

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



“Desarrollo de un pan dulce tradicional de Guatemala empleando una sustitución parcial de harina de Amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*)”

*Excelencia que trasciende*

Trabajo de investigación presentado por  
Carlos Orlando Guzmán Gutiérrez  
para optar al grado académico  
de Licenciado en Ingeniería en Ciencia y  
Tecnología de Alimentos.

Guatemala

2007



“Desarrollo de un pan dulce tradicional de Guatemala empleando una sustitución parcial de harina de Amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*)”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE  
GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

“Desarrollo de un pan dulce tradicional de Guatemala empleando una sustitución parcial de harina de Amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*)”

Trabajo de investigación presentado por  
Carlos Orlando Guzmán Gutiérrez  
para optar al grado académico  
de Licenciado en Ingeniería en Ciencia y  
Tecnología de Alimentos.

Guatemala

2007

Vo. Bo:

(f) *Ricardo Bressani*  
(Dr. Ricardo Bressani Castignoli)

Tribunal:

(f) *Ricardo Bressani*  
(Dr. Ricardo Bressani Castignoli)

(f) *Ana Silvia C de Ruiz*  
(Lda. Ana Silvia Colmenares de Ruiz)

(f) *Patricia Palacios de Palomo*  
(Lda. Patricia Palacios de Palomo)

Aprobación: 23 de junio de 2006

## PREFACIO

El trabajo realizado busca brindar un producto nutritivo que pueda ser empleado como complemento a la dieta diaria de la población que lo consuma, pretende emplear harinas compuestas, las cuales han sido recomendadas como herramientas útiles para lograr una mayor nutrición de las personas que las consuman cuando son proporcionadas debido a diferentes razones. Para lograr esto se realizó el estudio e investigación que se exponen a continuación, buscando brindar una alternativa más a la problemática expuesta. Se buscaba además ayudar a la re inserción del amaranto dentro de la dieta de la población ya que hace mucho tiempo era un producto de consumo corriente, pero por diversas razones fue eliminado de la dieta a pesar de sus ventajas nutricionales, de tal forma que se buscó un medio con el cual pudiese brindarse la oportunidad de consumo a la gente.

## ÍNDICE

PRAFACIO .....	vi
LISTA DE CUADROS .....	ix
LISTA DE GRÁFICOS .....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
A. Cereales.....	2
1. Amaranto.....	3
2. Trigo.....	7
3. Harinas compuestas.....	9
B. Panadería.....	11
1. Molienda.....	11
2. Harina.....	11
3. Otros ingredientes.....	12
4. Procedimiento de preparación.....	14
5. Análisis físicos y químicos del pan.....	18
6. Pan tradicional de Guatemala.....	19
III. JUSTIFICACIÓN.....	23
IV. OBJETIVOS.....	25
A. Generales.....	25
B. Específicos.....	25
V. HIPÓTESIS.....	26
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
A. Materia Prima.....	27
B. Métodos.....	27
VII. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	29
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30

IX. CONCLUSIONES.....	43
X. RECOMENDACIONES.....	44
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	45
XII. ANEXOS.....	47

## LISTADO DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Componentes químicos de algunos cereales y del grano de amaranto (g/100g).....	2
2. Contenido de aminoácidos del amaranto .....	5
3. Comparación del contenido de aminoácidos y en grano entero de Trigo	8
4. Ingredientes de algunas formulaciones de harinas compuestas desarrolladas en INCAP .....	10
5. Contribución de energía y proteína al consumo de la población en Guatemala por área urbana y rural .....	21
6. Contribución de energía y proteína al consumo de la población en Guatemala por ingresos promedio .....	21
7. Composición nutrición del pan dulce expresado en gramos, por cada 100 gramos de base fresca .....	22
8. Composición proximal de las formulaciones de pan dulce con harina compuesta de trigo:amaranto estudiadas.....	31
9. Propiedades físicas de las diferentes formulaciones estudiadas .....	37
10. ¿Existe diferencia entre los productos con la formulación 80:20 y 100:0? .....	38
11. ¿Qué tan grande es la diferencia entre los productos con la formulación 80:20 y 100:0? .....	38
12. ¿Cuál es la principal diferencia entre los productos con la formulación 80:20 y 100:0? .....	38
13. ¿Cuál de las dos muestras es mejor la formulación 80:20 o 100:0? .....	39
14. Crecimiento promedio de las ratas en intervalos de tiempo de 8 días .....	40
15. Valores NPR y NPR relativo de los grupos según su dieta .....	41
16. Contenido de proteína de las dietas empleadas en el análisis biológico .....	50
17. Valores NPR y NPR relativo de los grupos según su dieta y cantidad de alimento, proteína ingerida y aumento de peso promedio.....	50

## LISTADO DE GRÁFICOS

1.	Lisina disponible en las muestras de pan dulce trabajado.....	31
2.	Porcentaje de humedad en las muestras de pan dulce trabajado.....	33
3.	Proteína presente en las muestras de pan dulce .....	34
4.	Porcentaje de fibra presente en las muestras de pan dulce .....	35
5.	Porcentaje de ceniza presente en las muestras de pan dulce.....	36
6.	Comparación de crecimiento en intervalos de tiempo de 8 días de cada dieta evaluada .....	47
7.	Porcentaje de grasa presente en las muestras de pan dulce trabajado .....	47
8.	Cantidad de poros por centímetro cuadrado dentro de las muestras de pan dulce trabajadas .....	48
9.	Altura de las piezas de pan de las muestras de pan dulce trabajadas.....	48
10.	Diámetro de las piezas de pan de las muestras de pan dulce trabajadas.....	41

## RESUMEN

Se hizo una investigación en la que se pretendió encontrar una alternativa más nutritiva al pan dulce tradicional consumido en Guatemala, que sirve como complemento de algunas de las comidas de una gran parte de la población. Para ello se utilizó un harina compuesta de trigo:amaranto que se conoce tiene un alto valor nutricional debido a la lisina que aporta el amaranto, esta razón se confirmó con una parte de los análisis realizados durante el desarrollo de esta investigación.

Se desarrollaron varias formulaciones y se evaluaron fisicoquímicamente y con base a los resultados obtenidos se escogió una formulación que presentara una mejora en los nutrientes que originalmente se tienen con el producto control.

Se precedió con una segunda etapa de la investigación con esta formulación escogida para lo cual se realizó una evaluación sensorialmente y posteriormente se realizo un estudio biológico de la misma formulación de tal forma que se logró obtener un buen resultado sobre las verdaderas características de el producto desarrollado y también una idea del nivel de aceptabilidad que puede presentar el mismo, los resultados obtenidos se exponen en este documento, como también las conclusiones y recomendaciones a las que se logró llegar gracias a la investigación realizada.

## DEDICATORIA

A Dios mi Señor Todo Poderoso, gracias a El estoy aquí

“Bendice alma mía al Señor  
y bendiga todo mi ser Su Santo Nombre” Salmos 103:1

A mis Padres por su apoyo, ayuda y ejemplo

A mis Hermanos por su cariño

# I. INTRODUCCIÒN

Una de las necesidades del ser humano es la alimentación, ya que ésta permite reponer y generar energía para el desarrollo de las diferentes actividades que las personas realizan, aún más, una correcta alimentación permite en gran medida que las personas puedan desarrollar sus actividades en una forma satisfactoria, lo cual a su vez ayuda a que los resultados de su esfuerzo y trabajo sean productivos.

En nuestro país, debido a las características socioeconómicas se tiene además, la necesidad de que esta alimentación sea barata, con lo cual se permite un mayor acceso de la población, y que aporte en una mejor medida, los nutrientes necesarios para un buen aprovechamiento.

El pan, es un producto que tiene un alto consumo dentro de la población del país debida a la costumbre y que; además, tiene un precio relativamente bajo, estos dos elementos lo hacen un producto idóneo para ser utilizado como vehiculo para aportar a las personas algún tipo de complemento que permita mejorar la dieta diaria, sin embargo se tiene que tener en cuenta que mejorar este producto no puede; bajo ninguna circunstancia, encarecer el pan, debido a que si éste sufriese un aumento sensible en el precio, se perdería una de las razones por las cuales es atractivo.

Considerando lo anterior, se creó un pan dulce utilizando harinas compuestas, que permite en una mejor medida, aportar nutrientes esenciales a la dieta de las personas, empleando para ello análisis fisicoquímicos, biológicos y sensoriales de tal forma que se pueda obtener el mejor producto posible, sin emplear procesos de fortificación muy sofisticados.

## II. ANTECEDENTES

### A. Cereales

Los cereales son plantas cultivadas pertenecientes a la familia de las gramíneas. los cereales son considerados como los primeros cultivos realizados por el hombre, y éste a través de los años logró encontrar los cultivos más aptos para su medio ambiente, logrando así asegurar la alimentación de su comunidad básicamente; ésta es la principal razón de su cultivo; sin embargo, los granos de estas plantas son ricos en almidón, son energéticos debido a su abundancia de calorías, y también son una fuente de proteínas y aminoácidos, esto sumado al hecho de que al estar maduros conservan sus propiedades durante largos periodos de tiempo, también son otras razones por las cuales se producen actualmente. (López 1997)

Cuadro # 1

Componentes químicos de algunos cereales y del grano de amaranto (g/100g)

	Maíz	Sorgo	Arroz	Trigo	Avena	Amaranto
Proteína	9.4	8.8	7.2	9.3	11.6	12.9
Grasa	4.3	3.2	0.6	0.7	3.1	7.2
Fibra cruda	1.8	2.3	0.6	0.5	3.5	6.7
Ceniza	1.3	2.7	0.5	1.5	1.5	2.5
Carbohidratos	74.4	64.4	79.7	74.4	73.8	65.1
Calorías	361	342	364	307	370	377

(Incap 1961)

Como puede observarse en la tabla anterior, el amaranto presenta cualidades nutricionales que sobrepasan las de otros cereales consumidos, estas características permiten que se piense en combinar el amaranto con otros cereales, como por ejemplo

con el trigo (que presenta deficiencia en el contenido de lisina) para obtener de esta forma una combinación de aminoácidos más adecuada a las necesidades nutricionales. (Bressani 1991)

1. Amaranato: Su clasificación botánica indica que el amaranto pertenece a la clase dicotiledónea, al grupo talamiflorae, del orden cariophyllae y la familia Amarantaceae, teniendo más de 60 géneros de amarantaceae aceptados y unas 50 especies de *Amaranthus*. (Matz 1991)

Las semillas de amaranto, constituyeron un cultivo importante alrededor de 4000 años A.C., tiempo en el cual los mayas fueron, probablemente, los primeros en cultivarlo. (Matz 1991) Actualmente, el amaranto es cultivado en una pequeña escala en Centroamérica, Suramérica, México, parte de Asia y parte de África. (Becker 1981)

Es un cultivo de rápido crecimiento que requiere poco cuidado y que es muy resistente a problemas causados por la humedad, dando un buen rendimiento en la cosecha (Becker 1981). Matz se refiere al amaranto como un cultivo que es de rápido crecimiento, que es tolerante al estrés y que es resistente a la dureza ambiental, teniendo un uso eficiente del agua. (Matz 1991)

El amaranto, es parecido al sorgo en cuanto a la forma de su cabeza cuando salen las semillas, éstas son pequeñas de entre 1.0 y 1.5 mm de diámetro con un peso de entre 0.5 y 1.0 mg. (Matz 1991) El contenido de proteínas del amaranto es en promedio de 12 a 16%, de 62 a 69% de almidón, de 6 a 7.5% de lípidos, de 2 a 3% de azúcares, de 4 a 7% de fibra y de 3 a 3.5% de cenizas.(Badui 1999)

El amaranto, a pesar de su calidad nutricional, principalmente su calidad proteica, debe ganar una aceptación comercial, que en este momento parece muy difícil ya que compite con mezclas de cereales y sus subproductos, los cuales son bastante nutritivos, y tienen un costo de producción bastante económico, y para competir contra esto, debería tener unos rendimientos en el cultivo muy grandes, o presentar una marcada

resistencia a condiciones adversas permitiendo así que tuviese una ventaja sobre otros cultivos, haciéndolo económicamente atractivo para los inversionistas. Otra forma en la cual podría ganar terreno frente a los cereales que tradicionalmente se cultivan es, lograr el desarrollo de productos en los cuales, el amaranto contribuya a las cualidades organolépticas del producto o presente mejoras funcionales como ingrediente de algún producto ya desarrollado.

Una forma más de permitir la aceptación del amaranto, es su introducción en regiones en las cuales debido a la pobreza, es necesario obtener más nutrientes de alguna fuente, para lo cual el amaranto puede ser un buen cultivo a tener en cuenta. (Matz. 1991)

a. Valor nutritivo: Es un producto que ha cobrado interés debido al alto potencial de producción que puede tener, pero principalmente a su valor nutricional, ya que contiene proteína en valores relativamente altos (cerca al 15%) y niveles altos de aminoácidos, en especial de lisina, razones por las cuales puede complementar a otros cereales cuyos contenidos de aminoácidos no son tan buenos como es el caso del trigo por ejemplo. (Becker 1981)

Del total de proteína presente, cerca del 35% es encontrado en el endospermo, mientras que el 65% restante es distribuido entre el germen y la cáscara de la semilla. (Matz 1991) el PER del amaranto crudo es equivalente al del trigo entero, sin embargo tiene algunos factores antinutritivos que son atenuados con el tratamiento térmico. (Matz 1991)

El contenido relativamente alto de proteína que tiene el amaranto es muy interesante ya que su alto contenido de aminoácidos esenciales lo hacen llenar en una excelente forma el requerimiento de referencia de la FAO/WHO. Además, el amaranto presenta un alto contenido de lisina, aminoácido que es deficiente en la mayoría de cereales comúnmente consumidos y como un tercer punto a favor del amaranto se puede considerar la alta concentración de aceite contenida en los granos de amaranto. (Bressani 1990)

Los aminoácidos que se encuentran en el amaranto, y las cantidades en las que se encuentran se pueden observar en el cuadro #2 mostrado a continuación:

Cuadro #2  
Contenido de aminoácidos del amaranto

AMINO ÁCIDO*	Especies	
	Caudatus	Cruentus
Alanina	---	3.4
Arginina	---	7.9
Acido Aspartico	---	7.8
Cisteina	2.3	2.1
Acido Glutámico	---	14.2
Glicina	6.9	7.0
Histidina	2.5	2.4
Isoleucina	3.6	3.6
Leucina	5.3	5.1
Lisina	5.3	5.1
Metionina	2.4	1.9
Fenilalanina	3.4	3.4
Prolina	---	3.6
Serina	5.9	5.4
Treonina	3.5	3.4
Triptofano	---	---
Tirosina	2.8	2.6
Valina	4.1	4.2
N recuperado	89.6	85

\* Los valores de la tabla están expresados en gramos por cada 16 gramos de N. (Matz 1991)

Es necesario hacer notar que en un estudio realizado, en el cual se utiliza harina de amaranto reventado para sustituir diferentes porcentajes de harina de trigo, existe la degradación de la calidad nutritiva del amaranto como consecuencia del tratamiento térmico, además se muestra que en la sustitución realizada, la mayor digestibilidad se da con la muestra que tuvo la menor sustitución con harina de amaranto, y que los niveles de lisina disponible no aumentaron linealmente conforme aumentó el nivel de la sustitución realizado. (Rosales 2000)

b. Molienda: Matz indica, que después de un proceso de molienda que separe el germen y cáscara del endospermo, se obtiene que en el germen y cáscara se tiene un contenido de proteína cercano al 42% mientras que en el endospermo queda un 7.7% (Matz 1991)

En un estudio realizado por Sánchez-Marroquín y Maya, se describe que las condiciones más efectivas para la molienda del amaranto, son las que se obtienen por cualquiera de dos procedimientos, el primero es utilizar una perladora de semilla con cinco pasadas por la perladora, lo cual da un resultado aproximado de 22% de harina y un 36% de proteína, o la combinación de un molino Miag y un separador de aire Raymond, el cual da un 32% de harina y un 30-36% de proteína. Sin embargo, se hace notar que aún falta mucha investigación para decidir qué sistema de molienda se requiere para que los resultados del producto con la composición química deseada, sea producidos. (Brezan 1992)

c. Harina de amaranto: Es una de las formas en que mayormente se utiliza el amaranto, normalmente se utiliza en mezcla con harinas de otros cereales, logrando un complemento nutricional; sin embargo, la calidad de la harina del amaranto, se ve afectada por el almidón dañado durante la molienda y durante el horneado del producto. La dureza del grano y su nivel de acondicionamiento, afectan o influyen directamente en la necesidad del tiempo de molienda, esto sumado al tipo de molino y la severidad de la molienda afecta directamente al daño que pueda tener el almidón, afectando así la calidad de la harina obtenida. (Adeyemi 1994)

2. Trigo: El trigo fue uno de los primeros cereales en ser cultivado, se ha logrado encontrar muestras que datan de 6000 años antes de Cristo, el cual fue encontrado en las tumbas de la primera dinastía en Egipto. (Matz 1991)

Debido a la gran adaptabilidad a diversos climas y suelos, a su alto rendimiento en la cosecha y a su facilidad para cultivar, el trigo se encuentra ampliamente distribuido alrededor del mundo, e incluso es el principal cultivo en muchas regiones del planeta, al mismo tiempo que es la principal fuente de carbohidratos y proteínas para los habitantes de esas regiones. (Pylar 1988)

a. Valor nutritivo: La composición del trigo es muy variable, y puede cambiar considerablemente de una región a otra, o dentro de la misma área, puede cambiar de un año a otro (Matz 1991)

Dentro de los cereales, el trigo tiene una proteína bastante única, aunque no es muy bien balanceada en cuanto al requerimiento de la dieta humana. El trigo tiene un PER inferior al de la leche y el huevo; sin embargo está ligeramente por encima del rango que tienen otros cereales. El aminoácido limitante es la lisina, como en la mayoría de las proteínas de cereales.

El almidón es el carbohidrato que se encuentra presente en mayor cantidad, dentro del núcleo del trigo, de hecho excede a otros compuestos que también se encuentran presentes dentro del trigo. También se han identificado otros polisacáridos dentro de las paredes celulares, los cuales son principalmente arabinoxilanos y glucános.

Los lípidos presentes se encuentran principalmente en el núcleo del trigo, y están constituidos por ácidos grasos libres, glicéridos simples, galacosilglicéridos, fosfoglicéridos, esfingolípidos, tocoferoles, carotenoides etc. sin embargo los principales lípidos presentes son ácidos grasos palmíticos, esteáricos, oleicos, linoleicos y linolenicos.

Cuadro #3

Comparación del contenido de aminoácidos y en grano entero de trigo.

AMINO ÁCIDO	Grano entero	Harina clara
Isoleucina	3.8	3.9
Leucina	6.7	6.7
Lisina	2.7	1.9
Metionina	1.7	1.8
Cisterna	2.2	2.3
Fenilalanina	4.6	4.9
Tirosina	3.1	2.9
Treonina	2.9	2.7
Triptofano	1.2	1.0
Valina	4.7	4.5

\* Los valores de la tabla están expresados en gramos por cada 16 gramos de N.  
(Matz 1991)

En cuanto a vitaminas, se considera que el trigo es una fuente significativa de vitaminas como la tiamina, la niacina y la vitamina B6. (Matz 1991)

b. Gluten: El gluten es el complejo de compuestos nitrogenados que da como resultado las propiedades elásticas y coesivas de las masas realizadas con harina de trigo. El gluten es básicamente una mezcla de dos proteínas llamadas gluteína y gliadina, la gliadina es básicamente un monómero de proteína asociado con puentes de hidrogeno no covalentes e interacciones hidrofóbicas. Las gluteninas son esencialmente insolubles en etanol y están constituidas por subunidades que forman polímeros de alto peso molecular. (Matz. 1991)

c. Harina de trigo: Este es el ingrediente que tiene una mayor influencia en el producto final, es el ingrediente principal debido a la cantidad que se utiliza en la

formulación del pan y a las propiedades de su proteína, las cuales dan como resultado la estructura expandida característica del pan. (Matz 1992)

El trigo es un cereal que presenta un rendimiento alto después de la molienda, y que además tiene como ventaja que los subproductos de la molienda son aprovechados casi en un 100% (generalmente como comida para animales) por lo cual casi no se tiene desecho. (Pylar 1988)

Existen varias características de trigo que ayudan en los procesos de panadería, dependiendo del producto que se desea obtener, así para pan, se utiliza trigo conocido como duro, para pastelería y repostería, se utiliza trigo suave que da una harina conocida como suave y para pasta, se utiliza trigo durum. Es interesante también que dependiendo de las necesidades del panadero, se pueden mezclar varios tipos de trigo para obtener harina con un contenido de proteína deseado y un desarrollo de horneado uniforme. (Pylar 1988)

3. Harinas compuestas: Las harinas compuestas fueron creadas por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) debido a la necesidad que existe en muchos países que no producen trigo. Entre estas harinas compuestas se aceptan harinas de dos tipos, el primero que es conocido como “harina diluida de trigo” que tiene trigo y algún otro cereal en una concentración no mayor al 40%, y una segunda clase que está conformada por harinas compuestas que no contienen trigo, y que contienen harinas de tubérculos e incluso alguna proteína suplementaria como la que se obtiene al añadir harina de soya en una proporción 4:1. El INCAP, sin embargo, sugirió agregar a la clasificación de la FAO dos tipos de harina más en los cuales la presencia de trigo no es imperativa. El tercer tipo es aquel en el que se tienen mezclas de harinas de otros cereales, y la suplementación de la misma con la adición de proteína y un cuarto tipo de harinas compuestas que incluye a las harinas de otros cereales, oleaginosas y otros. (Elias 2005) Algunos ejemplos de harinas compuestas, que han sido desarrolladas en el INCAP son:

Cuadro #4

Ingredientes de algunas formulaciones de harinas compuestas desarrolladas en INCAP

Ingredientes	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Harina de algodón	●	-	●	●	-	-	-	-	-
Harina de soya	-	●	●	-	-	●	●	●	-
Harina de cereal *	●	●	●	-	●	●	●	●	●
Leche descremada	-	-	-	-	-	-	-	●	●
Harina de leguminosas	-	-	-	●	-	-	●	-	-
Harina integral de soya	-	-	-	-	●	-	-	-	-
Granillos de trigo	-	-	-	-	-	●	-	-	-
Levadura de tortula	-	-	-	●	-	-	-	-	-
L-lisina HCl	●	-	-	-	-	-	-	-	-
DL-metionina	-	-	-	●	-	-	●	-	-
Vitaminas y minerales	**	**	**	**	**	**	**	**	**

\* Puede ser de cualquier cereal o combinación de cereales.

\*\* Se agregaron estos suplementos.

(Elias 2005)

Existen estudios, que se han realizado con el fin de observar el efecto que tiene la mezcla de las harinas de trigo y amaranto, y comprobar así el complemento de la proteína del trigo, por la proteína del amaranto. En base a estos estudios, se conoce que el horneado de las mezclas de harinas disminuye la calidad, sin embargo, también se ha comprobado que el amaranto mejora la calidad de la proteína del trigo a pesar del proceso de horneado. (Sánchez 1985)

La razón principal por la cual se busca una mezcla trigo-amaranto es completar la proteína del trigo con la lisina que aporta el amaranto, y dentro de los estudios que se han realizado, se ha logrado establecer que la relación de harina trigo:amaranto de 90:10 es la más indicada para los procesos de este tipo, ya que permite una mejor digestibilidad, además se ha observado que el crecimiento en la cantidad de lisina disponible no es lineal con respecto al porcentaje sustituido por harina de amaranto, de tal forma que utilizar una mezcla en relación 90:10 es en donde se pueden obtener los mejores resultados. (Oficina editorial de archivos latinoamericanos de nutrición 1990)

## B. Panadería

1. Molienda: La molienda de cereales tiene como objetivos separar y remover completamente como sea posible la cáscara y el germen del endospermo, y obtener la máxima fracción posible del endospermo sin que exista daño excesivo a los granos de almidón que se encuentran allí. (Pylar 1988) Generalmente, mientras más refinado es el producto, la lisina presente será menor, ya que el germen contiene la mayoría.

En los procesos de molienda se utilizan molinos de rodillos corrugados, estos tienen la ventaja que pueden hacerse circular a diferentes velocidades, y en sentidos opuestos o en el mismo sentido dependiendo de la necesidad que se tenga para la molienda. Normalmente el procedimiento de molienda combina una serie de molinos de rodillos con un tamizador que se encuentra después de cada uno de los molinos, de tal forma que las partículas más pequeñas que se obtienen pueden separarse y limpiarse usando corrientes de aire, mientras que las partículas más grandes pueden pasarse al siguiente molino de rodillos para refinar lo obtenido en el molino anterior. (Desrosier 1999)

En algunos casos se utilizan molinos de impacto además de los molinos de rodillos, para la producción de harina, esto debido a que gracias a las fuerzas de impacto de estos molinos se facilita la separación del endospermo de la capa de salvado, permitiendo que el procedimiento de limpieza sea más sencillo. (Desrosier 1999)

2. Harina: La harina es el principal ingrediente del pan, por dos razones especiales, la primera es que al mezclar el harina y agua se forma una pasta que horneada podría ya conocerse como pan. la segunda es sus propiedades, su calidad, su sabor tienen una influencia directa sobre el pan y su calidad. (Brochoire 1998)

Aunque la harina de trigo es el ingrediente indispensable para la realización del pan, existen otras harinas de otros granos y cereales que son empleadas por diversos motivos, que van desde mejoras y modificaciones en el sabor y color, hasta mejoras en el costo del producto, pasando por mejoras nutricionales, o de proceso, o incluso modificaciones al producto para lograr su aceptación en algunas regiones dependiendo de las necesidades culturales, e incluso, modificaciones que tienen como único propósito agregar algo diferente al pan de tal forma que mercadológicamente sea más atractivo, complaciendo a un sector del mercado que busca una novedad. (Matz 1992)

Las características más importantes a tomar en cuenta para utilizar harina en un proceso de producción son su apariencia, el tamaño de los granos de la harina, la calidad plástica de la harina, la calidad fermentativa y la humedad. La apariencia debido a que ésta puede indicar la presencia de partículas extrañas que afectarían la calidad del producto final; el tamaño de grano de harina es importante también debido a que mientras el grano de harina es más fino, la absorción de agua será más rápida; la calidad plástica, debido a que una buena masa en panadería es aquella que es manejable y permite que el panadero pueda estirla sin que se rompa; la calidad fermentativa, debido a ésta es la que permite que el pan sea esponjoso y que tenga un volumen elevado (esto es debido a la cantidad de almidón que sirve para la acción de las levaduras empleadas); y la humedad, ya que si la humedad de la harina se mantiene debajo del 16% se logra obtener un buen rendimiento y una buena calidad en el pan. (Brochoire 1998)

3. Otros ingredientes: Dentro de otros ingredientes que se utilizan normalmente para la producción del pan se tienen la levadura, el agua, la manteca y la sal; estos ingredientes ya forman lo que se conoce como pan, aunque se tienen otros ingredientes que utilizados en menor medida y más que todo como un complemento permiten la producción de panes con características más especiales y diferentes. Se tienen ingredientes diversos como por ejemplo el huevo, los azúcares, los lácteos etc. De entre los ingredientes mencionados son de especial importancia la levadura, la cual permite que se realice el proceso de fermentación que es fundamental en la elaboración de pan, ya que es en este proceso donde se genera gas que da la esponjosidad a los panes que se

consumen (es aquí donde entra en jugo la matriz formada por el gluten, ya que esta matriz es la que retiene el gas formado en la fermentación) de tal forma que la levadura es un ingrediente importante en la panificación debido a su papel en las características físicas y la calidad organoléptica de los productos de panadería. (Pylar 1988)

El agua, es otro ingrediente importante (mezclada con algún agente, o por si sola) ya que provee el medio en el cual se realizan las reacciones químicas, bioquímicas y los procesos biológicos y físicos que permiten la transformación de los ingredientes en productos de panadería. (Pylar 1988) El agua se puede tomar como la segunda materia prima del panadero después del harina, el agua al mezclarse con el almidón del harina permite que los granos se inflen y permite a su vez que se forme la matriz (usando el gluten) que retendrá el gas dentro del pan durante el proceso de fermentación. (Brochoire 1998) Además, el agua es un ingrediente que tiene una gran importancia al evaluar la calidad plástica de cualquier masa de panadería que se emplee. (Brochoire 1998)

Otro ingrediente importante es la sal, ya que tiene un doble propósito dentro de la preparación del pan, en primer lugar ayuda en la firmeza de las masas de pan, y junto al agua permite que la calidad plástica y elasticidad de la masa sean las que el panadero busca, por otro lado la sal es la que retarda la fermentación (mientras mayor sea la cantidad de sal utilizada) o la que permite que sea rápida la fermentación (al estar presente en una menor cantidad). Por otro lado la sal tiene un papel fundamental en el desarrollo del color de la miga del pan y en especial de la corteza del pan. (Brochoire 1998)

Aunque no es un ingrediente importante para todos los tipos de pan, las grasas son un ingrediente importante en algunos tipos de pan principalmente dulce (aunque también en tipos de pan salado) la grasa tiene como funciones principales la refinación del sabor del pan, ayudar en la incorporación de aire a la masa, estabilizar los batidos y masas debido a la emulsificación, mejorar la palatabilidad de los productos y en una menor medida aumentar el tiempo de vida del pan. (Pylar 1988)

#### 4. Procedimiento de preparación:

a. Amasado: El amasado es simplemente el acto de combinar los ingredientes hasta que dan como resultado una masa homogénea. Es durante este proceso que se comienzan a realizar todos los cambios, y que se llevan a cabo las interacciones de los ingredientes a través del contacto físico propiciado por el amasado y que permite que la mezcla se transforme en una masa cohesiva con propiedades viscoelásticas requeridas, dando como resultado la masa en el caso del pan o el batido en el caso de los pasteles y galletas. (Pylar 1988)

El panadero realiza el amasado a partir de los ingredientes que ha escogido previamente, en el amasado se mezclan todos los ingredientes, y se forma una matriz (formada por el gluten) que permite que el aire quede presente y dentro del pan, dándole su “esponjosidad”. (Brochoire 1998)

El amasado que se puede realizar a mano en un proceso totalmente artesanal, se realiza actualmente en amasadoras mecánicas, y puede decirse que consiste de dos partes, en la primera parte, los ingredientes son mezclados a una velocidad lenta, durante un periodo de entre 3 y 5 minutos, en el cual el agua es absorbida por el gluten y por el almidón, permitiendo así que el gluten se hinche y se una entre si para formar la matriz, aunque no la forma aún. La segunda parte, se realiza en la amasadora también, pero a una velocidad mayor (aproximadamente al doble de velocidad usada en la primera parte) para permitir que el brazo mecánico de la amasadora estire e incorpore aire dentro de la masa, y permita que el aglomerado de gluten que se formó en la primera parte se desarrolle como matriz. (Brochoire 1998)

b. Formado: Este es un momento especial, en el cual el panadero utiliza la masa y le da la forma, de hecho, es la última vez durante el proceso en la cual el panadero está en contacto directo con la masa, y en la cual da la forma definitiva del pan. En este momento es cuando se aprecia el valor de un buen amasado, y de una buena primera

fermentación, todo esto permitirá que la masa tenga la fortaleza necesaria para que su forma y consistencia sean buenas al momento de formar, y posteriormente al momento de hornear. Actualmente puede utilizarse algún tipo de maquinaria para ayudar en la realización del formado, al utilizarse una boleadora-divisora por ejemplo, se permite que el panadero obtenga piezas de masa redonda, y que no deba realizar este proceso manualmente, lo cual es un trabajo duro y en determinados tipos de producción, muy largo debido a la cantidad de piezas que debe formar. también existe equipo como las formadoras, que se encargan de enrollar en sí misma la pieza de pan, alargándola, y permitiendo que al fermentar, sea un pan con una mayor fortaleza y mayor crecimiento. (Brochoire 1998)

El proceso de formado empieza con la división de la masa en piezas más pequeñas, piezas con un peso determinado dependiendo del tipo de pan que se va a producir. En un proceso artesanal, la división de estas piezas es realizado de forma manual, dividiendo la masa con las manos y pesando cada pieza con una balanza. En cuanto a la tecnología que se tiene para realizar esta división, se pueden encontrar equipos que de una forma neumática pueden dividir la masa en piezas del mismo peso, aunque también existe equipos manuales para la división de la masa sin embargo, los equipos más utilizados son equipos mecánicos que dividen el producto y al mismo tiempo redondean el producto de tal forma que se forman esferas de masa, estos equipos normalmente son de tres tipos, el primero es una divisora-boleadora de bolsas, en la cual la masa entra y es dividida en base a su volumen normalmente y dentro es redondeada. Otro equipo es la redondeadota de espiral, en la cual la masa es dividida de forma neumática y luego es redondeada usando un cono a través del cual circula la masa en forma espiral y el ultimo tipo es una redondeadota en la cual se coloca una pieza grande de masa sobre una bandeja, esta es colocada en la maquina y allí es cortada por un dispositivo que encierra cada uno de los pedazos cortados y con un movimiento circular de la parte que sostiene a la bandeja, da forma redonda a los trozos de masa. (Pylar 1988) debido a este proceso de división-redondeo la masa pierde mucho gas que se había logrado en el proceso de fermentación previo, por ello es necesario dejar un momento de reposo en la masa para que la estructura debilitada se fortalezca. Posterior a esta pausa en

el proceso se continua con la formación de las piezas de pan, dependiendo del tipo específico de pan que se esta produciendo. El pan que tiene ya una forma pasa al siguiente paso que es el fermentado.

c. Fermentado: Para que el pan pueda ser de un tipo que tiene una correcta porosidad y aeración (un pan esponjoso) un peso correcto para el tamaño y tipo del pan, es necesario que sufra un proceso de fermentación en el cual la levadura actúa en los carbohidratos asimilables y los convierte en alcohol y dióxido de carbono, durante este proceso, se da un cambio físico notable, y es el marcado incremento en el volumen de las piezas de masa. (Pylar 1988)

El fermentado normalmente se trabaja en dos etapas, y en determinados momentos se pueden utilizar hasta tres etapas. La primera de las dos etapas que se utiliza, comprende el momento en el que se deja de amasar la masa, y se permite que esta repose un momento antes de comenzar la división y el formado, una variante a esta etapa consiste en dividir y redondear la masa, permitir un periodo de reposo y luego realizar el formado. Su rol principal es permitir que la estructura de gluten de la masa se estabilice para darle fuerza, más elástica, y menos desplayable, de tal forma que el gas carbónico se puede retener de una mejor forma. Y como extra, esta etapa es en la cual se llevan a cabo el desarrollo de los aromas que surgirán en el proceso de horneado. Un periodo de reposo muy largo hará que la masa sea demasiado fuerte, y por lo tanto no pueda formarse.

La segunda etapa consiste en el periodo de tiempo en el cual el pan sale de la formación y es llevado a cámaras de fermentación o lugares con temperatura y humedad controladas, este período es conocido como fermentación y es en el cual la levadura realiza la mayoría de su trabajo, produciendo el gas que queda atrapado en la matriz de gluten y a través de lo cual se da el crecimiento del pan. (Brochoire 1998)

El proceso de fermentación es favorecido por algunas condiciones específicas, la temperatura de fermentación tiene un efecto marcado sobre las características del pan en el momento de producción, así, una temperatura de 32.5° favorece la formación de

dióxido de carbono, y por lo tanto un pan mas esponjoso, la humedad también tiene un rol importante en una correcta fermentación ya que permite el mejor desarrollo y trabajo de las levaduras. Debido a lo expuesto anteriormente, se han desarrollado cámaras que permiten tener condiciones adecuadas de humedad y temperatura, para permitir que la fermentación sea correcta para cada tipo de pan, de tal forma que su desarrollo sea el indicado en base a sus características. (Pylar 1988)

d. Horneado: Prácticamente el último proceso, previo a tener pan como tal, en este proceso se utiliza el calor para transformar la masa en un producto liviano, poroso, de buen sabor y que puede ser bien digerido al comerlo. (Pylar 1988) El cocido u horneado del pan es muy importante, y tiene condiciones que deben ser observadas con mucha atención, esto debido a que si no se tiene un cuidado preciso en la temperatura de cocimiento, se puede causar que el pan se coccione únicamente en el exterior, y no en el interior, o que se ponga duro, e incluso que se pierda el trabajo de crecimiento realizado durante la fermentación. Sin embargo, si la temperatura es la adecuada para el tipo de pan que se esta produciendo, se puede lograr el resultado deseado, el cual es un pan con el tamaño del cual salio de fermentación (o incluso ligeramente mayor) con un color dorado agradable, una corteza suficientemente dura y un cocimiento parejo en todo el pan. En este proceso, se puede agregar una pequeña cantidad de vapor al horno en el momento previo a hornear el pan, este vapor ayuda a formar una película de agua en la superficie del pan por cocerse, lo que ayuda a que el pan conserve la humedad que tiene dentro de su estructura y no se reseque excesivamente. Además el agua ayuda a mejorar el aspecto y la corteza del pan (Brochoire 1998)

El proceso de horneado básicamente consta de tres etapas, en la primera, la pieza de pan empieza a ser penetrada por la temperatura, y se comienza a formar la corteza del pan, existe un crecimiento notable en el volumen del pan debido a la expansión del dióxido de carbono que se encuentra dentro del pan, existe una inactivación de las enzimas y la muerte de las levaduras presentes. En la segunda etapa la temperatura del pan permanece constante, y se realiza la evaporación de la mayoría de humedad presente en el pan, la gelatinización del almidón, la textura de y estructura del interior del pan comienza a

cambiar desde el exterior hacia el interior del pan, conforme el calor penetra. Y la tercera etapa es en la cual la temperatura del pan llega a su punto máximo, y la corteza toma la coloración café (dorada) típica del pan, en este punto se afirman las paredes de la estructura del pan. (Pylar 1988)

5. Análisis físicos y químicos del pan: Entre los análisis fisicoquímicos que se realizan a los productos de panadería están:

Determinación de cenizas que se realiza determinando el residuo mineral obtenido cuando 3 a 5 gramos de muestra se calientan en un plato a condiciones determinadas, y todas las sustancias orgánicas son destruidas sin causar la volatilización de constituyentes no combustibles. La temperatura utilizada usualmente para este propósito esta entre 550 a 590°C. (AACC1983)

Determinación de humedad: El agua juega un papel muy importante en la producción de panadería, tanto durante el proceso en donde se deben controlar las propiedades reológicas de las masas, como en el producto terminado donde ejerce un papel pronunciado en la palatabilidad, la frescura que se percibe del producto y el mantenimiento de la calidad. (Birnbaum 1997)

Determinación de proteína: La determinación de proteína en el pan es de alta importancia debido a que las propiedades del pan están relacionadas con este contenido, propiedades como el volumen de la pieza, la calidad de la miga etc. Usualmente la determinación de proteína se realiza por el método de Kjeldahl, aunque también se puede emplear el método biuret. (Tkachuk 1966)

Determinación de fibra dietética: Esta determinación se basa en los polisacáridos y ligninas que no son hidrolizados enzimáticamente en la parte superior del tracto gastrointestinal. Se determina utilizando una solución de éter, y llevando a ebullición durante una hora, filtrando y colocando con  $\alpha$ -amilasa durante 18 horas para tener la

digestión total del almidón, el residuo a este proceso es la fibra dietética presente. (AACCC1983)

Otras determinaciones que se realizan en el pan, son la textura, en la cual se evalúa una miga suave y pequeña que normalmente se asocia con frescura. Normalmente esta evaluación se realiza con el tacto en los dedos y en la boca, además se evalúa el color de la miga, y el tamaño del grano de la miga que se define como la estructura de la célula que se expone cuando una hogaza de pan es partida en rodajas. (Kamman 1996)

6. Pan tradicional de Guatemala: Es común observar en las comunidades rurales de Guatemala, que los pobladores se alimentan en un gran porcentaje de legumbres y hortalizas, acompañados con tortilla y algunas veces con pan. Además es bastante común observar que el consumo de café y pan dulce como desayuno o cena en estas mismas comunidades es muy popular. (Morales 1994)

El pan es consumido como complemento de las comidas, y en algunos casos, es tomado como el alimento principal de un tiempo de comida como puede observarse en regiones o países como Francia en donde el desayuno de la mayoría de la gente es una taza de café y un trozo de pan tostado con mantequilla. En Guatemala se observa una situación similar en el hecho de que algunas personas consumen un pan dulce y una taza de café como desayuno, en algunos casos debido a razones económicas, y otros casos debido a que es más rápido como desayuno.

Guatemala, como todas las regiones del mundo, tiene su propio tipo de pan dentro del cual existe una amplia variedad, se consume normalmente el pan Francés, el pirujo, el panito dulce, la champurrada, los cachitos, el pan de yemas, la corona, los molletes etc. panes que son producidos a partir de harinas "suaves" o de harinas "duras" (Morales1994) Esta situación permite pensar que el pan dulce e incluso el pan francés puede convertirse en un vehículo para la introducción del amaranto dentro de la dieta, permitiendo así dar una opción más nutritiva a todas las personas que consuman este producto (Moncada 1998)

En Guatemala, el pan dulce es el producto de panadería que tiene un mayor consumo siendo el consumo per capita de 28 gramos diarios si se toma en cuenta al total de la población, sin embargo es necesario hacer notar que dentro de la población de Guatemala puede hacerse una división entre población urbana y población rural, y dentro de esta división se obtiene que el consumo *per capita* de la población urbana asciende a 40 gramos diarios, mientras que el consumo *percapita* de la población rural asciende a 21 gramos diarios. Además, se pueden mencionar los datos de consumo para el pan francés teniendo que en total, el consumo *per capita* es de 24 gramos, y una vez más se puede hacer una división entre el consumo rural y el consumo urbano, el consumo urbano de este tipo de pan es 43 gramos por persona diariamente, y el consumo rural de este tipo de pan es únicamente de 13 gramos por persona diariamente. (Segeplan 1991) Los datos obtenidos de la producción en el área urbana del país muestra que el pan francés tiene un porcentaje de consumo cercano al 20% del total de pan producido, seguido de cerca por el panito dulce el cual tiene un porcentaje de consumo cercano al 17% del total producido, estos datos guardan la lógica de que el consumo de pan francés es ligeramente superior al consumo de pan dulce en el área urbana del país, ambos porcentajes son altos si se tiene en cuenta que la variedad de panes que pueden ser producidos es grande, (pueden tenerse hasta más de 70 variedades distintas de pan). Los datos arrojados por el censo de producción industrial indican que la cantidad de pan dulce producida en el año 2000 en el país por las 12 empresas industriales más grandes del país asciende a 25816 quintales en el año, y un valor cercano a los 22.5 millones de quetzales. (INE 2000)

En cuanto al consumo del pan en Guatemala, se tiene que el 86.7% de los hogares consumen pan dulce en toda la República y un 67.3% de los hogares consume pan francés, de los hogares ubicados en las ciudades el 88.7% consume pan dulce y el 82.7% consume pan francés, en los hogares ubicados en el área rural el 85.5% consume pan dulce y un 58.1% consume pan francés, como se ve anteriormente, el consumo de pan en Guatemala es elevado, y los datos nutricionales más importantes del pan consumido por la población en Guatemala, se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro #5

Contribución de energía y proteína al consumo de la población en Guatemala por área urbana y rural

	Población total				Población urbana				Población rural			
	Energía		Proteína		Energía		Proteína		Energía		Proteína	
	Kcal.	%	g	%	Kcal.	%	g	%	Kcal.	%	G	%
Pan dulce	123	5.9	1.7	3.1	177	8.4	2.6	4.6	94	4.6	1.3	2.3
Pan francés	70	3.4	2.4	4.3	127	6.0	4.4	7.9	40	1.9	1.4	2.5

(Segeplan 1991)

Cuadro #6

Contribución de energía y proteína al consumo de la población en Guatemala por ingresos promedio

	Ingresos menores a Q.500.00 mensuales				Ingresos mayores a Q500.00 pero menores a Q.900.00				Ingresos mayores a Q.900.00			
	Energía		Proteína		Energía		Proteína		Energía		Proteína	
	Kcal.	%	g	%	Kcal.	%	G	%	Kcal.	%	G	%
Pan dulce	100	4.8	1.4	2.5	147	7.1	2.1	3.8	176	8.3	2.6	4.5
Pan francés	47	2.3	1.6	2.9	88	4.2	3.0	5.5	128	6.1	4.5	7.9

(Segeplan 1991)

Sin embargo, es necesario hacer notar que en Guatemala, aunque el consumo de pan va aumentando lentamente, el principal alimento es la tortilla o el tamalito, el cual tiene un consumo *per capita* total de 383 gramos diarios, y al dividirse en áreas, el área urbana tiene un consumo *per capita* de 251 gramos diarios mientras que el área rural tiene 454 gramos diarios de consumo *per capita*. (Segeplan 1991)

a. El pan dulce: Conocido también como panito dulce, redondo, o panito de manteca es un pan que tiene como características, que es circular, con un diámetro

cercano a los 7 centímetros, y un peso de 28 gramos ó 1 onza, de sabor dulce, y con un color dorado en la superficie, tiene además como decorado un botón o tapita en la superficie de una masa que es notablemente más dulce que el resto del pan. En el interior, el pan tiene una superficie porosa con una miga regular, de color amarillo claro. En algunos casos se tiene el mismo tipo de pan, pero en lugar del botón de masa dulce, se puede decorar con ajonjolí, harina o azúcar. (Xelapan 2003) El pan dulce, es consumido normalmente por la mayoría de la población en este país, es un producto de consumo popular cuyo precio actualmente es cercano a los Q.0.20 por unidad de una onza.

En Guatemala se conocen alrededor de 12 formas del panito dulce, sin embargo son las más conocidas los panitos, las conchas, los molletes, los cachos, gusanos, cortadas, batidas, pepinos etc. Estos productos son realizados a partir de harinas suaves, que tienen un valor proteico más bajo que los panes elaborados con harinas duras. (Morales 1994)

La composición nutricional del pan dulce tradicional de Guatemala se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro #7  
Composición nutrición del pan dulce expresado en gramos, por cada 100 gramos de base fresca

	Humedad total	Proteína cruda	Grasa cruda	Ceniza	Carbohidratos totales	Energía (Kcal.)
Valor	18.5	6.92	9.82	1.33	63.4	370

(González 2004)

### III. JUSTIFICACIÓN

Los hábitos alimenticios de la población en Guatemala son diferentes dependiendo de la región geográfica y las condiciones ambientales en las cuales la población se desenvuelve. Además de esto, existe un cambio marcado en los hábitos alimenticios de la población de los centros urbanos como la ciudad de Guatemala por ejemplo, lugar en el cual debido al ritmo de vida que se adquiere, la cantidad de tiempo que se utiliza para actividades como la alimentación disminuye. Esta disminución de tiempo utilizado en la alimentación ocasiona que la nutrición de la población sea deficiente, ya que no aportan a sus organismos la cantidad necesaria de nutrientes para el desempeño de sus actividades, causando problemas de desnutrición que llevan a pérdidas de otro tipo como las económicas debidas a la falta de fortaleza para trabajar bien.

Se observa también que determinados sectores de la población (principalmente el sector de escasos recursos) tienen una dieta en la cual existe una marcada abundancia de carbohidratos mostrando niveles bajos en productos con alto valor proteínico, complementando esta alimentación con tortilla y/o pan. Otros sectores tienen hábitos alimenticios que imposibilitan la obtención de los nutrientes que sus organismos necesitan para poderse desempeñar bien en sus diferentes labores, como es el caso de personas que consumen como desayuno o como cena una taza de café y un panito dulce.

Debido a estas razones, es necesario buscar alternativas alimenticias que permitan aportar una mejor calidad nutricional en los productos que se consumen, de tal forma que se contribuya a la nutrición de las personas y el desempeño de estas en sus actividades cotidianas. La alternativa que se considera en este trabajo es el desarrollo de un pan dulce producido a partir de una harina compuesta de trigo y amaranto, lo cual permitirá obtener un producto con mejores características nutricionales lo cual a su vez permitirá dar una alternativa de alimentación a las personas y aprovechar la fortaleza de consumo de la que el pan dulce goza actualmente, ya que se cuenta con información que muestra que del total de producción de pan tradicional en el sector urbano, cerca del 17% es pan dulce, un

valor alto si se tiene en cuenta que el pan que se consume en mayor cantidad es el pan francés y el porcentaje de producción de este es cercano al 20%.

Al emplear una harina compuesta de trigo:amaranto se permitirá que las deficiencias del pan dulce realizado a partir de harina de trigo únicamente sean eliminadas, ya que la harina de amaranto servirá como complemento nutricional de tal forma que se obtendrá un mejor producto.

## IV. OBJETIVOS

### A. Generales

Desarrollar un pan dulce de consumo frecuente que tenga un valor nutritivo más elevado, como alternativa a un pan de consumo frecuente tradicional.

### B. Específicos

1. Desarrollar a través del uso de harinas compuestas (Trigo:amaranto), un pan dulce nutritivo similar al tradicional de Guatemala.
2. Realizar la caracterización física y fisicoquímica del pan dulce desarrollado.
3. Evaluar sensorialmente el pan dulce desarrollado.
4. Estudiar biológicamente el resultado del pan dulce desarrollado.

## V. HIPÓTESIS

Se puede desarrollar un pan dulce tradicional de Guatemala empleando una harina compuesta de trigo:amaranto de tal forma que se pueda mejorar su valor nutricional y mantenga unas características físicas y organolépticas similares a las de un pan dulce tradicional de tal forma que no cause rechazo de parte de los consumidores.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materia prima

1. Harina de amaranto expandido.
2. Harina de trigo.
3. Manteca.
4. Sal.
5. Azúcar.
6. Levadura
7. Agua

### B. Métodos

1. Elaboración de harina de amaranto expandido: la semilla de amaranto se expandió a una temperatura de 210°C, con un tiempo de contacto entre el grano y la superficie caliente de 20 a 25 segundos. Posteriormente se tamizó utilizando un mesh 20 para eliminar los granos no reventados. Después de esto se molió el amaranto, hasta que se obtuvo un tamaño de la partícula de harina de amaranto que fue similar al de la partícula de harina de trigo y se almacenó en bolsas plásticas.

2. Formulación del producto: se elaboraron muestras de pan dulce con las siguientes relaciones de harina de trigo:harina de amaranto: 100:0, 90:10, 80:20 y 70:30. el procedimiento de elaboración de las formulaciones fue el siguiente:

- a. Pesado de los ingredientes.
- b. Mezclado y amasado de ingredientes.
- c. Reposo de masa.
- d. División y formado del pan.
- e. Fermentación del pan.
- f. Horneado del pan.

3. Análisis físico del pan: se realizó un análisis de tamaño y apariencia los productos obtenidos, y se compararon estos con los resultados del producto control.

4. Análisis fisicoquímicos: se le realizaron a las muestras y al control análisis para la determinación de:

a. Porcentaje de humedad con base a los métodos oficiales de AOAC para productos horneados No. 14.125.

b. Porcentaje de cenizas con base a los métodos oficiales de AOAC para productos horneados No. 14.117, (referencia a método 14.006).

c. Porcentaje de grasas con base a los métodos oficiales de AOAC para productos horneados No. 14.119, (referencia a método 14.019).

d. Porcentaje de proteína con base a los métodos oficiales de AOAC para productos horneados No. 14.118, (referencia a método 14.103).

e. Fibra dietética con base a los métodos oficiales de AOAC para productos horneados No. 14.121, (referencia a método 7.070).

f. Lisina aprovechable con base a los métodos oficiales de AOAC para productos relacionados con la nutrición No. 43.278.

5. Estudio biológico: determinación del índice de eficiencia proteica (PER) en ratas raza Whistar, de dos semanas de nacidas para evaluar las propiedades nutritivas del producto con amaranto, en base a los métodos oficiales de AOAC para estudios biológicos No. 43.253 al No. 43.257.

6. Evaluación sensorial del producto: se evaluó la preferencia y aceptación del producto.

## VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

- A. Unidad experimental: Se trabajó con amaranto (*amarantus hypochondriacus*) que fue transformado en harina. Y con harina de trigo dura de marca producida en Guatemala.
1. El procedimiento de trabajo fue:
    - a. Realización de las harinas compuestas en las diferentes proporciones que se estudiaron (100:0, 90:10, 80:20 y 70:30).
    - b. Realización de las muestras de pan dulce con las diferentes sustituciones de harina que se trabajaron.
    - c. Posteriormente se realizó una evaluación física y fisicoquímica de los productos obtenidos con las diferentes sustituciones.
    - d. Se escogió la mejor sustitución con base a los resultados de los análisis físicos y químicos.
    - e. Se realizó la evaluación sensorial a la sustitución escogida.
    - f. Se realizó la evaluación biológica a la sustitución escogida.
  2. Tamaño de la muestra y número de repeticiones: se trabajó con harina de amaranto expandido, realizándose en duplicado el análisis físico, fisicoquímico. Se realizó análisis sensorial y también análisis biológico en base a la cantidad de individuos con los que se pueden contar.
  3. Los datos de la evaluación sensorial se analizaron para determinar preferencia entre las dos formulaciones que contienen amaranto y la formulación control.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrolló un pan dulce de consumo frecuente que tiene por objeto presentar un valor nutritivo mayor al del producto consumido tradicionalmente en nuestro país y por lo tanto se constituya en una alternativa de consumo que presente una mejora nutricional. En una forma más específica, se pretendió utilizar un harina compuesta de trigo:amaranto para lograr el objetivo propuesto en este trabajo, esto debido principalmente a los altos contenidos de lisina presentes en el amaranto, buscando así obtener este beneficio y poderlo agregar al producto.

Para realizar lo anterior se elaboraron cuatro panes dulces que emplearon la misma formulación base, la cual fue modificada agregando un mayor porcentaje de harina de amaranto expandido, y disminuyendo un porcentaje de harina de trigo, que fuese igual al porcentaje de harina de amaranto agregado, es así como se obtienen las formulaciones empleadas en el trabajo que emplean un 90 % de harina de trigo y un 10% de harina de amaranto, un 80% de harina de trigo y un 20% de harina de amaranto, un 70% de harina de trigo y un 30 % de harina de amaranto y por ultimo una formulación con un 60% de harina de trigo y un 40% de harina de amaranto, esta diferencia se constituyo en el nombre que identifico a cada una de las muestras realizadas posteriormente durante el trabajo, además se empleó una formulación 100:0 es decir una formulación de 100% de harina de trigo y 0% de harina de amaranto como parámetro de comparación con las formulaciones desarrolladas.

Los resultados de los análisis realizados para la determinación de la composición proximal se muestran en el cuadro #8:

**Cuadro #8**  
Composición proximal de las formulaciones de pan dulce con harina compuesta de trigo:amaranto estudiadas\*

	%Humedad	%Proteína en base seca	%Grasa en base seca	%Ceniza	% Fibra	Lisina disponible **
Harina control 100:0	16.01±0.62	11.17±0.31	16.73±0.20	0.93±0.08	0.42±0.04	0.28±0.05
Harina No. 1 90:10	13.63±0.59	10.46±0.01	16.19±0.34	1.48±0.13	0.46±0.48	0.67±0.16
Harina No. 2 80:20	16.11±0.88	11.44±0.26	18.44±0.19	1.32±0.02	0.48±0.01	1.13±0.54
Harina No. 3 70:30	19.24±0.12	11.69±0.07	16.46±1.51	1.34±0.06	0.59±0.02	1.57±0.38
Harina No. 4 60:40	16.02±0.81	11.21±0.04	14.66±0.72	1.40±0.09	0.70 ±0.01	1.97±0.29

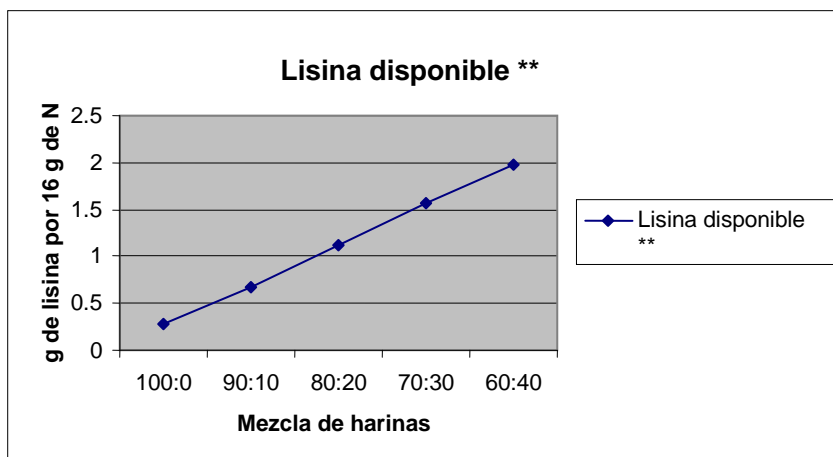
\*Fuente: cuadro de elaboración propia como resultado de las evaluaciones realizadas.

\*\*La lisina esta presentada como gramos de lisina por cada 16 gramos de nitrógeno.

Dentro de los resultados mostrados en el cuadro #8, es importante observar el cambio en la cantidad de lisina disponible en la muestra de 0.28 gramos por cada 16 gramos de nitrógeno, aumentando a 0.35 gramos de lisina por cada incremento de 10% de harina de amaranto en la formulación que se trabajó, hasta la formulación 60:40 en la cual el valor del contenido de lisina disponible es de 1.97g de lisina por cada 16 gramos de nitrógeno, como se puede observar en la gráfica #1

**Gráfica #1**

Lisina disponible en las muestras de pan dulce trabajado



Como puede observarse en la gráfica, el aumento en la cantidad de lisina disponible si existe en una forma marcada, y casi lineal, lográndose de esta forma obtener uno de los objetivos planteados en esta tesis el cual es lograr un producto que aporte un mayor valor nutricional a la dieta de las personas que consumen el pan dulce. Es importante resaltar que este crecimiento se da con un incremento de únicamente el 10% de harina de amaranto en la formulación y a pesar de un decremento de un 10% de la cantidad de harina de trigo en la misma formulación con respecto a la formulación anterior.

Otro aspecto interesante es el hecho de que la harina de trigo crudo tiene un contenido lisina disponible cercano a 1.7g de lisina por cada 16 gramos de nitrógeno, sin embargo la determinación en el producto ya cocido indica que esta lisina se pierde hasta un valor de 0.26g, sólo permanece cerca del 15% de lisina contenida en el harina de trigo, mientras que el harina de amaranto cuyo contenido de lisina es cercano a 5.7g por cada 16 g de nitrógeno, no se pierde tanto en el proceso si tomamos en cuenta que un producto con un 40% de harina de amaranto logra mantener cerca de 1.96g de lisina por cada 16 gramos de nitrógeno, es decir que permanece un valor cercano a 34% de la lisina contenida en el harina de amaranto empleada inicial.

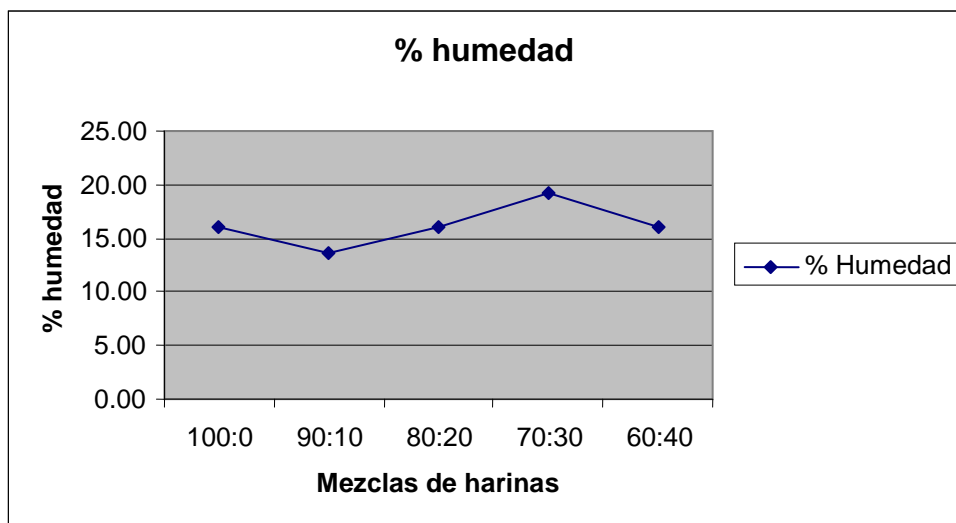
En cuanto a la humedad del producto, se puede tener en cuenta que este parámetro si fue modificado en cada una de las formulaciones para permitir un desarrollo adecuado de la pasta empleada para fabricar cada producto, por ello puede observarse la diferencia en los porcentajes de humedad expuestos en el cuadro #8, que a su vez se ven reflejados en la gráfica #2.

Al observar la gráfica de humedad de las mezclas evaluadas, se hace notar que la cantidad de humedad dentro del producto varió con respecto a la formulación base, así la formulación 100:0 tiene un porcentaje de humedad cercano al 16% esta es la base a partir de la cual se realizaron las otras formulaciones disminuyendo la cantidad de harina de trigo y aumentando la cantidad de harina de amaranto. Al realizar las formulaciones fue necesario aumentar la cantidad de agua para obtener una pasta con características

deseadas para el crecimiento del producto, sin embargo este aumento de humedad no se ve reflejado en la gráfica debido a que con la disminución del gluten que aporta el trigo, se tiene una matriz más débil que deja escapar mayor cantidad de agua durante el horneado. Lo expuesto anteriormente indica que la harina de amaranto expandido tiene un mayor requerimiento de agua para permitir el desarrollo adecuado de la masa cuando se pretende realizar un tipo de pan, que el requerimiento si únicamente se emplea harina de trigo.

Gráfica #2

Porcentaje de humedad en las muestras de pan dulce trabajado



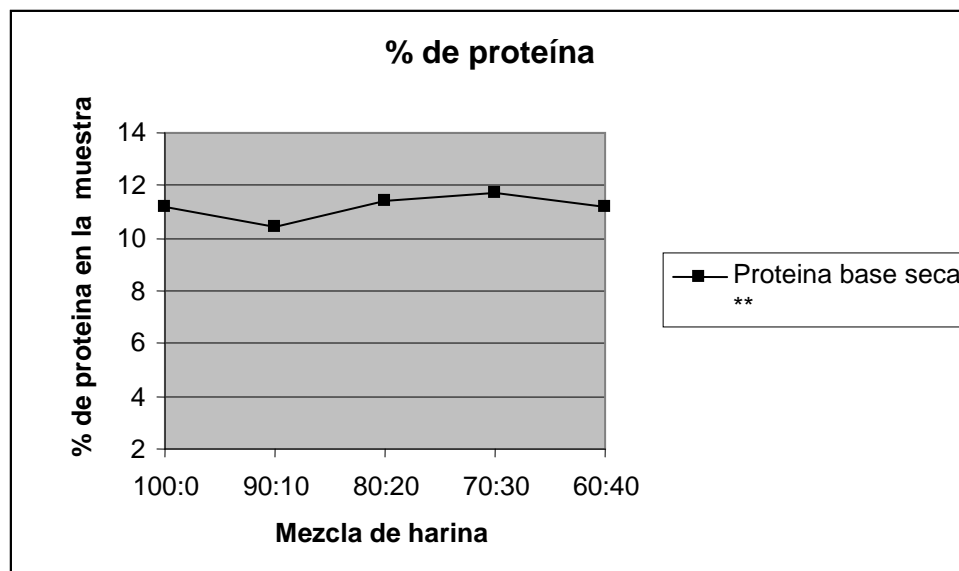
En cuanto a la cantidad de la proteína determinada, los datos que pueden observarse en la gráfica #3.

Como puede observarse en esta gráfica, los valores de proteína presente si bien no son constantes si permanecen cercanos y se encuentran en el rango de 10.46 a 11.69 gramos de proteína por cada 100 gramos de muestra, es interesante notar que en este caso que el valor de proteína que se encuentra independiente de la formulación que se evalúe, permanece mas cercano al valor de proteína en el trigo en las formulaciones que tienen menor sustitución de harina de amaranto (9.3g de proteína por cada 100g de trigo) que al valor de proteína presente en el amaranto (alrededor de 12.9g de proteína por cada 100 g de amaranto en teoría) y que las formulaciones con mayor sustitución de harina de

amaranto tienen un valor más cercano al de la proteína presente en el amaranto sin embargo a pesar de que se incrementa la cantidad de harina de amaranto que se utiliza, y que la determinación de la cantidad de proteína presente en el harina de amaranto cruda empleada para este trabajo dio como resultado 15.13 gramos de proteína por cada 100 gramos de harina de amaranto, no se tiene un valor cercano a este dentro de las formulaciones empleadas. Es probable que la proteína presente en el harina de amaranto empleada para este estudio, sea menos resistente a los procesos de panificación (amasado, formado, fermentado y horneado) que la proteína de el harina de trigo empleada para este estudio, con lo cual se puede explicar por qué no hay un incremento marcado en el porcentaje de proteína presente en los productos después de el proceso, e incluso los valores de esta proteína permanecen muy cercanos a los de la formulación sin harina de amaranto, sin embargo, el efecto de degradación de la proteína de harina de amaranto no se ve reflejado de forma similar sobre la lisina disponible que aporta a cada una de las formulaciones empleadas, como se puede observar en una parte anterior de esta discusión.

Gráfica #3

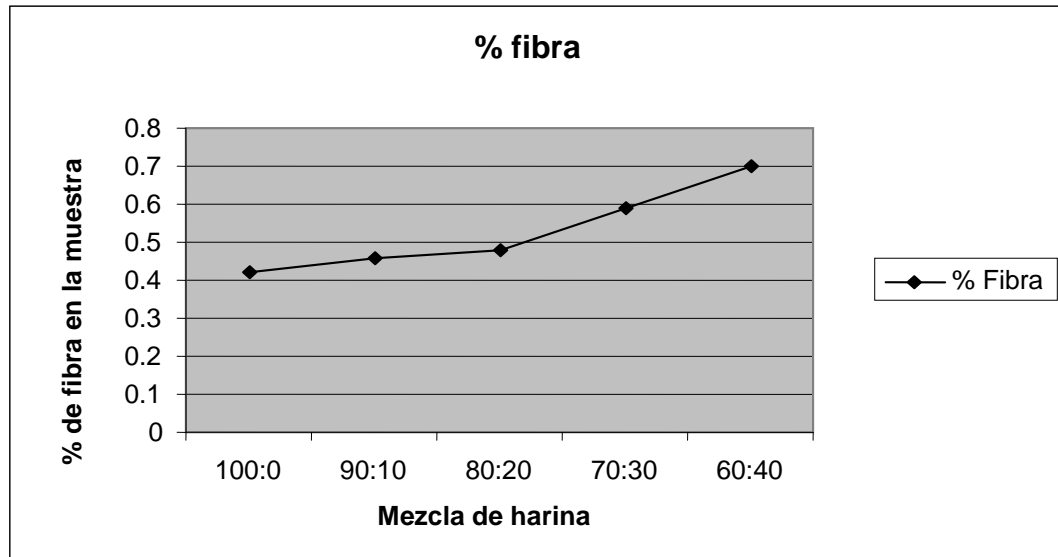
Proteína presente en las muestras de pan dulce



En cuanto a la fibra contenida en las diferentes formulaciones de los productos realizados y estudiados:

Gráfica #4

Porcentaje de fibra presente en las muestras de pan dulce

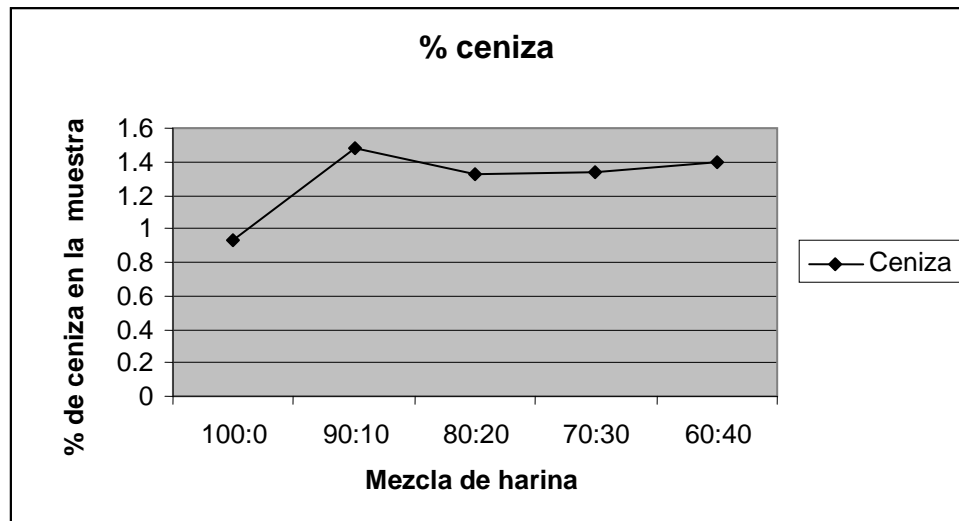


Como puede observarse, existe un incremento de fibra conforme se aumenta el contenido de harina de amaranto en cada formulación, de la teoría se conoce que la mayor parte de la fibra se obtiene del germen del grano, y en este caso, el amaranto que paso por un proceso de expansión y luego molienda, no sufre en ningún momento un desgerminado por lo cual es comprensible que la cantidad de fibra que aporta sea mayor a la que aporta la harina de trigo, la cual si es desgerminada en un momento determinado previo a la molienda a no ser que sea harina integral. Por ello se puede observar este incremento en la fibra del producto conforme la cantidad de harina de amaranto aumenta en la formulación.

De la misma manera, existe un aumento en la cantidad de cenizas presentes en cada formulación conforme aumenta la cantidad de harina de amaranto presente, esto se debe al igual que la fibra, a la presencia del germen que puede contener una parte importante

de minerales que constituyen la ceniza, y a su vez explica por que este incremento que se tiene.

Gráfica #5  
Porcentaje de ceniza presente en las muestras de pan dulce



En este caso, todas las muestras obtuvieron un mayor porcentaje de ceniza que la muestra que solo tiene harina de trigo, y aunque en las muestras que contienen 20%, 30% y 40% de harina de amaranto el incremento es muy pequeño, aunque existente, se debe observar que todas las muestras que tienen harina de amaranto tienen un incremento cercano a 0.4% con respecto a la formulación base, es decir la formulación que no contiene harina de amaranto.

En cuanto a la cantidad de grasa presente en la muestra, se puede observar en la cuadro #8 que el porcentaje de grasa contenido en las muestras es similar entre ellas, aunque se tiene una ligera variación en las muestras 80:20 en la cual hay un ligero aumento en el contenido de grasa, y en la muestra 60:40 que tiene un ligero decremento en el porcentaje de grasa contenido.

En cuanto a las propiedades físicas de los productos con las diferentes formulaciones, se puede observar en el cuadro #9 los resultados. Se puede observar tanto

el diámetro como la altura de las muestras disminuyeron conforme se fue aumentando el porcentaje de harina de amaranto dentro de cada formulación y en el caso de la cantidad de poros por centímetro cuadrado se observa que el valor aumenta conforme aumenta la cantidad de harina de amaranto en la formulación.

Estas tres medidas y su comportamiento se explican al tener una menor cantidad de harina de trigo dentro de la formulación, ya que el harina de trigo proporciona el gluten que permite que se forme una matriz elástica dentro del pan lo que genera un mayor desarrollo de la pieza de pan, al actuar como cámara que captura los gases producidos en la fermentación. Al no tener tanto gluten presente, la matriz elástica no se forma y al contrario, el gas de la fermentación se escapa fácilmente formando una miga mas pequeña que dará origen a una mayor cantidad de poros dentro del pan y por lo tanto no se permitirá un crecimiento mayor de la pieza, que queda más compacta como se ve reflejado en los datos del cuadro #9.

Cuadro #9  
Propiedades físicas de las diferentes formulaciones estudiadas

	Diámetro (cm)	Alto (cm)	Poros por cm <sup>2</sup>
100:0	7.7±0.21	4.0±0.14	20±2
90:10	7.3±0.14	3.6±0.21	34±3
80:20	7.0±0.28	3.5±0.28	36±4
70:30	6.5±0.14	3.4±0.14	38±4
60:40	6.1±0.07	3.3±0.07	46±1

Por lo expuesto anteriormente se observa que sí es válido escoger una formulación que contiene harina de amaranto, y con base a lo estudiado anteriormente se decidió escoger la formulación 80:20, esto debido principalmente a que es una formulación que presenta una mejora notable en el contenido de lisina como se puede ver en la gráfica #1, a que si bien las propiedades físicas del producto se ven afectadas, aún podrían estar dentro de un parámetro aceptable, y a que el amaranto proporciona un sabor diferente al producto que es mas notable conforme se agrega una mayor cantidad de amaranto. Sin

embargo, el sabor no es la única razón por la cual se escoge la formulación 80:20, sino también por razones físicas del producto que se expusieron anteriormente como el tamaño del producto y la calidad de la miga.

En cuanto a la evaluación sensorial realizada (ver anexos), se decidió utilizar una evaluación sensorial de diferencia, empleando un test de comparación pareada, empleando para ello la participación de 44 panelistas, con los cuales se logró obtener los resultados expresados en el cuadro #10, cuadro #11 y cuadro #12.

Cuadro #10

¿Existe diferencia entre los productos con la formulación 80:20 y 100:0?

	Sí	No
¿Existe diferencia?	96.77%	3.22%

Cuadro #11

¿Qué tan grande es la diferencia entre los productos con la formulación 80:20 y 100:0?

	Mucho	Poco	No son diferentes
¿Qué tan diferentes son las muestras?	48.38%	48.38%	3.22%

Cuadro #12

¿Cuál es la principal diferencia entre los productos con la formulación 80:20 y 100:0?

	Color	Dulzura	Humedad	Sabor
¿Cuál es la principal diferencia?	3.22%	29.03%	12.90%	54.83%

Cuadro #13  
¿Cuál de las dos muestras es mejor la formulación 80:20 o 100:0?

	100:0	80:20	Son iguales
¿Cuál de las formulaciones es mejor?	67.74%	25.80%	6.45%

Como se puede observar en el cuadro #9, sí existe una diferencia entre la formulación base, y la formulación 80:20 escogida, esta diferencia es notable como lo muestran las cifras en las cuales el 95% aproximadamente identifico alguna diferencia. El análisis estadístico correspondiente que indica que sí existe una diferencia entre los productos, se encuentra en los anexos.

En este trabajo no se evaluó la aceptabilidad del producto como un producto individual, y diferente a lo que se conoce, sin embargo debido a los resultados obtenidos en la evaluación sensorial surge la inquietud de evaluar la aceptabilidad de este producto y desarrollarlo como un producto nuevo que no tiene necesariamente que ser un sustituto del pan dulce tradicional, sino una opción más de entre las cuales se puede escoger.

En cuanto al análisis biológico, se realizó un análisis de tipo NPR, en el cual se observó el crecimiento de las ratas de 6 grupos alimentados con dietas diferentes, que sin embargo contienen aproximadamente la misma cantidad de proteína entre ellas, exceptuando una que sirve como una de las dos dietas control de los grupos al no tener proteína. El fin de este estudio es conocer la efectividad del producto desarrollado y compararlo con el producto que se desea mejorar. La diferencia en estas dietas consiste en el material que aporta la proteína para lo cual se puede observar el cuadro #14.

Estos resultados también se pueden apreciar en la gráfica #6 en la cual se puede observar la línea de tendencia en el crecimiento de los grupos de ratas según su dieta en períodos de 8 días.

Cuadro #14  
Crecimiento promedio de las ratas en intervalos de tiempo de 8 días

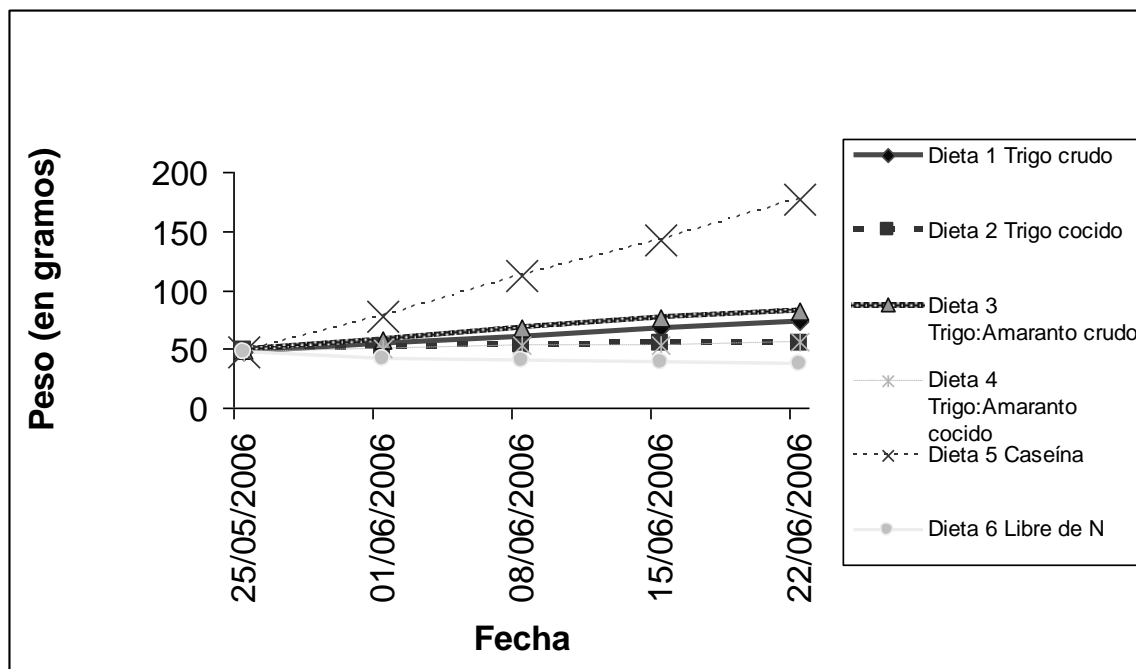
	25/05/06	01/06/06	08/06/06	15/06/06	22/06/06
Dieta 1 Trigo crudo	48.00	54.25	60.88	67.25	72.75
Dieta 2 Trigo cocido	48.25	51.38	52.63	54.13	55.25
Dieta 3 Trigo:Amaranto crudo	48.50	58.00	67.13	75.63	82.13
Dieta 4 Trigo:Amaranto cocido	48.00	51.00	53.00	53.75	56.75
Dieta 5 Caseína	48.00	78.00	112.13	142.00	177.25
Dieta 6 Libre de N	47.75	41.75	39.63	38.25	37.50

En los datos que se tienen tanto en el cuadro #14 como en la gráfica #6 se puede observar que ninguna de las dietas tiene el mismo comportamiento que la dieta de caseína, y que dentro de ellas la mejor es la de pan con trigo:amaranto sin hornear, seguida por la de pan de trigo sin hornear y se tiene las dos dietas que si llevan proceso de horneado con un comportamiento muy parecido, casi idéntico aunque es necesario indicar que la dieta que contiene amaranto es ligeramente mejor a la de pan de trigo normal. Es decir que de entre las dietas que se evaluaron, las mejores son las dos dietas que no llevan proceso de horneado ya que en estas se logró obtener un mejor resultado de crecimiento dentro de los grupos que se evaluaron. El resultado de las 6 dietas se puede observar de una forma más clara en el cuadro #15 en el cual se exponen los valores NPR y NPR relativo de las dietas evaluadas, en el cual es interesante observar los resultados de las dietas dividiéndolas en 3 grupos, por un lado el de las dietas que sufren proceso de horneado, por otro el de las que no sufren proceso de horneado y un tercero con las dietas de control.

Al observar estos resultados, se puede ver que el grupo de dietas que contienen el pan que sufrió un proceso de horneado tiene los valores más bajos y aunque no por mucho, se puede ver que el pan de trigo es ligeramente inferior que el de trigo:amaranto, mientras que el grupo de dietas que no sufren proceso de horneado tiene mejores valores que los de las dietas que llevan proceso de horneado y dentro de las dietas de producto crudo es mejor aún la que tiene el harina compuesta de trigo:amaranto, con solamente un 20% de harina de amaranto del contenido total de harina.

Gráfica #10

Comparación de crecimiento en intervalos de tiempo de 8 días  
de cada dieta evaluada



Cuadro #15

Valores NPR y NPR relativo de los grupos según su dieta

	NPR	NPR relativo
Dieta 1 Trigo crudo	1.77	52.56
Dieta 2 Trigo cocido	1.09	32.57
Dieta 3 Trigo:Amaranto crudo	2.04	60.74
Dieta 4 Trigo:Amaranto cocido	1.18	35.01
Dieta 5 Caseína	3.36	-
Dieta 6 Libre de N	-	-

En este punto, es necesario indicar que el harina compuesta de trigo:amaranto se realizó a partir de amaranto expandido, con lo cual al tener el pan listo, el amaranto contenido sufre un doble proceso térmico, por un lado la expansión y por otro el horneado, por ello resulta interesante que al ver que la dieta con producto crudo que contiene amaranto expandido, tiene un mejor resultado, de tal forma que queda como recomendación que se utilice una harina compuesta de trigo:amaranto en la cual el amaranto no tenga proceso de expansión previo y así poder observar el resultado que tiene el horneado sobre el producto.

## IX. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un pan dulce tradicional de Guatemala, a base de harina compuesta de trigo y amaranto, lográndose obtener un producto que tiene un mayor valor nutritivo que el tradicional en los resultados del análisis.
2. El resultado del análisis biológico indica que el pan que contiene harina compuesta trigo:amaranto horneado es mejor que el pan que sólo contiene harina de trigo.
3. El resultado del análisis biológico indica que el pan que contiene harina compuesta trigo:amaranto sin hornear es mucho mejor que los productos horneados.
4. El pan elaborado con un porcentaje de harina de amaranto tiene un mayor requerimiento de agua para dar un buen producto, que el elaborado con harina de trigo exclusivamente.
5. Las formulaciones estudiadas demostraron que al disminuir la cantidad de harina de trigo presente, también se disminuye el desarrollo físico del producto, por lo que la sustitución de harina de trigo por harina de amaranto no puede ser muy elevada.
6. El producto final, demostró tener una menor aceptación que el producto tradicionalmente consumido dentro de la evaluación sensorial realizada.

## X. RECOMENDACIONES

1. Es interesante observar que el amaranto requiere mayor cantidad de agua que el trigo para dar una consistencia adecuada a la masa, como también el efecto significativo que tiene en el desarrollo de las características físicas dentro de panadería, por lo que se recomienda profundizar el estudio del comportamiento de la harina de amaranto y su uso en panadería.
2. Debido a los resultados obtenidos, son la formulación escogida (sustitución 80:20) podría trabajarse para obtener un producto con una aceptación sensorial mayor empleando una sustitución menor, aunque un valor nutricional menor a la sustitución escogida, pero con una aceptación sensorial similar a la de la formulación base, aunque con un valor nutricional mayor, por lo que se recomienda seguir con el estudio de el harina de amaranto en la panificación tradicional de Guatemala.
3. Se recomienda además trabajar con el desarrollo de un producto similar a éste, en el cual se puede incrementar la sustitución de harina de trigo por harina de amaranto, como un producto nuevo y diferente al pan dulce tradicional, por ello la evaluación sensorial que se recomienda trabajar es una de aceptabilidad del producto y no una evaluación que realice una comparación entre el producto desarrollado y el pan dulce tradicional.
4. Se recomienda desarrollar un pan dulce empleando una harina compuesta de trigo:amaranto pero empleando amaranto sin expandir y observar el efecto que pueda tener el horneado en este producto.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

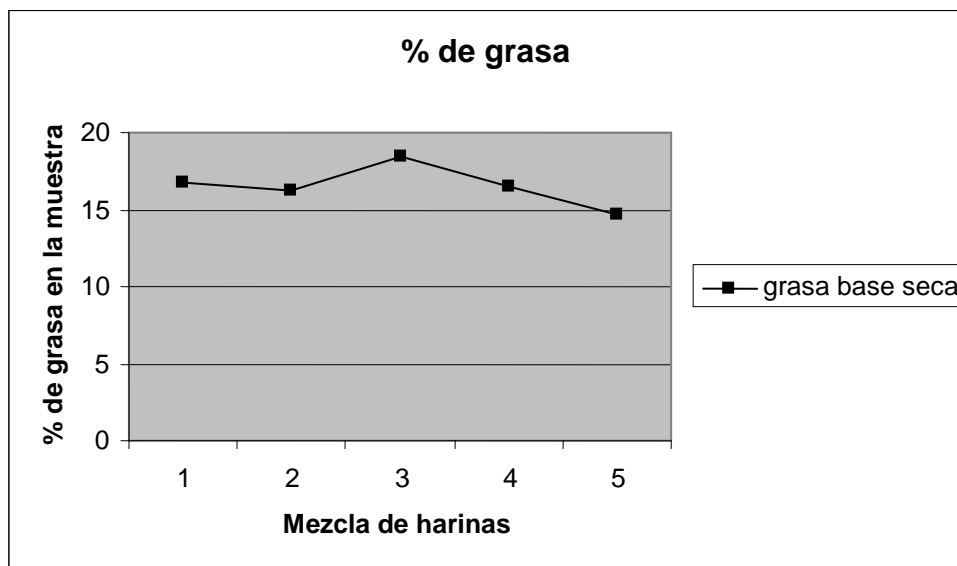
- American Association of Cereal Chemists. 1983. *Approved Methods*. 8th. Edition. St. Paul. MN.
- Adeyemi, A., J.A. Akingbala, O.A. Ajayi, A. Olufolaju, O.L. Oke. 1994. *Efecto de la molienda sobre algunas propiedades de la harina de amaranto de grano. El Amaranto y su potencial*. 1-2:13-17.
- AOAC Official Methods of Analysis. 1984. 14<sup>th</sup>. Ed. Arlington, VA. US.
- Badui, Salvador Dergal. 1995. *Química De Los Alimentos*. 3ra. Edicion. Longman de México Editores S.A. de C.V. México D.F. 648pp.
- Becker, R., L. Wheeler & A. Lorenz. 1981. *A compositional Study of Amaranth Grain*. J. of Food Science 46: 1175-1180.
- Birnbaum, H. 1997. *Bakers Digest*. 55 (3), 18.
- Bressani, Ricardo. 1991. *Evaluación Nutricional de pan de Trigo substituido por Harina de Amaranto Reventado. El Amaranto y su Potencial*. Boletines 2,3,4, Guatemala, Archivos Latinoamericanos de Nutrición.
- Bressani, Ricardo. A. Sánchez-Marroquín, E. Morales. 1992. *Chemical Composition of Grain Amaranth cultivars And Effects of Processing on their Nutritional Quality*. Food Reviews International. 8(1), 23-49.
- Bressani, Ricardo. 1990. *Effects of processing on the nutritional qualities and functional properties of amaranth. Proceedings of the fourth national Amaranth symposium: perspectives on production, processing and Marketing*. Minnesota. 80pp.
- Brochoire, Gérard. 1998. *Devenir Boulanger*. Editions SOTAL. Rouen, Francia. 364pp.
- Desrosier, Norman. 1999. *Elementos de tecnología de Alimentos*. AVI Publishing Company, Inc. México. 783pp.
- Elias, Luiz. *Concepto y Tecnologías Para la Elaboración y uso de harinas compuestas*. Publicaciones INCAP. Recuperado el 2 de octubre de 2005:  
[http://www.bvssan.incap.org.gt/bvs\\_incap/E/publica/notas/notatec6.pdf](http://www.bvssan.incap.org.gt/bvs_incap/E/publica/notas/notatec6.pdf)
- Gonzáles, Ricardo Antonio. 2004. *Actualización de la composición proximal del pan de consumo popular en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de ciencias químicas y farmacia.
- Incap. 1984. *Amaranto preparación de alimentos*. Publicacion de INCAP.

- Instituto Nacional de Estadística. 2000. *Censo nacional de Industria, Cantidad y valor de productos fabricados*. INE. Guatemala
- Irving, D. W., A.A. Betschart, R.M. Saunders. 1981. *Morphological studies on Amaranthus Cruentus*. Journal of Food Science. 46:1170-1174
- Kamman. P.W. 1996. *Quality control in the bread industry*. Bakers Digest. 44:2
- Lopez, Luis. 1997. *Cereales*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. Vol 1. 539pp.
- Matz, Samuel. 1991. *The chemistry and technology of cereals as food and feed*. 2ed. Van Nostrand Reinhold. New York. 751pp.
- Matz, Samuel A. 1992. *Bakery Technology and engineering*. 3ra. ed. Van Nostrand Reinhold/avi. New York. 853pp.
- Morales, Rafael. 1994. *Desarrollo de un pan dulce portador de calorías, proteínas, vitamina A, hierro y otros micronutrientes*. Universidad del Valle de Guatemala. 89pp.
- Moncada, Eva. 1998. *Desarrollo de un pastelito tipo cubilete apto para ser consumido por personas diabéticas*. Universidad del Valle de Guatemala. 57pp.
- Oficina Editorial de Archivos latinoamericanos de nutrición. 1990. *Valor nutritivo de mezclas de harina de trigo y harina de amaranto. Amaranto y su potencial*. Boletín No. 4:18pp.
- Petrosovits. 1963. *Sensory Testing*. John Wiley and Sons. New York. 55pp.
- Pyler, Ernst John. 1988. *Baking, Science and Technology*. 3ra. ed. Sosland Publishing Company. Kansas, U.S.A. Volume I 588pp.
- Rosales, María. 2000. *Elaboración y aplicación de tres tipos diferentes de harina de amaranto*. Universidad del Valle de Guatemala. 51pp.
- Sánchez-Marroquín. A; M.V. Domingo, S. Maya, C. Saldaña. 1985. *Amaranth flour blends and Fractions for Baking Applications*. Journal of Food Science. Volume 50:789pp.
- Segeplan. 1991. *Encuesta nacional de consumo aparente de los alimentos*. Instituto Nacional de Estadística. Guatemala. 62pp.
- Tkachuk, R. 1966. *Cereal chemistry*. AACC internacional 43:223.
- Xelapan S.A. 2003. *Fichas técnicas de panadería*. 79pp.

## XII. ANEXOS

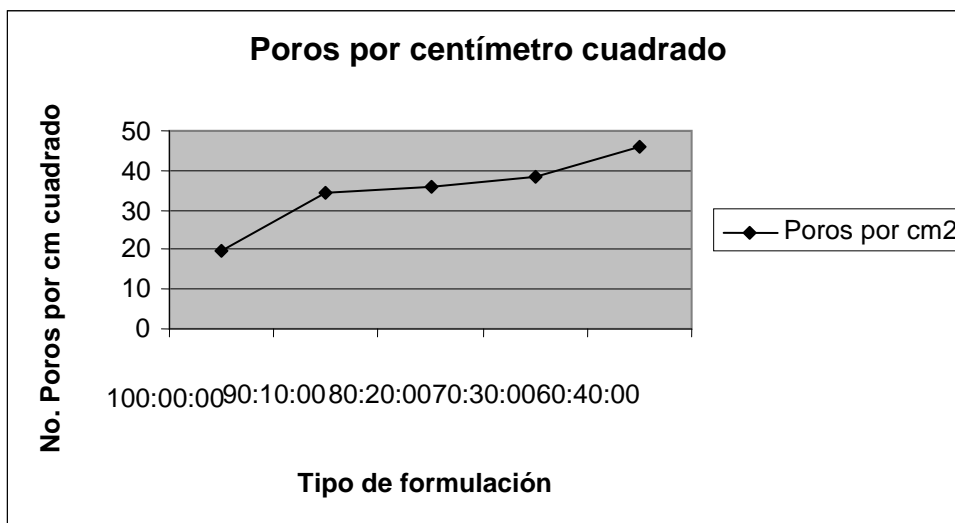
Gráfica #6

Porcentaje de grasa presente en las muestras de pan dulce trabajado



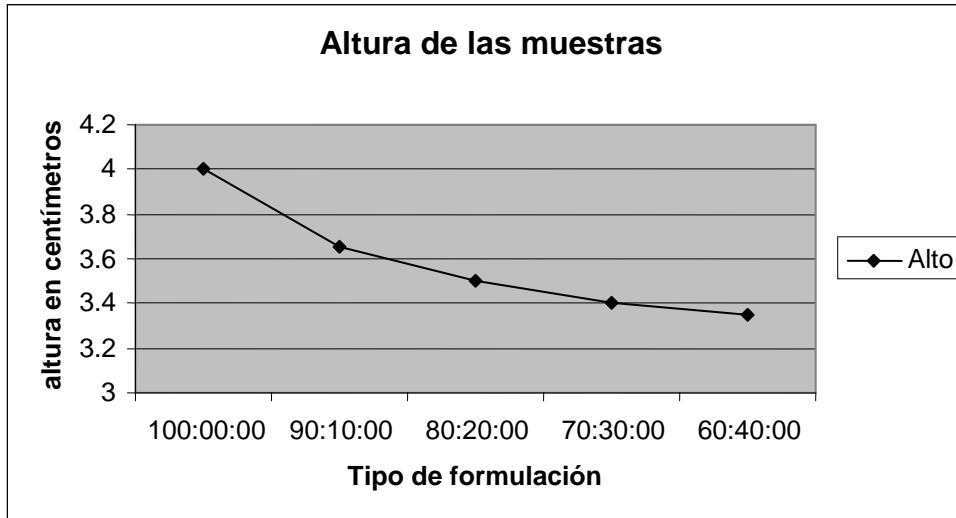
Gráfica #7

Cantidad de poros por centímetro cuadrado dentro de las muestras de pan dulce trabajadas



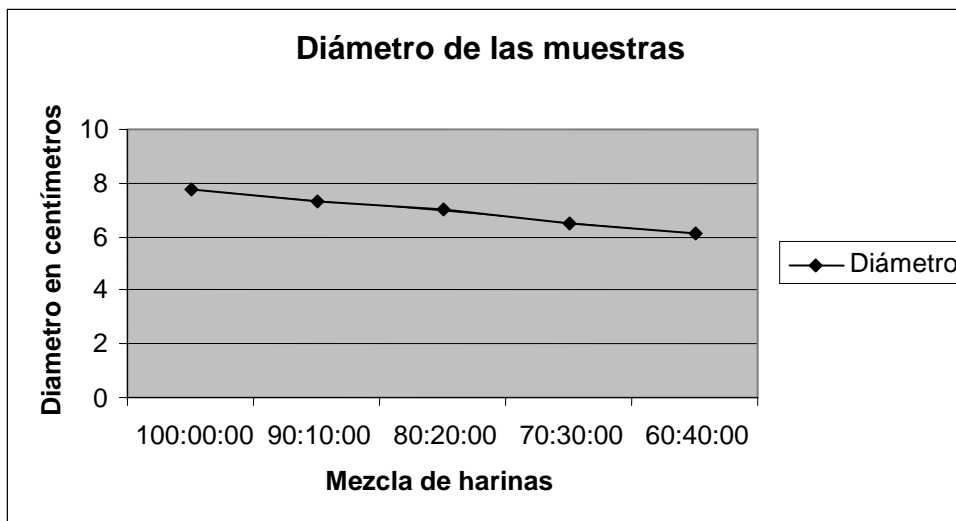
Gráfica #8

Altura de las piezas de pan de las muestras de pan dulce trabajadas



Gráfica #9

Diámetro de las piezas de pan de las muestras de pan dulce trabajadas





Cuadro #16

Contenido de proteína de las dietas empleadas en el análisis biológico

Dieta	peso muestra	mL HCl	% CHON
Dieta 1 trigo crudo	0.2484	2.5	8.8063607
Dieta 2 trigo cocido	0.2557	2.6	8.8971451
Dieta 3 trigo:amaranto crudo	0.2576	2.7	9.1711957
Dieta 4 trigo:amaranto cocido	0.2467	2.6	9.2217268
Dieta 5 caseína	0.2525	2.8	9.7029703
Dieta 6 libre de N	0.255	0.2	0.6862745

Cuadro #17

Valores NPR y NPR relativo de los grupos según su dieta y cantidad de alimento, proteína ingerida y aumento de peso promedio

	Alimento ingerido promedio	Proteína ingerida promedio	Aumento peso promedio	NPR	NPR relativo
Dieta 1 trigo crudo	225.12g	19.83g	24.75g	1.77	52.56
Dieta 2 trigo cocido	177.25g	15.77g	7.00g	1.09	32.57
Dieta 3 trigo:amaranto crudo	234.38g	21.49g	33.62g	2.04	60.74
Dieta 4 trigo:amaranto cocido	175.12g	16.14g	8.75g	1.18	35.01
Dieta 5 caseína	427.88g	41.50g	129.25g	3.36	-
Dieta 6 libre de N	120.75	-	-10.25g	-	-