducirse bajo condiciones controladas, usando diseños experimentales apropiados, métodos de evaluación y análisis estadístico.

La información sobre los gustos de los consumidores y sus preferencias se puede obtener usando un método de evaluación orientado al consumidor con un panel de catación no entrenado, mientras que la información sobre una característica sensorial específica de un alimento se debe obtener usando una evaluación orientada al producto con un panel de catación entrenado.

2.3.1 Evaluación orientada al consumidor

Según The International Development Research Centre (1989), para hacer una evaluación orientada al consumidor se deben encuestar de 100 a 500 personas, y los resultados se utilizan para predecir las actitudes de una población. Las entrevistas o evaluaciones se deben hacer en un supermercado, escuela, o podría ser en la casa del consumidor.

La evaluación de preferencia, de aceptación, y hedónica son orientadas al consumidor porque usan paneles no entrenados. La evaluación de preferencia le pide al catador que escoja entre muestras del producto la que más le guste. La evaluación de aceptación es para determinar el grado de aceptación de los consumidores a un producto con respecto a una característica y la evaluación hedónica está diseñada para medir cuanto le gusta un producto al consumidor. Los rangos en las categorías van desde me gusta extremadamente hasta me disgusta extremadamente.

2.3.2 Evaluación orientada al producto

Según The International Development Research Centre (1989), la evaluación orientada al producto usa pequeños grupos de panelistas que funcionan como instrumentos de catación. Los paneles entrenados son usados para identificar diferencias entre alimentos similares o para medir la intensidad del sabor, textura o apariencia. Estos paneles,

generalmente constan de 5 a 15 panelistas quienes han sido seleccionados por sus actitudes sensoriales y han sido entrenados para medir esas características.

Tres ejemplos de evaluaciones orientadas al producto son: la evaluación de diferencias (triángulo), evaluación de intensidad por categorías, y evaluación de intensidad por puntaje. La evaluación del triángulo sirve para determinar si hay diferencias perceptibles entre dos muestras. Este examen es parecido a la evaluación de preferencia descrito en el inciso 2.3.1, con la diferencia que en el primero se les pregunta a los panelistas cual de las dos muestras tienen la mayor intensidad de la característica. La evaluación de intensidad por categorías le pide a los catadores que ordenen las muestras de acuerdo a la percepción de una característica. La evaluación de intensidad por puntaje le pide a los panelistas que le den puntaje a las muestras en una escala lineal.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES Y EQUIPO

3.1.1 Materiales

- Harina dura de trigo.
- + Harina de maíz integral sin nixtamalizar que se consiguió del molino del Zamorano. Esta harina es un subproducto de la molienda de maíz para hacer mezclas de concentrados, para alimento animal, que se recoge en forma de polvillo que sale de la máquina.
- + Harina de maíz sin nixtamalizar, decorticada, degerminada y enriquecida, importada de Estados Unidos, marca maicena.
- Gluten vital deshidratado de trigo donado por la empresa "American Ingredients Company" de Estados Unidos.
- Margarina.
- + Sal común yodada.
- Levadura seca instantánea.
- + Agua.
- Azúcar refinada.
- + Manteca.
- Bolsas para empacar la materia prima.

3.1.2 Equipo y utensilios

- + Balanza electrónica marca OHAUS, modelo Gt 480.
- Cámara de fermentación marca EPCO, modelo BCA 32418HP.
- Horno marca BLODGETT, modelo DFG-100/200 W/100K.
- Mezcladora/amasadora marca HOBART, modelo D340.
- Selladora de bolsas plásticas.
- Caja volumétrica elaborada en Zamorano en el taller de carpintería.
- Tabla Bunsell de colores del suelo para el análisis organoléptico.
- + Cuchillo.
- Moldes de pan.

3.2 METODOS (PARTE I)

En la parte I se usó harina de maíz integral, no nixtamalizada

3.2.1 Ubicación

El estudio fue realizado en la planta de Procesamiento de Granos y Cereales de Zamorano, 30 Km. al sudeste de Tegucigalpa (Honduras).

3.2.2 Diseño experimental

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques completamente al azar, factorial de 4x3 (4 proporciones de harina de maíz: harina de trigo y 3 niveles de gluten vital) con tres repeticiones (Cuadro 1).

3.2.3 Fuentes de variación

- Proporciones de harina de maíz integral: harina de trigo.
- Niveles de gluten vital (Tabla 1).

Cuadro 1. Tratamientos de la parte I.

Ingredientes (%)	Tratamientos											
	1	2	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12
H. trigo **	60	70	80	100	60	70	80	100	60	70	80	100
H. maíz **	40	30	20	0	40	30	20	0	40	30	20	0
Gluten	0	0	0	0	5	5	5	5	10	10	10	10
Levadura	2.0	NIVELES FIJOS EN TODOS LOS TRATAMIENTOS										
Agua	63.0											
Sal	2.0											
Margarina	11.0											
Azúcar	9.1											

* Tesúgo

** Total de harina: 406.7 g

Las proporciones de leche, sal, azúcar y levadura fueron constantes para todos los tratamientos; y están expresadas en el cuadro como porcentaje del total de harina (trigo y maíz) usada para elaborar un molde con 862 g.

3.2.4 Hipótesis

Hipótesis nula.- La adición de harina de maíz integral y gluten vital no afectan significativamente las propiedades físicas y sensoriales del pan molde.

Hipótesis alternativa.- Hay diferencias significativas en las propiedades físicas y sensoriales del pan entre los elaborados con diferentes proporciones de harina de maíz integral/harina de trigo y diferentes niveles de gluten vital.

3.2.5 Procedimiento

Para la elaboración de los panes se siguió el método directo usado para elaborar pan molde en Zamorano (Anexo1), con la diferencia de que se tuvieron que mezclar y moldear a mano todos los tratamientos.

3.2.5.1 Pesado. Se pesaron todos los ingredientes en gramos un día antes de la elaboración de los doce tratamientos con una balanza electrónica. El agua se midió con erlenmeyers volumétricos. La cantidad de agua usada para cada unidad experimental varió dependiendo de la capacidad de absorción de la mezcla.

3.2.5.2 Mezclado. Se mezclaron a mano los ingredientes. Para cada tratamiento primero se mezclaron todos los ingredientes secos excepto la levadura, para evitar matar al microorganismo por altas concentraciones de azúcar o de sal. Después se mezcló la levadura con los demás ingredientes previamente mezclados. Con la mezcla seca se hizo un "volcán" en la mesa para agregar el agua gradualmente en el centro y mezclarlos. Se usaron los dedos para mezclar las paredes internas del "volcán" con el agua hasta que la masa adquirió la consistencia adecuada. Luego se derritió la margarina en las manos y se agregó a la masa mientras se amasaba.

3.2.5.3 Amasado. El amasado se realizó presionando la masa contra la mesa con las palmas de las manos, procurando hacerla rodar sin clavarle los dedos ni romperle la estructura.

3.2.5.4 Relajamiento o reposo. Se dejó reposar la masa durante 10 minutos después del amasado, poniéndole antes una capa de manteca derretida con una brocha para evitar la deshidratación de la masa.

3.2.5.5 Golpeo y moldendo. Se golpeó la masa con las palmas de las manos para darle la forma adecuada y quitarle cualquier burbuja de aire, para luego introducirla en su respectivo molde roulado con el número del tratamiento.

3.2.5.6 Fermentación I. Se la realizó al aire libre en el molde por 15 minutos, con una capa de manteca en la cara superior de la masa.

3.2.5.7 Fermentación II. Se la realizó en la fermentadora a 38 °C (100 °F) y humedad de saturación durante 60 minutos como máximo. Este tiempo de fermentación varió dependiendo de la calidad de la masa. Se decidió cuándo sacar cada pan usando parámetros netamente empíricos, como la observación de la masa: cuando después de 10 minutos ésta dejaba de crecer, y si la capa superficial se veía muy delicada y fina se la pasaba de inmediato al horno.

3.2.5.8 Horneado. Se llevó a cabo en el horno a 177°C (350°F) durante 16 minutos.

Se hicieron los doce tratamientos en un día. Se hicieron tres repeticiones en tres días con un intervalo promedio de una semana. El amasado se realizó con la ayuda de tres estudiantes que previamente pasaron por el módulo. A cada uno le tocó elaborar cuatro tratamientos por día o por bloque. Se usaron los mismos en todas las repeticiones. La distribución de los tratamientos para los tres estudiantes y el orden en que se amasaron los tratamientos fue determinado al azar.

3.2.6 Variables

Las variables que se midieron fueron:

3.2.6.1 Volumen. Se midió en centímetros cúbicos con ayuda de una caja volumétrica construida en los talleres de Zamorano. El pan se introduce en la caja que tiene previamente marcada una escala de volumen. Se llena la caja por encima de la parte más alta del pan con azúcar y se toma la lectura del primer volumen. Luego se extrae el pan y se toma la lectura del segundo volumen. Por diferencia de volúmenes se obtiene el volumen real del pan.

3.2.6.2 Densidad. Se dividió la masa (g) entre el volumen (cm³). La masa se pesó con una balanza electrónica. Para pesar el pan se tuvo que cortar en tres partes, porque la balanza sólo tiene la capacidad de pesar hasta 400 g y los panes pesaron por encima de 800 g cada uno.

3.2.6.3 Composición química. Se realizó un análisis proximal en el laboratorio de bromatología de Zamorano, donde se midió el contenido de humedad, carbohidratos, proteína, extracto etéreo y fibra de los doce tratamientos de una repetición.

3.2.6.4 Características sensoriales. Se calificaron características de color interno y externo, porosidad, sabor, olor, y suavidad en la boca. Los panelistas midieron el nivel de intensidad de cada característica (ver Anexo 2). El color se midió con la ayuda de una tabla bunsell (colores de los suelos) siendo 0 el color blanco (2.5 Y 3/1) y 10 el color más oscuro (2.5 Y 7/4). A los colores intermedios de la tabla se les asignó un porcentaje

estimado. El nivel de porosidad se determinó subjetivamente, siendo 10 el pan más poroso y 0 el menos poroso de los 12 tratamientos. Los demás fueron colocados en intensidades intermedias. Se define porosidad como el área de los poros de una sección transversal del pan por unidad de área. La suavidad en la boca se determinó subjetivamente, siendo 0 el pan más suave y 10 el pan más duro de todos los tratamientos. En el sabor 0 fue el pan más desagradable y 10 el más agradable de todos los tratamientos.

Fueron escogidos cuatro panelistas, prefiriendo las personas con más experiencia en la industria de alimentos de Zamorano, debido a que no se cuenta con un panel de catación capacitado. El lugar en el que se realizó la catación fue en un salón de CITESGRAN. A cada panelista se le presentaron los doce tratamientos al mismo tiempo. Cada uno se colocó en cuatro mesas separadas en un mínimo de 5 metros. Se les dio un vaso de agua, para que se enjuagaran la boca entre pruebas.

3.2.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si las diferencias en las variables físicas y sensoriales de los 12 tratamientos eran significativas. Después se usó la prueba de separación de medias Tukey para discriminar entre los tratamientos, individualmente. Se usó el programa "Statistical Analysis System" (SAS) a un nivel de significancia de 0.05.

3.2 METODOS (PARTE II)

Usando una harina de maíz de mejor calidad (harina de maíz decortinado y degerminado), se elaboraron dos tandas de pan con la amasadora mecánica, para probar si las propiedades del pan observadas en la parte I se debieron a la mala calidad de la harina de maíz integral y para verificar con mayores pruebas estadísticas si hay mayor preferencia de los panes de maíz que contienen gluten vital contra los que no lo tienen.

3.3.1 Fuentes de variabilidad

Dos niveles de gluten vital (Cuadro 2)

3.3.2 Descripción de los tratamientos

Se elaboraron dos tratamientos y sin repeticiones. Cada tratamiento o unidad experimental constó de cinco panes procesados en la amasadora mecánica, a diferencia de la parte I donde por cada unidad experimental se procesó a mano (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos de la parte II.

Ingredientes	Tratamientos (%)	
	1	2
Harina de maíz decortificada	25	25
Harina de trigo	75	75
Gluten	0	10
Levadura	2.0	2.0
Leche	63.0	63.0
Sal	2.0	2.0
Margarina	11.0	11.0
Azúcar	9.1	9.1

En este caso la cantidad total de harina para cada tratamiento fue de 2483 g, ya que se debieron elaborar cinco panes por unidad experimental porque esa es la capacidad mínima de la amasadora mecánica. Se usó harina de maíz decortificado y leche, ya que este es el producto final deseado y se buscó ofrecer al consumidor la mejor calidad.

3.3.3 Hipótesis

Hipótesis nula.- No hay diferencia en el volumen y las preferencias del consumidor final entre los panes elaborados con 25% de maíz y 0% de gluten versus los panes elaborados con 25% de maíz y 10% de gluten.

Hipótesis alternativa.- Hay diferencia en el volumen y las preferencias del consumidor final entre los panes elaborados con 25% de maíz y 0% de gluten versus los panes elaborados con 25% de maíz y 10% de gluten.

3.3.4 Procedimiento

Las dos tandas se elaboraron con el método directo usado en la panadería de Zamorano (Anexo 1) (inciso 1.2.3 Elaboración de pan).

3.3.5 Variables

Las variables medidas en esta parte del experimento fueron las siguientes:

3.3.5.1 Densidad. Se siguió el procedimiento indicado en la parte I (inciso 2.2.6.2)

3.3.5.2 Análisis sensorial. Se usó una evaluación de preferencias de pares. Se encuestó a cien panelistas no entrenados en el puesto de venta de Zamorano. A cada panelista se le

dio en platos diferentes una muestra de cada tratamiento y se les preguntó cuales de las dos muestras prefiere. Las dos muestras (tratamiento 1 y 2) fueron codificadas con números de tres dígitos escogidos al azar. A 50 panelistas se les ordenó que empiecen a probar primero la muestra de su izquierda y a los otros 50 panelistas se les ordenó probar primero la muestra de su derecha. Cada panelista obligatoriamente debía escoger una muestra, ya que no había la opción de "no se encuentra diferencia".

3.3.5 Análisis estadístico

En el análisis de los datos se usó una evaluación binomial de dos colas.

3.4 EVALUACION ECONOMICA

Se realizó una comparación de costos para elaborar una tanda de 32 panes entre los siguientes tratamientos:

1. 25% harina de maíz integral, 75% harina de trigo, 0 % gluten vital y demás ingredientes fijos (se usó leche en vez de agua).
2. 25% harina de maíz decortinado, 75% harina de trigo, 0 % gluten vital y demás ingredientes fijos (se usó leche en vez de agua).
3. 0% harina de maíz, 100% harina de trigo, 0 % gluten vital y demás ingredientes fijos (se usó leche en vez de agua).

Los rubros considerados fueron los directos o variables: materiales directos y la energía eléctrica; y los indirectos o fijos: el agua de limpieza, la depreciación del equipo, la energía eléctrica, la mano de obra y los gastos administrativos.

Antes de explicar como se calcularon estos rubros, se aclarará un factor considerado para calcular los costos indirectos de fabricación por repartir.

El Factor pan¹ sirve para repartir los costos de algún rubro que incluya toda la línea de panificación (galletas, pan integral, pasteles, módulos, pan blanco) en costos de pan blanco y costos de demás productos. Se obtuvo de la división de la harina usada para hacer pan blanco entre el total de la harina consumida en un mes.

3.4.1 Materiales directos

Se calculó la cantidad de los ingredientes, la bolsa de empaque y el gas que se usan en elaborar una tanda de 32 panes. Esta cantidad multiplicada por el precio de cada uno da los costos por tanda en materiales directos.

¹ Factor pan = 305 libras para pan en un mes/492 libras para otros productos=0.62

3.4.2 Energía

En los catálogos del horno, la batidora y la fermentadora se obtuvieron los voltios, el amperaje y los caballos de fuerza (HP) de cada máquina, los cuales se transformaron a kilowatts hora (KWH)¹. Los KWH se multiplicaron por las horas que se usa cada equipo y se obtuvo los KW totales usados en una tanda de 32 panes por equipo.

3.4.3 Agua de limpieza

Se midió el flujo de agua (galones/minutos) y se multiplicó por un estimado de los minutos que se mantiene abierta la única llave de agua de la planta por mes. De la cantidad de agua gastada en un mes se asumió que el 50% es para la línea de panificación y 50% para la línea de extrusión. El agua consumida en la línea de panificación en un mes se multiplicó por el factor pan, para obtener los galones de agua para limpieza repartidos a la producción de pan por mes.

3.4.4 Depreciación de equipo

Se depreciaron el horno, la batidora y la caja fermentadora por mes. Al precio FOB del equipo se lo dividió para el total de meses en 10 años, y se obtuvo la depreciación por mes, que a su vez se multiplicó por el factor pan, para repartir este costo mensual la producción de pan.

3.4.5 Mano de obra

Del salario del único operario en la planta de Cereales se estimó que un 50% de su tiempo lo dedica a educación y asuntos varios, un 20% a la planta de extrusión y un 30% a la planta de panificación. Al gasto de mano de obra repartido a la parte de panificación se le multiplicó el factor pan para repartirlo a la producción de pan.

3.4.6 Gastos administrativos

Según Castro E.² (1999). Los gastos administrativos mensuales repartidos a la planta de procesamiento de granos, obtenidos del Sistema Contable del Zamorano, son L. 5650.2 que incluye gastos por papelería, combustible, lubricantes, aseo, tutorías, tinta, herramientas, botiquín, material didáctico, lavandería, implementas menores, etc. A estos gastos se le suma el sueldo del administrador general de la planta. De los gastos

¹ $KWH = \text{Voltios} \times \text{Amperaje} / 1000$, $KWH = HP \times 0.746$

² CASTRO E. 1999. Gastos administrativos de la planta de cereales en Zamorano, Zamorano, Honduras. (Comunicación personal).

administrativos se estimó que el 50% es para gastos educativos, el 20% para repartir a la línea de extrusión y 30% para repartir a la línea de panificación. A los gastos repartidos a la línea de panificación se le multiplicaron el factor pan, para obtener los gastos administrativos repartidos a la producción de pan.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PARTE I

En la parte I se trabajó con harina de maíz integral no nixtamalizada.

4.1.1 Propiedades físicas

El modelo fue significativo ($P < 0,0001$) para el volumen de pan y la densidad, mientras que no fue significativo para el volumen de agua agregada a la masa ($P > 0,1$) (Anexo 4). El volumen (Figura 1) y la densidad (Figura 2) del pan no cambiaron ($P < 0,05$) al agregarle gluten vital con ninguno de los niveles de harina de maíz integral (Anexo 4). Esto podría deberse a que en el proceso de elaboración de los panes a mano hubo muchos factores controlados subjetivamente.

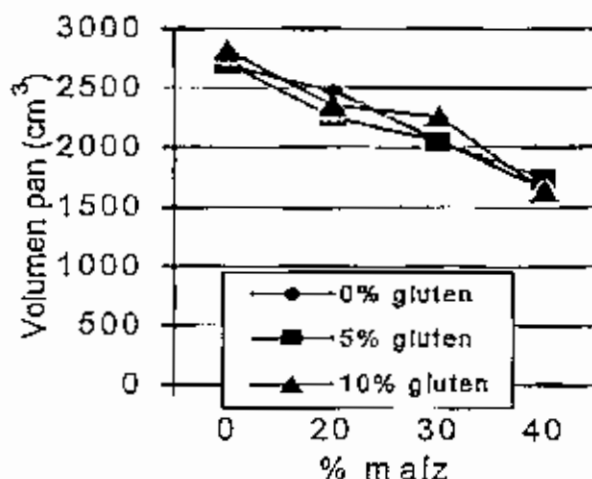


Figura 1. Efecto de la adición de harina de maíz integral a la masa en el volumen del pan a tres niveles de harina gluten. HSD para maíz=400 cm³. HSD para gluten=420 cm³.

Estos factores fueron: el tiempo del amasado, que debe ser mayor conforme más dura es la harina (mayor contenido de gluten); la calidad del amasado, que depende del amasador (en este caso se usaron amasadores inexpertos); el tiempo de fermentación II (dentro de la

cámara de fermentación), que debe ser mayor conforme más gluten tenga la masa por la estabilidad que le confiere el mismo, y la cantidad de agua agregada en la masa que en teoría debe aumentar conforme más proteína tenga la misma. No se ajustaron estas variables a un nivel fijo para no castigar a unos tratamientos y favorecer a otros. Si se amasa demasiado, se rompe la estructura primaria del gluten lo cual se refleja en una disminución de la elasticidad de la masa. Si se deja la masa demasiado tiempo en fermentación la superficie de ésta se agujerea y la masa pierde volumen. Si se agrega demasiada agua a la masa, ésta se vuelve demasiado pegajosa y pastosa lo cual impide el desarrollo adecuado del gluten.

El pan disminuyó progresivamente su volumen (Figura 1) o aumentó su densidad (Figura 2) a medida que se incrementó el nivel de harina de maíz integral en la masa, debido a la reducción porcentual de gluten en la misma. Además, la harina de maíz integral tuvo un alto contenido de grasa; lo cual, según Pomeranz (1988), pudo haber causado efectos demeritales en la masa, inhibiendo el gluten por la formación de ácidos grasos libres y la rápida disminución del oxígeno por la oxidación de ácidos grasos insaturados.

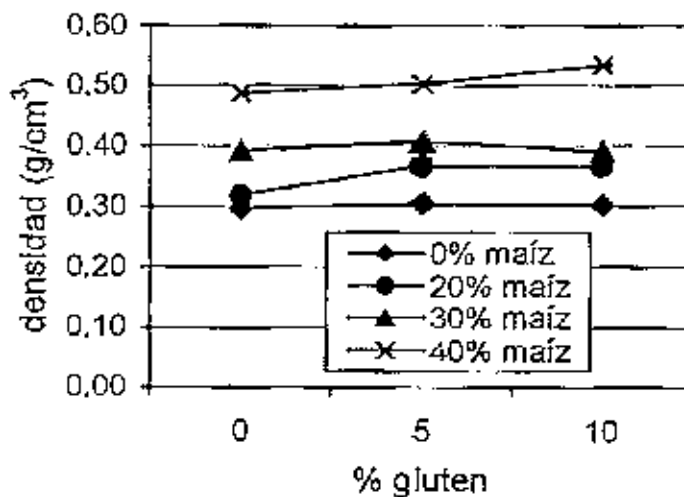


Figura 2. Efecto del porcentaje de gluten vital en la densidad del pan a 4 niveles de harina de maíz integral. HSD para maíz=0.039 g/cm³. HSD para gluten=0.031 g/cm³.

El volumen de agua agregado a la masa en teoría debería ser mayor al agregarle gluten vital, debido a que el proceso de desarrollo del gluten absorbe agua. En el experimento no se pudo determinar el efecto de agregarle gluten y harina de maíz en el volumen de agua, por la mala calidad de la harina de maíz integral y las variables no controladas en el experimento, que en este caso la más importante fue que se agregó agua en forma subjetiva (Figura 3).

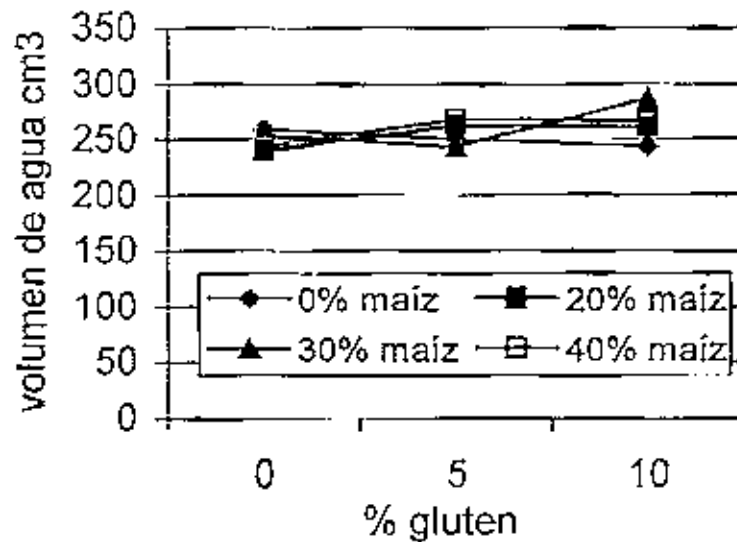


Figura 3. Efecto de la adición gluten vital en la cantidad de agua agregada a la masa del pan a cuatro niveles de harina de maíz integral, HSD para maíz=27 cm³, HSD para gluten=21 cm³.

4.1.2 Propiedades sensoriales

El modelo fue significativo ($P < 0.0001$) para el color interno, porosidad, suavidad y sabor, mientras que no fue significativo para el color externo ($P > 0.05$) (Anexo 4).

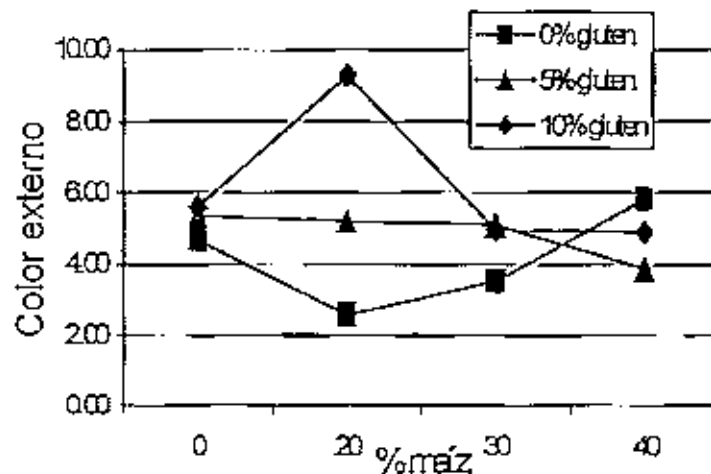


Figura 4. Efecto de la adición de harina de maíz integral en el color externo del pan a tres niveles de gluten vital¹. HSD para maíz=1.94 HSD para gluten= 1.53 .

¹ 0 = más claro, 10 = el más oscuro

No se pudo determinar el efecto del gluten y el nivel de adición de maíz en el color externo debido posiblemente a las variaciones poco controladas en el experimento como tiempo y temperatura de horneado. En la Figura 5 se observa la tendencia del oscurecimiento del color interno conforme más se agrega harina de maíz integral en la masa ($P < 0.05$), y se observa que los panes con 0% de gluten fueron más claros en la parte interna que los panes con 5% de gluten, pero que no hubo diferencias en el color interno entre los panes con 10% y 5% de gluten ($P < 0.05$). La tendencia del oscurecimiento se debe a que la harina de maíz decortinado usada fue amarilla, lo cual podría contribuir en el merceado del producto, puesto que crea una diferenciación visual entre el pan de trigo y el pan de maíz.

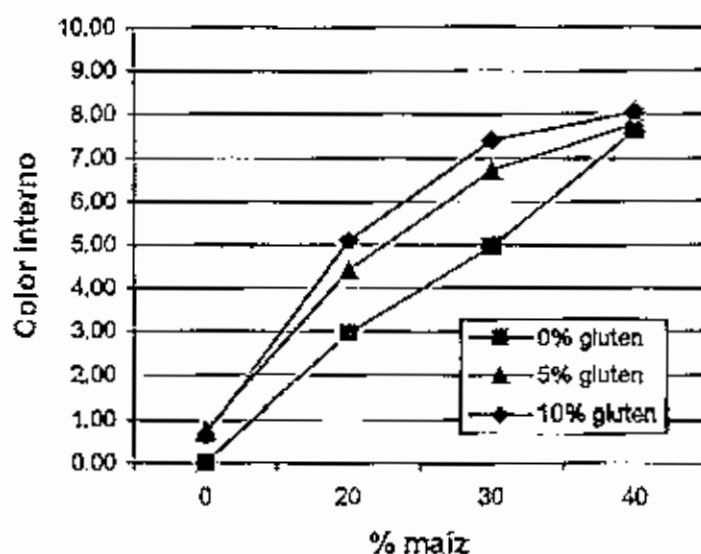


Figura 5. Efecto del porcentaje de adición de harina de maíz integral en el color interno¹ del pan a 3 niveles de gluten vital. HSD para maíz=1.22 cm³, HSD para gluten vital=0.96

Los catadores no apreciaron diferencias en las propiedades de porosidad, suavidad y sabor entre los panes con diferentes niveles de gluten vital ($P < 0.05$). Esto está relacionado con que tampoco hubo diferencia en la densidad, debido a que los panes con menor densidad tendrán mayor porosidad y suavidad. Las razones por las cuales no se encontraron variaciones en estas características sensoriales, entre los panes con diferentes niveles de gluten, fueron los factores controlados subjetivamente en el proceso de amasado a mano, como el tiempo y la calidad del amasado, el tiempo de fermentación II, y la cantidad de agua agregada a la masa. Otra posible razón es que el gluten no haya funcionado por su mala calidad.

¹ 0 = más claro, 10 = el más oscuro

En las Figuras 6 y 7 se observa que los panes sin harina de maíz fueron los más porosos y suaves ($P<0.05$). Los elaborados con 20% y 30% de maíz tuvieron porosidad y suavidad intermedia, y los que se elaboraron con 40% de maíz fueron los menos porosos y suaves ($P<0.05$) (Anexo 4).

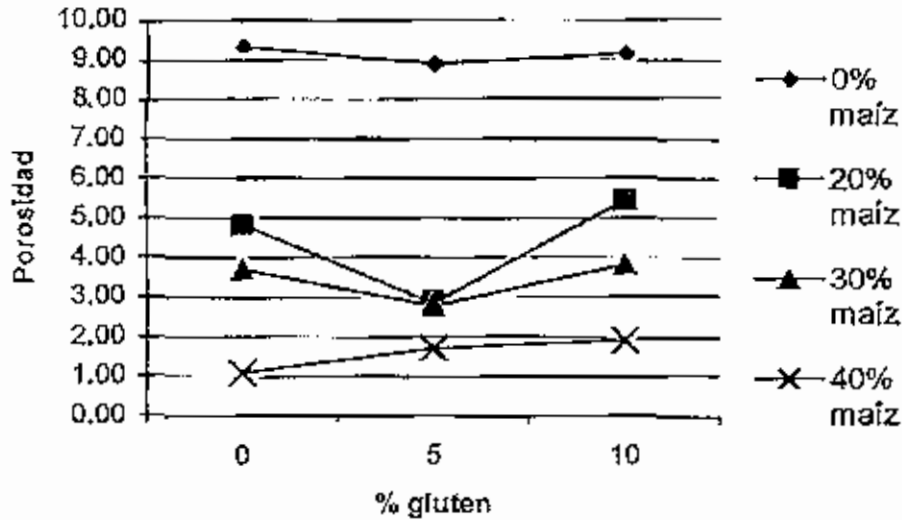


Figura 6. Efecto de la adición de gluten vital en la porosidad¹ de los panes elaborados a cuatro niveles de harina de maíz integral. HSD para maíz=1.34 HSD para gluten=1.06

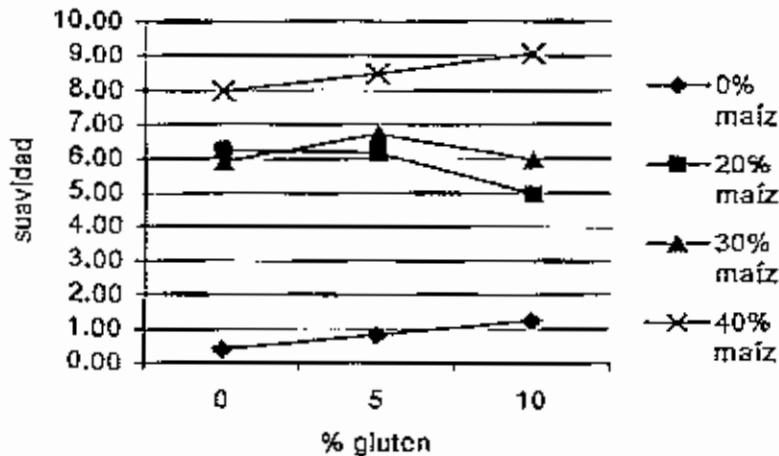


Figura 7. Efecto de la adición de gluten vital en la suavidad² de los panes elaborados a cuatro niveles de harina de maíz integral. HSD para maíz=1.27 HSD para gluten=0.99

¹ 0 = más compacto, 10 = más poroso

² 0 = más suave, 10 = más duro

Estas diferencias de porosidad y suavidad tienen una relación directa con la densidad de la masa, con la excepción que los catadores no apreciaron la diferencia en densidad entre los tratamientos con 20% y 30% de maíz. Una disminución en la densidad de la masa de pan se atribuye a un mayor contenido de aire, que se traduce en una apreciación visual de mayor porosidad, y esto trae consigo una sensación bucal de mayor suavidad. Las razones por las que ocurrieron estas diferencias de apreciación en la porosidad y la suavidad fueron las mismas por las cuales se encontró diferencias en la densidad, como la reducción porcentual de gluten en la masa, y el alto contenidos de grasa en la harina integral.

En la Figura 8 se observa que el agregarle harina de maíz integral a la masa le imparte un sabor desagradable al pan ($P < 0.05$). El sabor desagradable por agregarle harina de maíz integral se debió a la mala calidad de la harina de maíz usada en esta parte del experimento, obtenida del molino de concentrados en Zamorano. Esta harina es un polvillo considerado un subproducto de la molienda del grano de maíz para las mezclas de concentrado para alimento animal, que por ser integral y probablemente provenir de un grano de baja calidad no tenga una sabor agradable para el gusto humano. En teoría se debieron encontrar diferencias en el sabor entre los panes que tenían más gluten en sus ingredientes, debido a que este ingrediente hace que la masa absorba más agua y hace que el sabor del pan de maíz se parezca más al de trigo. Esta diferencia no se encontró ($P < 0.05$).

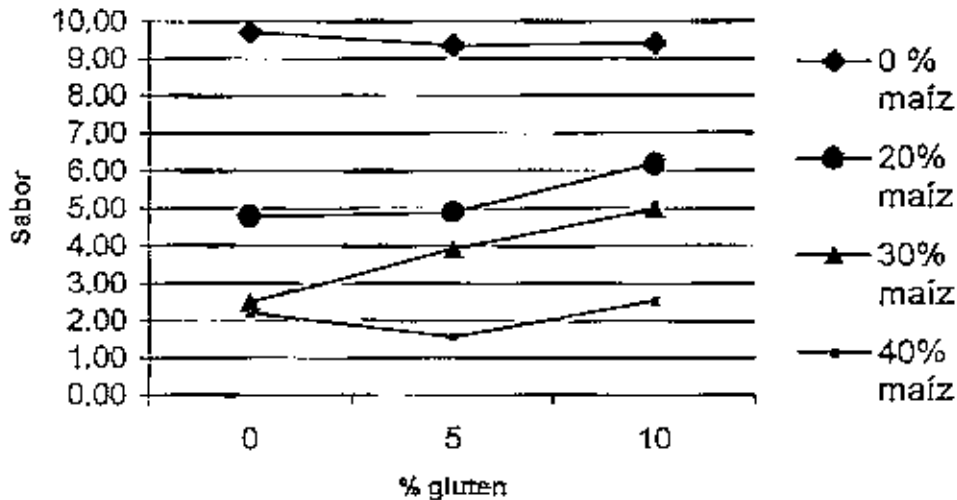


Figura 8. Efecto de la adición de gluten vital en el sabor¹ de los panes a cuatro niveles de harina de maíz. HSD para maíz= 1.27 HSD para gluten=1.0

¹ 0 = pésimo, 10 = excelente

En el color interno, la porosidad, la suavidad y el sabor del pan. Una pequeña adición de harina de maíz causó una marcada reducción de las características sensoriales, ubicándose siempre los tratamientos con 0% de harina de maíz en el extremo positivo de la escala y los otros, que tenían harina de maíz en el extremo negativo, relativamente juntos. Esto se debió a la mala calidad de la harina integral y al alto contenido de grasa de la misma.

4.1.3 Composición química

Sólo se realizó análisis químicos de los doce tratamientos en la última repetición, por lo tanto los datos mostrados no fueron analizados estadísticamente. Sólo se observó tendencia en la proteína cruda, el extracto etéreo y la fibra cruda.

4.1.3.1 Proteína cruda. Se observa en la Figura 9 que la cantidad de proteína en el pan aumentó al adicionar gluten, de 8%-9% en los panes sin gluten hasta 11%-13% entre los panes con 10% de gluten, esto se debe a que el gluten es una proteína. La cantidad de proteína disminuyó al agregar harina de maíz integral, de 8%-11% en los panes con 40% de harina de maíz hasta 9.5%-13% en los panes sin harina de maíz. Esto se debió a la reducción porcentual de proteína en el pan al adicionarle maíz, ya que el maíz es un cereal con menor proporción de proteína que el trigo duro o panadero.

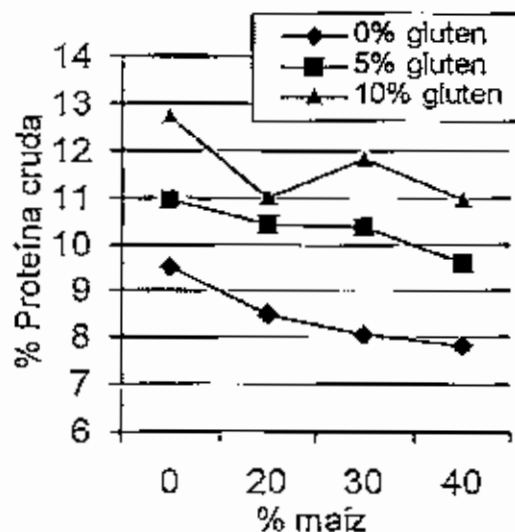


Figura 9. Efecto de la adición de harina de maíz integral en la proteína cruda de los panes a tres niveles de gluten vital.

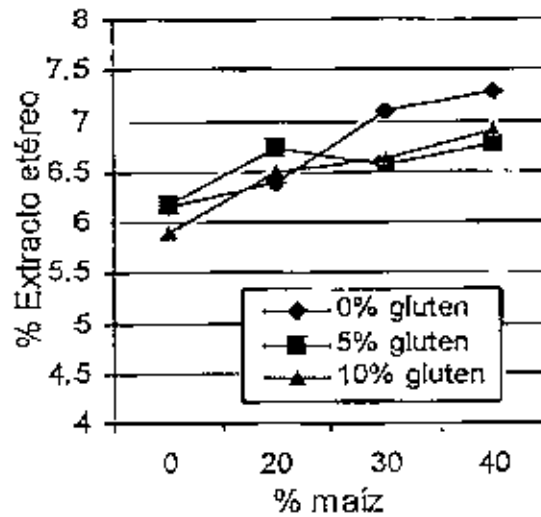


Figura 10. Efecto de la adición de harina de maíz integral en el extracto etéreo de los panes a tres niveles de gluten vital.

4.1.3.1 Extracto etéreo. En la Figura 10 se observa que el extracto etéreo aumenta al adicionar harina de maíz a la masa, de 5,9%-6,17% en los panes sin harina de trigo hasta 6,2%-7,3% en los panes con 40% de harina de maíz. Sin embargo, la adición de gluten no afectó la cantidad de grasa en los panes. Esto se debe a que la harina de maíz usada en esta prueba fue integral, conteniendo germen, el cual tiene un alto contenido de grasa, que (incisos 4.1.1 y 4.1.2) causó efectos detrimentales en las propiedades físicas y sensoriales del pan.

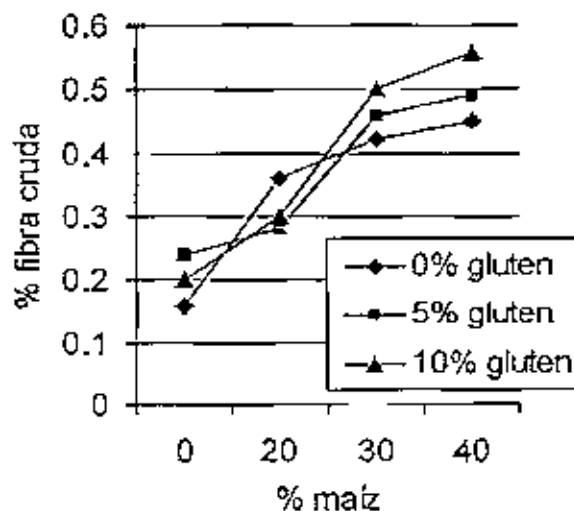


Figura 11. Efecto de la adición de harina de maíz integral en la fibra cruda de los panes a tres niveles de gluten vital.

4.1.3.2 Fibra cruda. Se observó que al aumentar la harina de maíz, aumentó la fibra cruda en los panes (Figura 11). Esto se debe a que la harina de maíz usada en el experimento era integral, conteniendo pericarpio.

4.2 PARTE II

En esta parte del experimento se usó harina de maíz decortinado y degerminado importada de Estados Unidos. Además, era una harina de alta calidad, para consumo humano.

4.2.1 Propiedades físicas

El volumen promedio de los cinco panes de la tanda con 25% de harina de maíz decortificada y 0% de gluten vital fue de 2814 cm³ y en los cinco panes de la tanda con 25% de harina de maíz decortificada y 10% de gluten vital fue de 2976 cm³.

La densidad promedio de los cinco panes de la tanda con 25% de harina de maíz decortificada y 0% de gluten vital fue de 0.307 g/cm³ y la densidad promedio de los cinco panes de la tanda con 25% de harina de maíz decortificado y 10% de gluten vital fue de 0.291 g/cm³. Estas diferencias en el volumen y la densidad entre las dos tandas de panes fueron muy pequeñas para ser significativas ($P < 0.05$) (Anexo 4). Los volúmenes y densidades de ambos tipos de panes elaborados para esta prueba fueron similares a las de los panes hechos con 100 % harina de trigo (Parte I). Esto se debió a la buena calidad de la harina usada en esta prueba.

4.2.2 Análisis de preferencia

De las 100 personas encuestadas, 42 personas prefirieron el pan con 0% de gluten y 58 prefirieron el pan con 10% de gluten vital. Usando una tabla de evaluación binomial de dos colas y dividiendo entre dos los datos para ajustarlos de 100 a 50 encuestados que es el máximo número de encuestados de la tabla, la probabilidad es de 0.322, la cual es mayor que el nivel de significancia usado en este experimento, por lo tanto no hay una preferencia significativa entre los panes elaborados con 0% y 10% de gluten (25% de harina de maíz decortificado). Esto se puede deber a que no se probaron más posibilidades con diferentes niveles de harina de maíz y de gluten vital, o a que el gluten no sirvió.

4.3 ANALISIS ECONOMICO

Se especifican los costos totales de los tres tipos de panes siguientes: El pan con 100% de harina de trigo. Pan elaborado con 25% de harina de maíz integral y 75% harina de trigo. Pan elaborado con 25% de harina de maíz decortificado y 75% harina de trigo.

En el Cuadro 3 se aprecia que para cubrir los costos fijos y variables en la producción de pan blanco por mes a un precio de L.21.25, se deben vender 207 unidades de pan molde y si se desea tener una rentabilidad del 25% se debe vender 333 panes. Para cubrir los costos de producción de pan con harina de maíz integral a un precio de L. 21.25, se deben vender 200 panes molde y si se desea tener una rentabilidad del 25% se deben vender 316. Para cubrir los costos de producción fijos y variables de pan con harina de maíz decortinado, a un precio, de L.21.25 se deben vender 232 panes molde y si se desea tener una rentabilidad del 25% se deben vender 405 panes.

La planta de panificación vende en promedio 279 panes de trigo al mes, por eso se escogió ese número para hacer el cálculo de e costo unitario. Se observa en el cuadro 3 que el costo unitario de pan de maíz con harina de maíz decortinado, si se venden 279 panes, es 7.98% mayor que el de pan de trigo y su rentabilidad siete puntos porcentuales menos si se mantuviese el precio de L. 21.25. El costo unitario del pan de maíz con harina de maíz integral es 2.85% menor que el de pan de trigo y su rentabilidad es dos puntos porcentuales mayor si se mantuviese con el mismo precio.

Cuadro 3. Costos totales, rentabilidades y puntos de equilibrio en la elaboración de pan de trigo puro, pan con harina de maíz integral y pan con harina de maíz decortinado.

		COSTOS TOTALES		
		Lempiras		
		Pan de trigo	Pan de maíz integral	Pan de maíz decortinado
Clasificación	Rubro			
Variables	Materiales directos	228.67	277.85	213.10
Variables	Energía	4.46	4.46	4.46
Total variables		233.13	282.30	217.55
Variables/molde		7.29	8.82	6.80
Fijos/mes	Agua de limpieza	104.59	104.59	104.59
Fijos/mes	Depreciación de equipo	1025.56	1025.56	1025.56
Fijos/mes	Mano de obra	285.20	285.20	285.20
Fijos/mes	Gastos administrativos	1469.44	1469.44	1469.44
Total fijos		2884.79	2884.79	2884.79
Precio		21.25	21.25	21.25
Punto de equilibrio (unidades)		207	232	200
Punto de equilibrio (25% utilidad)		333	405	316
Costo unitario vendiendo 279 panes/mes		17.63	19.16	17.14
Rentabilidad vendiendo 279 panes/mes (%)		17	10	19

Aunque el precio unitario del pan con harina de maíz integral es menor que el del trigo, el análisis sensorial demostró que su aceptabilidad general es mucho menor.

El pan con harina de maíz decortinado es más costoso que el pan de trigo debido a que esta harina sólo fue encontrada en una tienda de productos importados donde los precios son muy elevados y se venden los productos al detalle en bolsas de 320 g. Aunque no se hizo un estudio comparativo de aceptabilidad entre el pan con harina de maíz decortinado, y el pan de trigo, se cree que el primero tendría mucha aceptabilidad por los resultados en su volumen y sus propiedades sensoriales, que fueron similares a los del pan de trigo en el experimento. Si se encontrara una fuente de harina de maíz sin nixtamalizar de alta calidad en el área local podría ser factible usar esta harina para elaborar panes con harina compuestas de alta calidad, pero eso requeriría otro estudio técnico y uno de mercado.

5. CONCLUSIONES

El gluten vital no influyó en el volumen, la densidad, ni en las propiedades sensoriales del pan.

El agregar harina de maíz integral en la masa, provocó una marcada disminución del volumen y la densidad del pan por la mala calidad de la harina y por su alto contenido de fibra y grasa.

El volumen de agua agregada a la masa no varió al cambiar la cantidad de harina de maíz integral.

El color, la porosidad, la suavidad y el sabor del pan no cambiaron significativamente al agregarle gluten vital a la masa.

El agregar harina de maíz integral oscurece la parte interna del pan, disminuye la porosidad, la suavidad y el sabor del pan.

El pan hecho con harina de maíz integral resultó ser más barato que el pan de trigo y el pan con harina de maíz decortinado, sin embargo su calidad fue muy inferior a la de estos dos tipos de panes.

El pan con harina de maíz decortinado es el más caro, porque la harina de maíz es importada y comprada al detalle, sin embargo, fue de una calidad similar a la del pan de trigo.

6. RECOMENDACIONES

Buscar la forma de obtener en Honduras una fuente de harina de maíz decorticada y degerminado, para probarla a nivel experimental como reemplazante de la harina de trigo en la elaboración de pan.

Evaluar la calidad del gluten vital de varios proveedores en la elaboración de pan molde de maíz.

Evaluar el efecto de varios niveles de gluten vital en la producción de pan con adición de harina de maíz decorticada (un sólo nivel), usando la mezcladora /amasadora mecánica y agregando la misma cantidad de agua/leche (determinada previamente) a todos los tratamientos.

Elaborar una evaluación sensorial dirigida al consumidor, para verificar si hay preferencia entre el pan de trigo y el pan con harina de maíz decorticada.

Elaborar un estudio de mercado para un pan elaborado con adición de harina de maíz.

Si la preferencia saliera parecida o a favor del pan de maíz decorticada, elaborar un estudio de factibilidad económica parcial de la implementación de esta línea de producción en la planta de Procesamiento de Granos y Cereales de Zamorano.

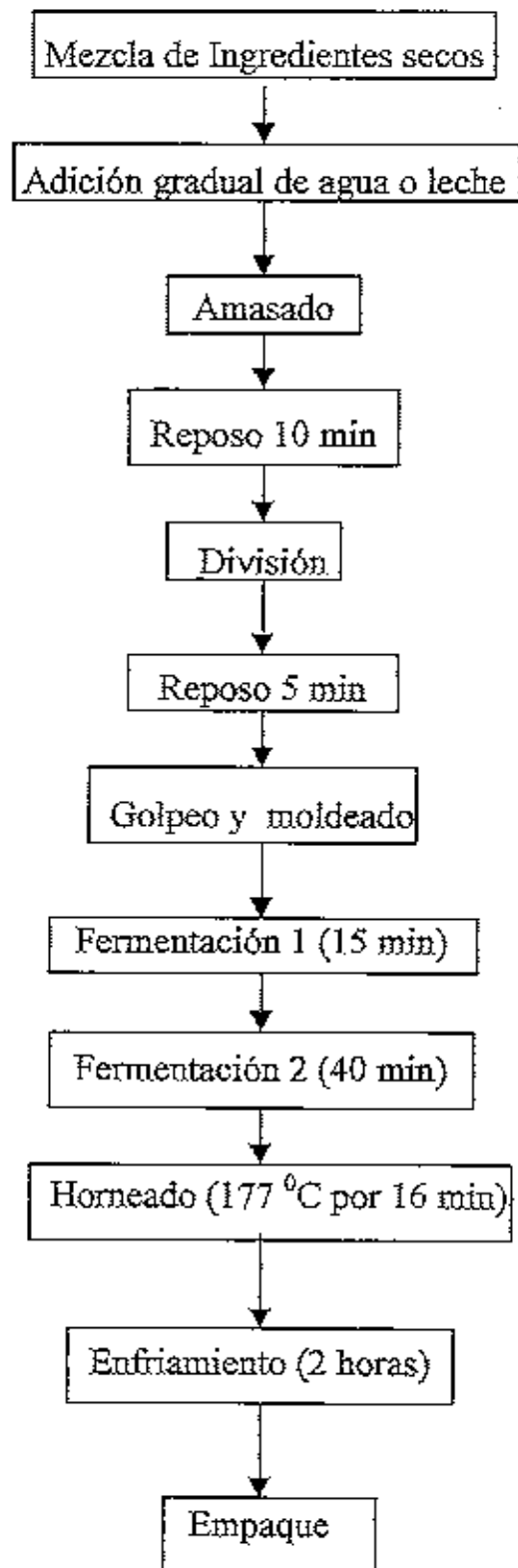
7. BIBLIOGRAFIA

- CENTRO DE ANALISIS DE POLITICAS AGRICOLAS Y AMBIENTALES. 1998. Indicadores básicos sobre el desempeño agropecuario 1990-1997. Edit Centro de Análisis de Políticas Agrícolas y Ambientales. Zamorano, hn, 102 p.
- CHARLEY, H. 1987. Tecnología de alimentos: Proceso químicos y físicos en la preparación de alimentos. Trad. Por Francisco Gonzales y María Eugenia Torres. 1 edic. México, Mex. Edit. Limusa. 767 p.
- CROCKER B. 1983. Betty Crocker's Cook Book. 8 edic. New York, U.S.A. Edit. Western Publishing Company. 180 p.
- FAO. 1992. Maize in human nutrition. Roma, Ital. FAO, 160 p.
- FENNEMA. 1996. Food chemistry. 3 edic. Wisconsin, U.S.A. Edit. Marcel Dekker. 1069 p.
- INTERNATIONAL DEVELOPMENT RESEARCH CENTER. 1989. Basic sensory methods for food evaluation. Ottawa Canada, sn, p. 90-113.
- NAVICKIS, L. AND NELSEN, T. 1992. Mixing and extensional properties of wheat flour doughs with added corn flour, fibers, and gluten. Cereal Foods World. 37(1):30-35 p.
- POMERANZ, Y. 1988. Wheat: Chemistry and technology. 3 ed. Minnesota, U.S.A. Edit. American Association of Cereal Chemists, Inc. v.1, 514 p., 562 p.
- POTTER, N. 1978. La ciencia de alimentos. trad. por Aniría Yates. 2 edic. México, Méx. Edutex. 749 p.
- PYLER, E. 1988. Baking: Science and technology. 3 ed. Kansas, U.S.A. v.1, 588 p.
- RANHOTRA, G., GELROTH, J., AND EISENBRAUN, J. 1992. Gluten index and bread-making quality of commercial dry glutens. Cereal Foods world. 37(3): 261-263 p.
- WANG, Z. AND PONTE, J. Jr. 1994. Improving frozen dough qualities with the addition of vital wheat gluten. Cereal foods world. 39(7): 500-503 p.

SIECA, 1999. Honduras: Superficie, producción y rendimiento de granos básicos y otros productos agrícolas. 1988-1994 <http://pronet.net.gt/bases/sieca/agricultura>

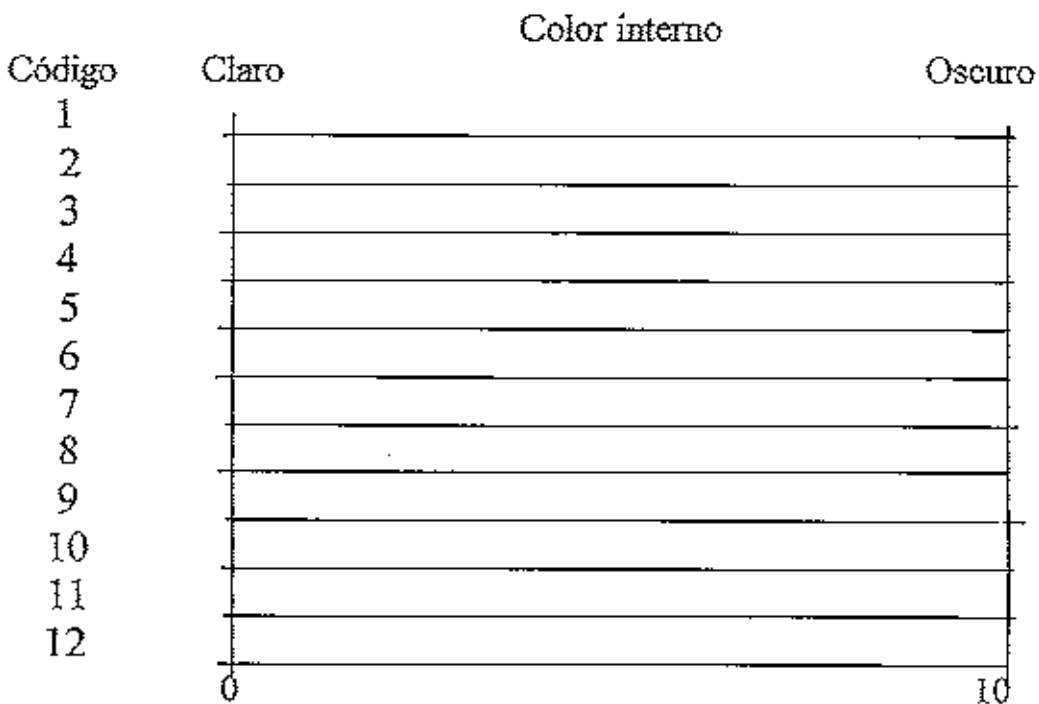
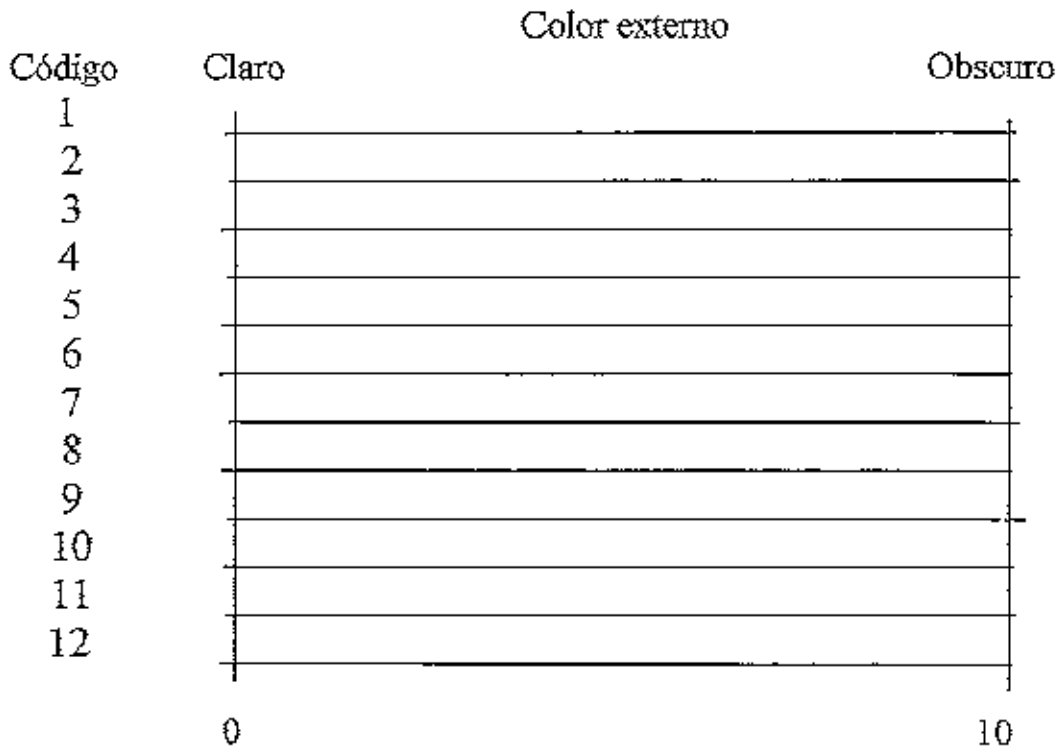
8. ANEXOS

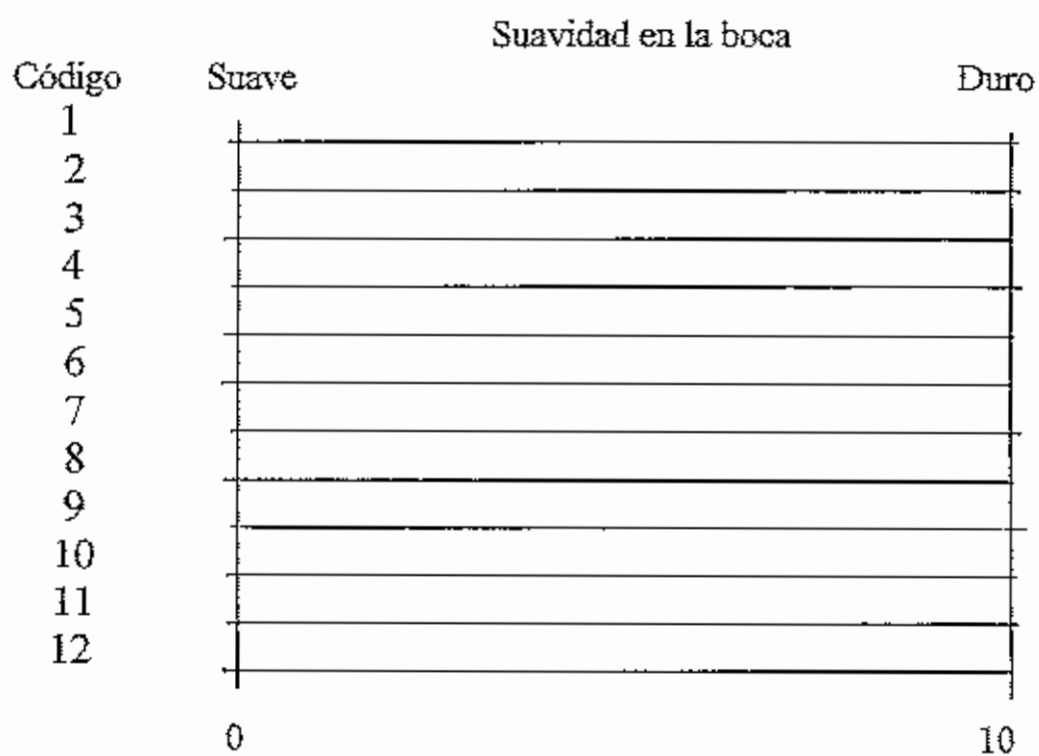
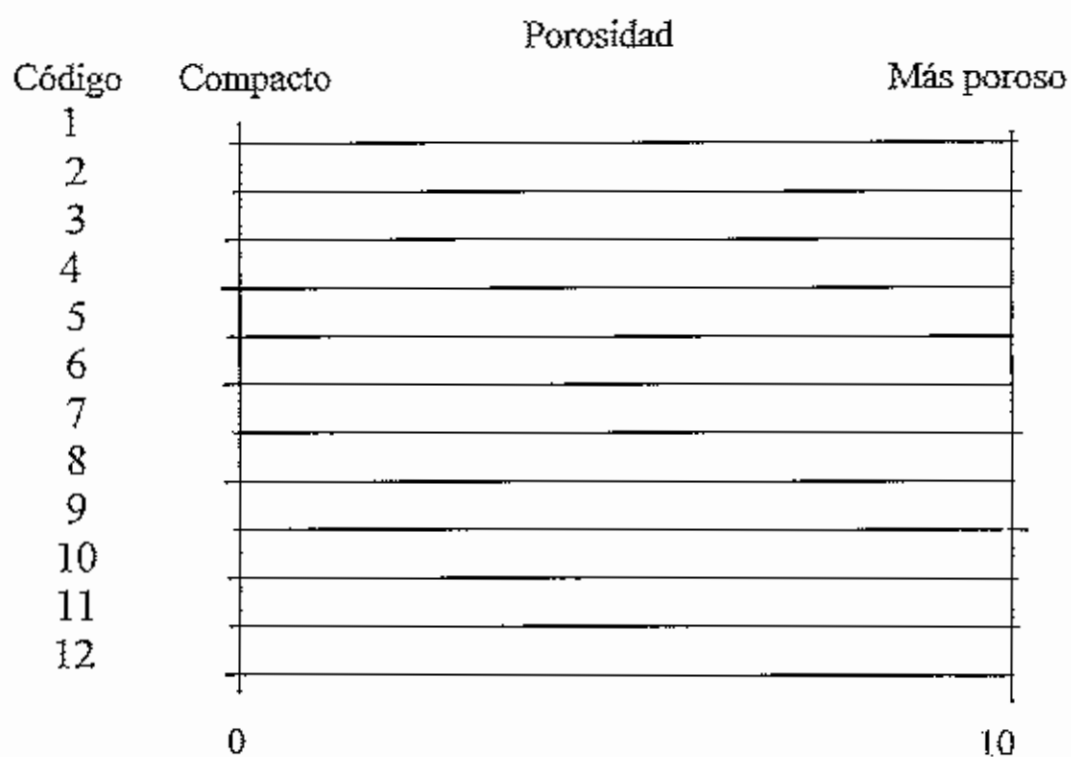
Anexo 1. Elaboración de Pan Blanco por el método directo (Zamorano)

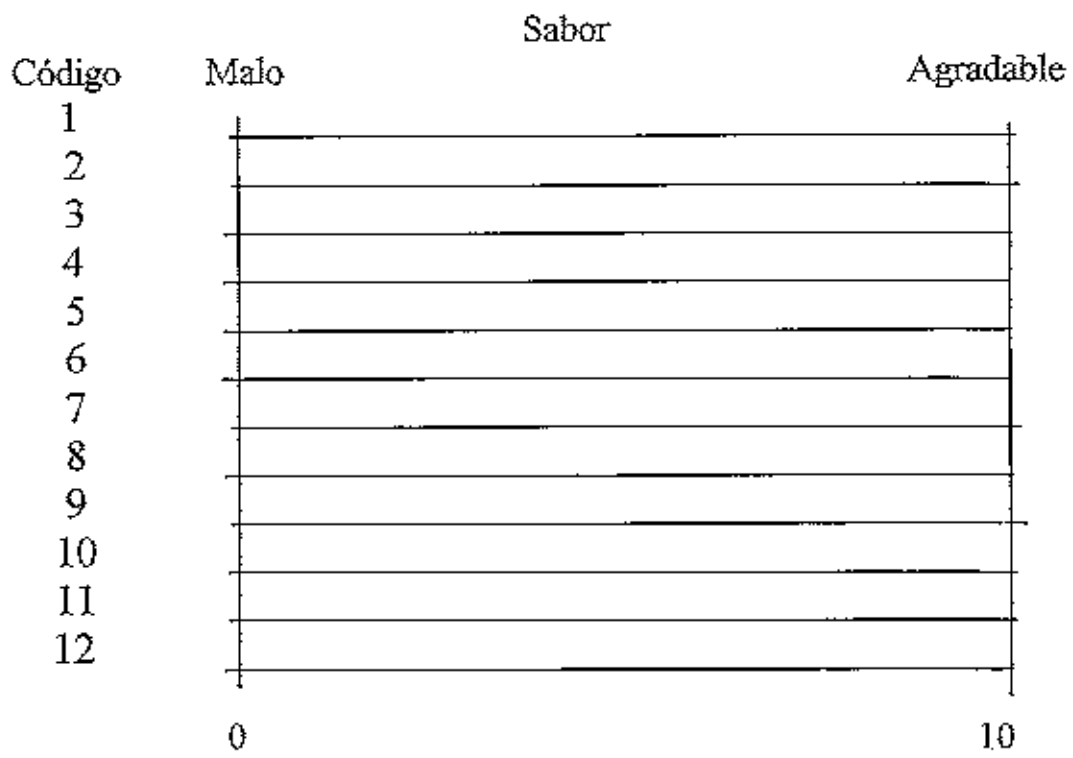


Anexo 2. Hoja de evaluación sensorial dirigida al pan

Ponga una línea vertical en la posición que indica la intensidad de la característica.







Anexo 3. Hoja de evaluación sensorial orientada al consumidor (Evaluación de preferencias de panes)

Nombre: _____

Fecha: octubre de 1999

Pruebe los tipos de panes que están enfrente de usted comenzando por el pan de la izquierda. Encierre el número de la muestra que usted prefiera.

354

289

Anexo 4. Resumen de análisis estadístico realizados con SAS

ANDEVAS (PARTE D)

VARIABLE: VOLUMEN DEL PAN

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
Model	23	7569899.22222221	529117.35748792	19.53	0.0001
Error	12	291969.33333335	24330.77777778		
Corrected Total	35	7861668.55555556			

R cuadrado C.V.
0.962862 7.030672

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
GLUT	2	42140.05555556	21070.02777778	0.87	0.4458
MAIZ	3	5413926.33333334	1804642.11111111	74.17	0.0001
GLUT*MAIZ	6	165427.50000000	27571.25000000	1.13	0.4008
BLOQUE	2	1674593.05555555	837298.52777778	34.41	0.0001
BLOQUE*GLUT	4	19792.44444444	4948.11111111	0.20	0.9317
BLOQUE*MAIZ	6	253819.83333333	42303.30555556	1.74	0.1959

VARIABLE: DENSIDAD

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
Model	23	0.30221950	0.01313998	16.76	0.0001
Error	12	0.00940972	0.00078414		
Corrected Total	35	0.31162922			

R cuadrado C.V.
0.969905 7.203746

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
GLUT	2	0.00454208	0.00227103	2.90	0.0941
MAIZ	3	0.21226589	0.07075530	90.23	0.0001
GLUT*MAIZ	6	0.00410594	0.00068432	0.87	0.5421
BLOQUE	2	0.05968289	0.02984144	37.42	0.0001
BLOQUE*GLUT	4	0.00926828	0.00066707	0.09	0.9853
BLOQUE*MAIZ	6	0.02235444	0.00372574	4.75	0.0106

VARIABLE: VOLUMEN DE AGUA

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
Model	23	15391.66666667	669.20289855	1.82	0.1411
Error	12	4413.88888889	367.82407407		
Corrected Total	35	19805.55555556			

R- cuadrado C.V.
0.777139 7.488445

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
GLUT	2	1505.55555556	752.77777778	2.05	0.1719
MAIZ	3	672.22222222	224.07407407	0.61	0.6218
GLUT*MAIZ	6	4111.11111111	685.18518519	1.86	0.1691
BLOQUE	2	3772.22222222	1886.11111111	5.13	0.0248
BLOQUE*GLUT	4	9402.77777778	2350.69444444	2.31	0.1171
BLOQUE*MAIZ	6	1927.77777778	321.29629630	0.87	0.5417

VARIABLE: COLOR EXTERNO

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
Model	107	1528.58392014	14.28533009	1.53	0.0739
Error	36	336.87452361	9.35207010		
Corrected Total	143	1865.25834375			

R-Cuadrado 0.619502
C.V. 60.44951

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
BLOQUE	2	23.64037917	11.82018958	1.26	0.2948
GLUT	2	101.80557917	50.90278958	5.44	0.0086
MAIZ	3	25.82079097	8.60693032	0.92	0.4408
CATADOR	3	37.43831319	12.47943773	1.33	0.2784
BLOQUE*GLUT	4	77.47462917	19.36865729	2.07	0.1050
BLOQUE*MAIZ	6	124.13493194	20.68900532	2.21	0.0642
BLOQUE*CATADOR	6	33.29512639	5.54918773	0.59	0.7335
GLUT*MAIZ	6	218.31671528	36.38611921	3.89	0.0043
GLUT*CATADOR	6	72.03807639	12.00634666	1.28	0.2899
MAIZ*CATADOR	9	233.86415069	25.98490583	2.78	0.014

VARIABLE: COLOR INTERNO

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
Model	107	1773.89250208	16.57849460	5.05	0.0001
Error	36	118.24513056	3.28458686		
Corrected Total	143	1892.13763264			

R-Cuadrado 0.937507
C.V. 38.58843

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
BLOQUE	2	34.14510556	17.07255278	5.20	0.0104
GLUT	2	50.56010556	25.28005278	7.70	0.0016
MAIZ	3	1107.76237431	369.25412477	112.42	0.0001
CATADOR	3	1.84673542	0.61557847	0.19	0.9043
BLOQUE*GLUT	4	99.29110278	24.82277569	7.56	0.0002
BLOQUE*MAIZ	6	80.68287778	13.44714630	4.09	0.0031
BLOQUE*CATADOR	6	30.05438333	5.00906389	1.53	0.1980
GLUT*MAIZ	6	21.08686111	3.51447685	1.07	0.3984
GLUT*CATADOR	6	29.89583333	4.97263889	1.21	0.3240
MAIZ*CATADOR	9	27.27687847	3.03078427	0.92	0.517

VARIABLE: POROSIDAD

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
Model	107	1574.05822292	14.71082451	3.28	0.0001
Error	36	161.52212639	4.48872573		
Corrected Total	143	1735.58034931			

R-Cuadrado 0.908935
C.V. 45.77483

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
BLOQUE	2	1.63235972	0.81617986	0.18	0.8344
GLUT	2	25.91285139	12.95642569	2.89	0.0687
MAIZ	3	1116.49046875	372.16348958	82.95	0.0001

CATADOR	3	49.84902431	16.61634144	3.70	0.0202
BLOQUE*GLUT	4	43.51823194	10.87955799	2.42	0.0658
BLOQUE*MAIZ	6	12.16374583	2.02729097	0.45	0.8388
BLOQUE*CATADOR	6	54.22585694	5.70430949	1.27	0.2948
GLUT*MAIZ	6	31.94203750	5.32387232	1.19	0.3354
GLUT*CATADOR	6	28.72208528	4.45387755	0.99	0.4450
MAIZ*CATADOR	9	41.86034514	4.66226057	1.04	0.429

VARIABLE: SUAVIDAD

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
Model	107	1688.38034931	15.73252663	3.96	0.0001
Error	36	143.07306667	3.97425185		
Corrected Total	143	1826.45341597			

R-Cuadrado
0.921886

C.V.
37.47817

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
BLOQUE	2	30.56003472	15.28001736	3.84	0.0307
GLUT	2	4.14107639	2.07053819	0.52	0.5983
MAIZ	3	1132.43660764	377.47886921	94.98	0.0001
CATADOR	3	42.02766875	14.00922292	3.52	0.0245
BLOQUE*GLUT	4	27.09251111	6.77312778	1.70	0.1704
BLOQUE*MAIZ	6	32.05158194	5.34193032	1.34	0.2635
BLOQUE*CATADOR	6	41.14158750	6.85693125	1.73	0.1433
GLUT*MAIZ	6	24.67415694	4.11235949	1.03	0.4192
GLUT*CATADOR	6	28.43197917	4.73863119	1.19	0.3325
MAIZ*CATADOR	9	24.84787292	2.76087477	0.69	0.709

VARIABLE: SABOR

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
Model	107	1815.59688875	16.96818317	4.22	0.0001
Error	36	144.85063058	4.02362863		
Corrected Total	143	1960.44751931			

R-Cuadrado
0.926113

C.V.
38.86511

Fuente	GL	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	valor F	Pr > F
BLOQUE	2	115.51975139	57.75987569	14.36	0.0001
GLUT	2	27.43617222	13.71808611	3.41	0.0441
MAIZ	3	1080.79746975	360.26582292	89.54	0.0001
CATADOR	3	41.86180764	13.95393538	3.47	0.0260
BLOQUE*GLUT	4	16.82811944	4.20702986	1.05	0.3974
BLOQUE*MAIZ	6	49.92842083	8.32140347	2.07	0.0815
BLOQUE*CATADOR	6	17.09501528	2.84750255	0.71	0.6455
GLUT*MAIZ	6	31.39481867	5.23280278	1.30	0.2821
GLUT*CATADOR	6	10.71042778	1.78507130	0.44	0.8446
MAIZ*CATADOR	9	88.03764514	9.78240502	2.38	0.031

RESUMEN PRUEBA DE TUKEY (PARTE I)

GLUTEN VITAL (%)	DENSIDAD (g/cm ³)	VOLUMEN DE AGUA (cm ³)	VOLUMEN DE PAN (cm ³)
0	a 0.373	a 248	a 2212
5	a 0.395	a 256	a 2181
10	a 0.398	a 264	a 2264
HSD (alfa=0.05)	0.031	21	200

Propiedades físicas del pan a diferentes niveles de gluten vital. Medias con diferentes letras no son significativamente diferentes. Se hicieron tres repeticiones.

MAIZ (%)	DENSIDAD (g/cm ³)	VOLUMEN DE AGUA (cm ³)	VOLUMEN DE PAN (cm ³)
0	a 0.301	a 251	a 2735
20	b 0.349	a 253	b 2357
30	c 0.397	a 261	c 2118
40	d 0.508	a 259	d 1865
HSD (alfa=0.05)	0.039	27	220

Propiedades físicas del pan a diferentes niveles de harina de maíz A. Medias con diferentes letras no son significativamente diferentes. Se hicieron tres repeticiones.

GLUTEN VITAL (%)	Color externo	Color interno	Porosidad	Suavidad	Sabor
0.00	a 4.13	a 3.89	a 4.74	a 5.12	a 4.79
5.00	b 4.88	a 4.91	a 4.06	a 5.54	a 4.92
10.00	b 6.17	b 5.29	a 5.08	a 5.30	a 5.77
HSD (alfa=0.05)	1.53	0.95	1.06	0.99	1.00

Cuadro 4. Propiedades organolépticas del pan a diferentes niveles de harina de gluten vital. Los valores están en una escala de 0 al 10². Medias con diferentes letras no son significativamente diferentes. Se hicieron tres repeticiones.

MAIZ (%)	Color externo	Color interno	Porosidad	Suavidad	Sabor
0.00	a 5.19	a 0.46	a 9.12	a 0.81	a 9.48
20.00	a 5.67	b 4.92	b 4.36	b 5.78	b 5.28
30.00	a 4.52	b 5.58	b 3.45	b 6.18	c 3.79
40.00	a 4.85	c 7.82	c 1.57	c 8.51	d 2.09
HSD (alfa=0.05)	1.94	1.22	1.34	1.27	1.27

Cuadro 5. Propiedades organolépticas del pan a diferentes niveles de harina de maíz A. Los valores están en una escala de 0 al 10¹. Medias con diferentes letras no son significativamente diferentes. Se hicieron tres repeticiones.

² Para mejor entendimiento del análisis organoléptico, se repite que en el color interno y externo el valor de 0 fue dado para los panes más claros y el 10 para los panes más oscuros. En la propiedad de porosidad el valor de 0 es para los panes más compactos y 10 para los más porosos. Para la suavidad en la boca, 0 es para los panes más suaves y 10 para los panes más porosos. Para el sabor, 0 es para los panes considerados más malos y 10 para los panes considerados más ricos.

RESUMEN PRUEBA "t" (PARTE II)

Variable:Densidad

R-cuadrado	C.V.
0.248533	5.229587

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
TRAT	1	0.00064000	0.00064000	2.62	0.1443

Variable:Volumen

R-cuadrado	C.V.
0.238749	5.577145

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr > F
TRAT	1	05772.10000000	05772.10000000	2.52	0.1509

Anexo 5. Costos de producción de pan

Los costos fijos fueron los mismos para los tres tipos de panes que se compararon. Luego se presentan los costos variables totales para elaborar una tanda de 32 panes por cada tipo de pan comparado.

Costos Fijos

Los costos fijos son los mismos para todos los tratamientos.

Costo de agua para limpieza por mes repartidos para pan

Agua de limpieza							
Flujo (gal/min)	tiempo/mes (min)	gal/mes	Lps./gal	Lps./mes	% panadería	% pan	Lps./mes pan
8.52	180	1533.6	0.22	337.392	0.6	0.62	104.59
Total							104.59

Costo de depreciación por mes repartidos para pan

Depreciación de equipo					
Equipo	Precio (p)	Meses/10 años	Lps./mes	% pan	Lps./mes pan
Horno	67630.53	120.00	563.59	0.62	349.42
Batidora	99350.00	120.00	827.92	0.62	513.31
Fermentadora	31515.12	120.00	262.63	0.62	162.83
Total					1025.56

Costo de mano de obra por mes repartidos para pan

Mano de obra				
Trabajador	salario/mes	% panadería	% pan	Lps./mes pan
Operario	2300.00	0.20	0.62	285.20
Administrador	13500.00	0.00	0.62	0.00
Total				285.2

Costos administrativos por mes repartidos para pan

Gastos administrativos repartidos				
Categoría	Admon/mes	% panadería	% pan	Lps/mes
Varios	5650.20	0,30	0.62	1050.94
Sueldo	13500.00	0,05	0.62	418.50
Total				1469.4

Costos variables

Se especifican los costos variables de cada tipo de pan.

Costos variables Pan de trigo

Costos en materiales para hacer una tanda de 32 panes de trigo

Materiales directos				
Ingrediente	Cantidad	Unidad	Lp/ unidad	Lps./tanda
Harina Fuerte	35.00	lb	2,78	97,30
Harina de maíz decorticado	0.00	lb	8,40	0,00
Harina de maíz integral	0.00	lb	1,00	0,00
Levadura	0.70	lb	23,50	16,45
Sal	0.70	lb	1,15	0,81
Azúcar	3.00	lb	3,03	9,09
Margarina	4.00	lb	8,30	33,20
Manteca	0.20	lb	5,60	1,12
Leche	10.00	lt	6,20	62,00
Bolsa de empaque	32.00	Unidad	0,27	8,71
Gas	1.93	gal.	14,97	28,89
Total				228.67

Costos en energía en hacer una tanda de pan

Energía (una tanda)					
Equipo	KWH	Horas/tanda	KW	Lps./KW	Lps. Totales
Horno	0,24	0,67	0,16	1,27	0,20
Batidora	3,00	0,42	1,25	1,27	1,58
Fermentadora	1,40	1,50	2,10	1,27	2,67
Total					4,46

Costos variables de pan con harina de maíz decortada

Costos en materiales para hacer una tanda de 32 panes con harina de maíz decortada.

Materiales directos				
Ingrediente	Cantidad	Unidad	Lp/ unidad	Lps./tanda
Harina Fuerte	26.25	lb	2.78	72.98
Harina de maíz decortado	8.75	lb	8.40	73.50
Harina de maíz integral	0.00	lb	1.00	0.00
Levadura	0.70	lb	23.50	16.45
Sal	0.70	lb	1.15	0.81
Azúcar	3.00	lb	3.03	9.09
Margarina	4.00	lb	8.30	33.20
Manteca	0.20	lb	5.60	1.12
Leche	10.00	lt	6.20	62.00
Bolsa de empaque	32.00	Unidad	0.27	8.71
Gas	1.93	gal.	14.97	28.89
Total				277.85

Costos en energía para hacer una tanda de 32 panes.

Energía (una tanda)					
Equipo	KWH	horas/tanda	KW	Lps./KW	Lps. Totales
Horno	0.24	0.67	0.16	1.27	0.20
Batidora	3.00	0.42	1.25	1.27	1.58
Fermentadora	1.40	1.50	2.10	1.27	2.67
Total					4.46

Costos variables Pan con harina de maíz integral

Costos en materiales para hacer una tanda de 32 panes con harina de maíz integral

Materiales directos				
Ingrediente	Cantidad	Unidad	Lp/ unidad	Lps./tanda
Harina Fuerte	26.25	lb	2.78	72.98
Harina de maíz decortado	0.00	lb	8.40	0.00
Harina de maíz Integral	8.75	lb	1.00	8.75
Levadura	0.70	lb	23.50	16.45
Sal	0.70	lb	1.15	0.81
Azúcar	3.00	lb	3.03	9.09
Margarina	4.00	lb	8.30	33.20
Manteca	0.20	lb	5.60	1.12
Leche	10.00	lt	6.20	62.00
Bolsa de empaque	32.00	Unidad	0.27	8.71
Gas	1.93	gal.	14.97	28.89
Total				213.10

Costos en energía para hacer una tanda de 32 panes.

Energía (una tanda)					
Equipo	KWH	horas/tanda	KW	Lps./KW	Lps. Totales
Horno	0.24	0.67	0.16	1.27	0.20
Batidora	3.00	0.42	1.25	1.27	1.58
Fermentadora	1.40	1.50	2.10	1.27	2.67
Total					4.46