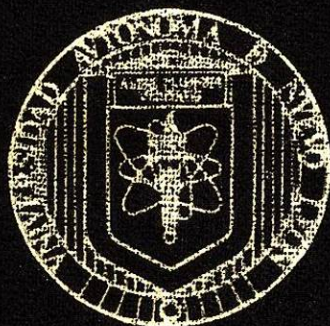


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE LA UTILIZACION DEL
AMARANTO (Amaranthus hypochondriacus) EN EL
PROCESO DE ELABORACION DE TORTILLAS
DE HARINA DE TRIGO, UTILIZANDO 10
NIVELES DE CONCENTRACION DE AMARANTO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA:

LILIANA AGUIRRE FLORES

T

SB191

.A4

A3

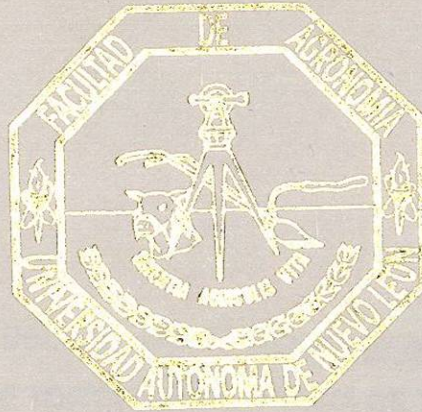
C.1



1080071992

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE LA UTILIZACION DEL
AMARANTO (Amaranthus hypochondriacus) EN EL
PROCESO DE ELABORACION DE TORTILLAS
DE HARINA DE TRIGO, UTILIZANDO 10
NIVELES DE CONCENTRACION DE AMARANTO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA:

LILIANA AGUIRRE FLORES

MARIN, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1996

12569 4

5351

T
SB 191
A J M
A

040.664
FA3
1996
C.5



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

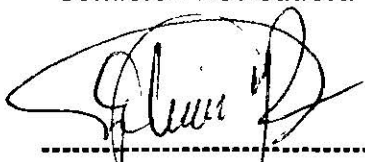
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DEL AMARANTO (Amaranthus hypochondriacus) EN EL
PROCESO DE ELABORACIÓN DE TORTILLAS DE HARINA DE TRIGO, UTILIZANDO 10
NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE AMARANTO

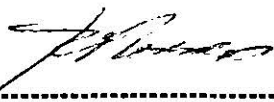
TESIS

Que presenta como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero en Industrias Alimentarias.

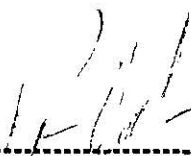
Comisión Revisadora



Ing. Edgar Reyes Melo
Presidente



Ing. Rómulo Flores de la Peña
Secretario



Ing. Roberto Villarreal Chapa
Vocal

Marín, N.L.

Septiembre 1996.

DEDICATORIA...

A DIOS:

Por haberme dado la oportunidad de estar en este mundo.

A MIS PADRES:

Sr. Tomás Aguirre Sánchez y Sra. Rosalba C. Flores Lira;

Por TODO ese amor, cariño, comprensión, pero sobretodo por esa gran paciencia hacia la hija más rebelde que tienen.

Gracias "GRAN JEFE" y Gracias "MA".

Gracias por ser los padres más padres.

Los Amo.

A MIS HERMANOS:

Tomás, Deyanira y Cecilia;

Gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas.

"Ya que les queda".

A GIOIA, ALFREDO y ANA PAOLA:

Gracias por venir a llenar ese vacío que se sentía en casa.

A MI GEMELA:

Sra. Laura Adriana Ahumada de Jiménez:

Gracias por tu apoyo incondicional a lo largo de estos años.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Gracias, ya que tuve la oportunidad de conocerlos y aprender de cada uno de ustedes.

A MI GRAN COMPAÑERO Y AMIGO:

Enrique Treviño Meza;

Gracias por TODO, por haber compartido una etapa más de mi vida, en la cual hubo tristeza y alegría, llanto y risa, triunfos y fracasos.

Gracias por haber estado en los momentos oportunos, y en lo que realmente hace falta un amigo, un amigo que no reclama, sólo escucha; un amigo que respeta, no traiciona.

Gracias, ya que son muchas las cosas que aprendí de ti, eres una persona capaz de realizar lo que te propongas y sólo es cuestión de fijarte la meta, te deseo el mayor de los triunfos en tu vida.

“El mayor descubrimiento que pueden hacer los verdaderos amigos, es que pueden crecer cada cual por su lado sin distanciarse

AGRADECIMIENTOS...

A a la Comunidad de la Facultad de Agronomía.

Al Ing. Edgar Reyes Melo, por su cooperación y apoyo hacia la realización de este trabajo.

Al Ing. Rómulo Flores de la Peña e Ing. Roberto Villarreal Chapa, por la revisión detallada del escrito.

Al Ing. Francisco Uresti Salazar, por su valiosísima ayuda en la realización del trabajo de laboratorio

A mis compañeros por ser según ellos “conejillos de india” en las pruebas de aceptabilidad de textura y sabor.

A la Ing. Odra E. Hernández R. por su paciencia hacia los pequeños grandes detalles que siempre surgen en este tipo de trabajos

A la Sra. Patricia Medina V. por haberme permitido hacer uso de la microcomputadora y por su desinteresado punto de vista hacia la presentación del escrito.

En fin, son demasiadas las personas que intervinieron en la realización de esta Tesis.

A TODOS, GRACIAS MIL.

“Después de mucho tiempo, éste trabajo, ya es una realidad”

CONTENIDO

I.- INTRODUCCIÓN

II.- LITERATURA REVISADA

EL AMARANTO (Amaranthus hypochondriacus)

1.- ANTECEDENTES

1.1.- ASPECTOS GENERALES

1.2.- PRINCIPALES REGIONES DE CULTIVO

1.3.- CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DEL AMARANTO

2.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AMARANTO

3.- TIPOS DE HARINAS

4.- USOS DEL AMARANTO EN LA ALIMENTACION HUMANA

5.- INDUSTRIALIZACIÓN DEL AMARANTO

EL TRIGO

1.- ANTECEDENTES

1.1.- ESTRUCTURA DEL GRANO

1.2.- LOS TRIGOS: HISTORIA Y CLASIFICACIÓN

1.3.- TIPOS DE TRIGOS

1.4.- TAMAÑO Y FORMA DEL GRANO

1.5.- PROCESO

2.- EFECTO DE LA INDUSTRIALIZACIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS DERIVADOS DE LOS CEREALES

3.- LA MOLIENDA

3.1.- OPERACIONES PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA

4.- EL TRIGO EN EL MOLINO: OBTENCIÓN DE HARINA

4.1.- PROCESO EN LA OBTENCIÓN DE HARINA

5.- COMPARACION ESTRUCTURAL ENTRE EL TRIGO Y EL AMARANTO

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

IV.- RESULTADOS

V.- DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

VI.- RESUMEN

VII.- BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE FIGURAS

	PAG
Fig. No.1.- Distribución geográfica del Amaranto en la República Mexicana	8
Fig. No.2.- Composición de hortalizas crudas (hojas) nutrientes seleccionados en 100 gr	9
Fig. No.3.- Composición de las semillas de “Alegría”	10
Fig. No.4.- Composición básica en almidón, grasas y proteína de las semillas de “Alegría”	12
Fig. No.5.- Aminograma de la proteína del <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	12
Fig. No.6.- Contenido de Lisina y Metionina	13
Fig. No.7.- Valor químico de la “Alegría” y otros alimentos	13
Fig. No.8.- Análisis bromatológico de Harina Clasificada de <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	14
Fig. No.9.- Análisis bromatológico de Harinas de Amaranto	14
Fig. No.10.- Estructura del grano de Amaranto y Trigo	22
A: Corte longitudinal de un grano de trigo	
B: Semilla de <u>Amaranthus spp</u> en sección transversal y longitudinal vistos desde un microscopio de luz	
C: Vista en corte de un grano de trigo	
D: Constitución del grano	
Fig. No.11.- Diseño Experimental de Factor Único, en cada uno de los tratamientos generados	24
Fig. No.12.- Diagrama de Proceso para la elaboración de tortillas	25
Fig. No.13.- Referencias en el formato para la identificación de muestras	26
Fig. No.14.- Formato utilizado para las Pruebas de Aceptabilidad de Textura y Sabor	27,28
Fig. No.15.- Análisis Bromatológico de la Harina de Amaranto	29
Fig. No.16.- Análisis Bromatológico de la Harina de Trigo	29
Fig. No.17.- Valores promedio de cada una de las variables analizadas	29
Fig. No.18.- Promedio del % de Humedad de los tratamientos generados	30
Fig. No.19.- Promedio del % de Proteína de los tratamientos generados	30

	PAG
Fig. No.19.- Promedio del % de Proteína de los tratamientos generados	30
Fig. No.20.- Promedio del % de Cenizas de los tratamientos generados	31
Fig. No.21.- Promedio del % de Extracto Etéreo de los tratamientos generados	31
Fig. No.22.- Valores obtenidos en la Prueba de Aceptabilidad de Textura	32
Fig. No.23.- Valores obtenidos en la Prueba de Aceptabilidad de Sabor	32
Fig. No.24.- Cuadrados Medios para las variables de % Humedad, % Proteína, % Cenizas, % Extracto Etéreo, Textura y Sabor	33
Fig. No.25.- Aminograma de la Harina de Trigo	33
Fig. No.26.- Aminograma de la Harina de Amaranto	33
Fig. No.27.- Aminograma teórico para cada uno de los tratamientos generados	34
Fig. No.28.- Balance relativo de los Aminoácidos esenciales	34
Fig. No.29.- Gramos por 100 gramos de Aminoácidos esenciales en cada alimento	34
Fig. No.30.- Valores obtenidos en las Pruebas de Aceptabilidad de Textura	34
Fig. No.31.- Valores obtenidos en las Pruebas de Aceptabilidad de Sabor	34

I.- INTRODUCCIÓN

En México desde tiempos prehispánicos se ha utilizado el amaranto como fuente de nutrientes para la alimentación humana. En la República Mexicana, se cultivan dos especies: Amaranthus hypochondriacus y Amaranthus cruentus en menor grado; estas especies son muy semejantes entre sí: son anuales, con hojas y hábitos de ramificación similares, erectas y altas.

Las diferencias de color de plantas y semillas son de poco valor taxonómico, ya que cada especie presenta formas de semilla oscura y pálida, y el color de la planta varía de rojo intenso a verde brillante. El cultivo del amaranto tiene características agronómicas deseables tales como: alta rusticidad, amplitud de adaptación a diferentes climas, suelos, temperatura, bajos requerimientos de humedad, y sobretodo un alto valor nutricional, lo que lo hace como una posibilidad de cultivo potencial para zonas de temporal, y como aportador de nutrientes para los sectores más desprotegidos del país.

La semilla de amaranto contiene un promedio de: 14.7% de proteína, 3.1% de grasa y 60.7% de carbohidratos; además son muy ricas en minerales como calcio, fósforo y hierro, así como también presentan cantidades atractivas de tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C. El bajo contenido de humedad de ésta semilla facilita su manejo y almacenamiento.

Su contenido proteico es muy semejante al del trigo; sin embargo lo extraordinario del amaranto es su riqueza en aminoácidos esenciales incluyendo la lisina y la metionina, lo cuales como es bien sabido, tienen una proporción que limita el valor biológico de los cereales.

La molienda de la semilla cruda, propicia un mayor aprovechamiento de ésta, obteniéndose una harina con un tamaño de partícula ligeramente mayor que en la semilla reventada. La sustitución de Harina Integral de Amaranto en galletas y bolillos, incrementa la absorción de agua y con esto se favorece el rendimiento, obteniéndose productos de buena calidad industrial, comercial y nutricional.

Sin duda la Industrialización del amaranto es una alternativa, ante la problemática de satisfacer la demanda de alimentos, así como la búsqueda de nuevas fuentes que le permitan lograr dicho propósito.

II.- LITERATURA REVISADA

1.- ANTECEDENTES.

1.1.- ASPECTOS GENERALES

En las altiplanicies de varias regiones de América y Asia, en particular, se cultivó exclusivamente el amaranto hasta llegar a constituir un importantísimo rubro de su economía primitiva y su admirable cultura. Sin embargo, por razones esencialmente de carácter religioso y no técnico, su cultivo empezó a declinar en forma acelerada desde el siglo XVII, hasta que en la actualidad solo dos países, la India y México, lo conservan celosamente aunque a escala muy precaria. En otros países que lo practicaron con intensidad ya casi se ha olvidado.

Los Indios Hopi de Arizona y los Suniz de Nuevo México, así como algunas tribus de Sonora y Sinaloa en México, utilizaban en sus ceremoniales, las semillas de "alegría" (Amaranto) con el nombre común de huatli, a semejanza de otras razas autóctonas de la parte central de México en donde se usaba el huatli para formar ídolos pequeños o grandes hechos con la masa de Amaranto, y que servían como amuletos para asegurar el éxito de sus siembras y cosechas de maíz y otros cultivos de su tiempo, así como para celebrar diversas festividades en honor de Tlaloc o de Huitzilopochtli.

Existían dos formas distintas de huatli; la mas común era la negra y brillante, y la mas utilizada de color marfil semitranslúcida también llamada michihuatli (huatli de pescado), debido a la semejanza de la masa preparada de sus semillas con los huevecillos de algunos peces. Las semillas de Amaranto se consumían principalmente en forma de atoles y tamales, productos que siguen consumiéndose en la actualidad con esos mismos nombres, pero hechos ahora de maíz.

En México desde tiempos prehispánicos se ha utilizado el amaranto como fuente de nutrientes para la alimentación humana, así mismo, esta especie ha sido un importante productor de semillas desde 5,000 ó 3,000 años a. C. El emperador azteca Moctezuma recibía un tributo anual de 200,000 bushels (1 bushel - 35 L) de semillas de amaranto. La declinación de la producción en los tiempos postcolombinos se debió en parte a la supresión de ella por los españoles, ya que jugaba un importante papel en las ceremonias religiosas autóctonas.

Por otra parte, es bien sabido que desde hace 4,000 años los indios mexicanos domesticaron el amaranto al grado que llegó a ocupar un lugar como alimento básico al lado del maíz, frijol y calabaza. Sin embargo hubo alguna confusión respecto a los nombres indígenas y la descripción estrictamente botánica. Se supone originaria de México, muy utilizada por los indígenas de la época precortesiana. El fruto es una capsulita que se abre transversalmente y contiene una sola semilla blanca, lisa y brillante, ligeramente aplanada y del tamaño de un grano de mostaza. El rendimiento en volumen de una planta es casi igual al de una de maíz; pero se han logrado

producciones de 2,000 a 4,000 kilos por hectárea cuando la planta se cultiva en condiciones favorables, lo que la sitúa por encima de los rendimientos máximos de dichos cereales. Es un cultivo agotante y, por lo tanto, el rendimiento es cada vez más bajo si se siembra consecutivamente en el mismo suelo.

Las especies silvestres se empleaban como hortalizas o legumbres en sopas, atoles, estofados y otras formas, llegando a constituir una apreciable fuente de energía, proteína, minerales y vitaminas. Su uso en la alimentación humana complementa el valor nutritivo de los alimentos en base a cereales que se consumen en los sectores poblacionales de bajos recursos del país.

El amaranto llegó a constituir, según Safford, el origen de la agricultura en el Nuevo Mundo y lo considera "un cereal olvidado de la América antigua".

1.2.- PRINCIPALES REGIONES DE CULTIVO.

Existen varias regiones americanas donde los amarantos se cultivan para grano, cada una con su propia especie peculiar: Amaranthus hypochondriacus en México y el suroeste de Estados Unidos, Amaranthus cruentus en Guatemala, Amaranthus caudatus en Perú y Bolivia principalmente, y Amaranthus edulis en Argentina.

En la República Mexicana se cultivan dos especies: 1) Amaranthus hypochondriacus y 2) Amaranthus cruentus. Estas dos especies tienen una amplia adaptación altitudinal pero principalmente se cultivan en las áreas del centro del país, tales como, en Huazulco, Amilcingo y Amayuca en el Estado de Morelos; San Miguel del Milagro y San Felipe Ixtaquixtla en el Estado de Tlaxcala y Tulyehualco y Xochimilco en el Distrito Federal que son los principales productores con un área total de 400 Has.

Cualquiera que sea el origen de estas plantas, debe reconocerse que el amaranto paniculado (Amaranthus hypochondriacus) creció en México y el sureste de Estados Unidos en tiempos precolombinos, y que en sus formas de cultivo y uso, las del Nuevo y Viejo Mundo son asombrosamente similares: en ambas áreas.

El cultivo se practica en las regiones altas; muchas especies para grano son muy cultivadas como ornamentales hasta el nivel del mar; en las dos regiones las plantas generalmente se cultivan en pequeña escala, mezcladas en los plantíos de maíz o de otros cultivos, el grano generalmente es para autoconsumo y se prepara de manera similar en casi todas partes.

NOTA: Se anexa mapa de la República Mexicana con las principales regiones de cultivo de Amaranto (Amaranthus hypochondriacus).

Fig. No.1.- Distribución Geográfica del Amaranto en la República Mexicana.



NOTA: h: Amaranthus hypochondriacus
c: Amaranthus cruentus

PRINCIPALES REGIONES DE CULTIVO EN LA REPUBLICA MEXICANA.

Las regiones son: Distrito Federal, Estado de México, Morelos, Tlaxcala, Guerrero, Puebla, Oaxaca, Michoacán, Jalisco, Sinaloa, Sonora, Chihuahua.

1.3.- CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DEL AMARANTO

El cultivo del amaranto tiene características agronómicas deseables tales como: alta rusticidad, amplitud de adaptación a diferentes climas, suelos, temperatura, bajos requerimientos de humedad y alto valor nutricional lo cual lo presentan como un cultivo potencial para áreas temporales y como aportador de nutrientes para los sectores más desprotegidos del país.

El bajo contenido de humedad de ésta semilla facilita su manejo y almacenamiento. Su contenido proteico es muy semejante al de Trigo, sin embargo, la importancia nutricional del amaranto se evidencia al comparar las cantidades de lisina, que resultan casi tres veces mayores que las de trigo. Significativo resulta también el contenido de aceite el cual contiene cantidades substanciales de ácidos grasos oleico y linoléico (insaturado), el primero ayuda a la fijación de calcio y el segundo a la formación de postraglandinas.

Lo más importante respecto a las semillas de amaranto es que contienen en promedio (%): 14.7 de proteína, 3.1 de grasa y 60.7 de carbohidratos, y son muy ricas en minerales: 510 mg. de calcio, 397 mg. de fósforo y 11 mg. de hierro.

Tienen, además, proporciones discretas de tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C. Lo extraordinario de la proteína del amaranto es su riqueza en aminoácidos esenciales incluyendo la lisina y la metionina los cuales, como es bien sabido, tienen una proporción que limita el valor biológico de los cereales. Otro componente que confiere cierta importancia bromatológica a estas semillas es el caroteno: 14 a 90 mg. por ciento en Amaranthus cruentus y 3,500 a 5,520 mg. por ciento en otras especies.

El amaranto es comparable a las acelgas, espinacas y coles en proteína, minerales y vitaminas del complejo B.

Fig. No.2.- Composición de Hortalizas Crudas (hojas) nutrientes seleccionados en 100 gr.

	Amaranto	Acelga	Col rizada	Col común	Espinaca
Humedad %	86.9	91.1	85.3	87.5	90.7
Proteína gr.	3.5	2.4	4.8	4.2	3.2
Calcio mg.	267	88	250	179	93
Fósforo mg.	67	39	82	73	51
Hierro mg.	3.9	3.2	1.5	2.2	3.1
Vit. A U.I.	6,100	6,500	9,300	8,900	8,100
Tiamina mg.	0.08	0.06	0.16	*	0.10
Riboflavina mg.	0.16	0.17	0.31	*	0.20
Niacina mg.	1.4	0.5	1.7	*	0.6
Ac. Ascórbico mg.	80	32	152	125	51

Fig. No.3.- Composición de las semillas de “Alegría”.

Componentes	Porcentaje (%).
Almidón	58.5
Grasas	6.3
Albuminoides	14.0

Entre los aspectos más interesantes del amaranto están los de su buen sabor, sus notables propiedades alimentarias, su consumo actual como semilla y hortaliza en muchas partes del mundo, su calidad proteica comparable a la de la soya y la levadura y semejante aún a la carne, su facilidad de mezclarse con otras harinas, especialmente los cereales, con apreciable mejoría de las cualidades nutritivas de las mezclas y, asimismo, la aceptable calidad panificadora de su harina al combinarse con otras, dando productos de agradable sabor y apreciable calidad bromatológica. Además de todo esto, la planta puede almacenarse sin que sufra pérdidas notables como sucede con los cereales.

La molienda de la semilla cruda, propicia un mayor aprovechamiento de ésta siendo una molienda fácil. Se obtiene una harina con un tamaño de partícula ligeramente mayor que en la semilla reventada, sin embargo, ésta última presenta colores más oscuros, mismos que pudieran ser efecto de caramelización de azúcares durante el reventado, ó bien debido a la deshidratación inducida por el calor (reacción de Maillard e incluso ramerización de la proteína).

La sustitución de harina integral de amaranto en galletas y bolillos, incrementa la absorción y con esto la cantidad de productos obtenidos por kilogramo de harina (Rendimiento), mejora las cantidades de lisina y triptófano disponible. Obteniéndose productos de buena calidad industrial comercial y nutricional.

Varios trabajos han demostrado que se pueden producir tortillas con características aceptables utilizando el grano o semilla de Amaranthus en mezclas con trigo, tanto a nivel laboratorio como en producción industrial.

No se sabe mucho acerca de pérdidas que el procesamiento ocasiona en algunos de los componentes que le dan mayor valor bromatológico, ni tampoco se ha estudiado en forma extensa los métodos de conservación, mejoramiento de los métodos tradicionales de cultivo, los que se siguen para la recolección de semillas y las fases de los procesamientos actuales de aprovechamiento que sin duda alguna pueden mejorarse favorablemente en sus diferentes fases. Asimismo, hace falta estudiar en detalle el aprovechamiento adecuado de la planta entera, tomando en consideración los usos que se le dan hoy en día, y tratar de mejorarlos tecnológicamente.

2.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL AMARANTO

El contenido de proteína de la semilla de amaranto varía de 13.0 a 18% dependiendo de la especie y localidad del cultivo. Su perfil de aminoácidos es muy semejante al patrón de aminoácidos establecido para la FAO/OMS. Dicha proteína es de alta lisina y con esto se distingue de otras proteínas vegetales; además, la semilla contiene almidón, grasa y otros elementos nutritivos.

En la mayoría de los países subdesarrollados, los cereales, particularmente el maíz, el trigo y el arroz, así como ciertas leguminosas tales como el frijol y la soya, y diversas hortalizas nativas, han demostrado ampliamente su eficacia en la raquítica dieta tradicional de esos pueblos, pues los ha mantenido saludables y quizá hasta longevos en algunos casos.

Entre los vegetales primitivos que participaron de estos atributos en el mundo de las civilizaciones antiguas figuran, las diferentes especies de amaranto que por siglos fueron cultivadas, para servir de alimento en forma de diversos productos primitivos. Estas plantas, de excelente forraje y abundantes semillas, pueden cultivarse fácilmente no sólo en el campo sino también en los huertos, patios y jardines de pueblos y ciudades, por lo que resulta altamente recomendable promover el aprovechamiento alimentario de sus semillas, hojas y tallo, dada la extraordinaria composición química de todas esas partes de la planta y el bajo costo tanto de su cultivo como de su procesamiento a nivel rural.

La composición química de sus partes constitutivas lo colocan como un alimento de alto rango. Las especies mencionadas, han sido usadas por los sectores de más bajo ingreso económico con excelentes resultados desde el punto de vista nutricional. Sus requerimientos de proteína, carbohidratos, vitaminas y minerales, pueden ser satisfechos por la ingestión en cantidades adecuadas de las harinas y partes verdes del amaranto, especialmente si en la dieta se incluyen otras legumbres y cárnicos de fácil adquisición y/o semillas diferentes tradicionalmente empleadas, que pueden complementar en alguna forma las propiedades alimentarias bien reconocidas del primero.

Lo más importante respecto a las semillas de amaranto es su valor nutritivo, ya que contienen en promedio (%): 14.7 de proteína, 3.1 de grasa y 60.7 de carbohidratos, y son muy ricas en minerales: 510 mg. de calcio, 397 mg. de fósforo y 11 mg. de hierro.

Tienen, además, proporciones discretas de tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C. Lo extraordinario de la proteína del amaranto es su riqueza en aminoácidos esenciales incluyendo la lisina y la metionina los cuales, como es bien sabido, tienen una proporción que limita el valor biológico de los cereales. La eficiencia proteica es comparable con la de la caseína. La proporción de proteína en los amarantos se equipara favorablemente con la de los otros vegetales e igualmente sus aminoácidos.

Otro componente que confiere cierta importancia bromatológica a estas semillas es el caroteno: 14 a 90 mg. por ciento en Amaranthus cruentus y 3,500 a 5,520 mg. por ciento en otras especies.

Los sorprendentes datos químicos explican ahora por qué las semillas de "alegría" fueron tan apreciadas en otros tiempos y por qué se siguen estudiando con tanto interés en todo el mundo.

Respecto a México, ya desde 1922 Cordero había estudiado la composición básica en almidón, grasas y proteína (albuminoides) con los resultados siguientes:

Fig. No.4.- Composición básica en almidón, grasas y proteína de la semilla de "alegría"

Componentes	Porcentaje (%)
Almidón	58.5
Grasas	6.3
Albuminoides	14.0

Fue hasta 1954 cuando el ex-Instituto de Nutriología, al estudiar muy acuciosamente un gran número de plantas mexicanas de probado valor alimenticio, incluyó a la "alegría" dentro de los vegetales más interesantes y prometedores de la flora alimentaria tradicional del país.

El aminograma de la proteína de Amaranthus hypochondricus revela buena calidad en el grano y la harina integral con tenores altos de:

Fig. No.5.- Aminograma de la proteína de Amaranthus hypochondriacus

Aminoácidos	Harina integral % proteína	Grano % proteína
Ácido glutámico	12.30	11.22
Leucina	5.22	4.00
Arginina	7.16	5.90
Lisina	4.52	3.76
Glicina	5.94	6.36
Metionina	0.95	0.88

NOTA: La metionina aparece en cantidad inferior a la registrada por otros investigadores, a causa de que se destruyó particularmente durante la hidrólisis ácida. El triptófano no se determinó. En suma, la harina integral resulta satisfactoria en base al aminograma.

Fuente: Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, México, D.F.

El contenido de lisina y metionina, aminoácidos limitantes en los cereales, la soya y la levadura, es comparable al de la leche de acuerdo a datos de Michigan, E.U.A. por Ann Arbor:

Fig. No.6.- Contenido de Lisina y Metionina (gr. %).

Semilla de "Alegría" y otros alimentos. Contenido de Lisina y Metionina (Gr. %).

Alimento	Lisina	Metionina
Trigo	8.7	12.03
Soya	16.2	6.6
Leche	16.5	7.0
"Alegría"	16.6	11.2

El valor químico de la semilla de "alegría" (*Amaranthus hypochondriacus*) es superior al de cinco alimentos importantes: maíz, trigo, frijol, cacahuate y leche de vaca:

Fig. No.7.- Valor químico de la "Alegría" y otros alimentos

Valor químico (%) de la "Alegría" y otros alimentos.

Alimento	Porcentaje %
Frijol	35 a 52
Maíz	44
Cacahuate	52
Trigo	57
Leche	72
"Alegría"	75 a 87

Del conjunto de pruebas químicas y biológicas, es posible concluir que las semillas y hojas de las especies de amaranto resultan ser un buen alimento. La única limitante por lo que respecta a la harina obtenida de las semillas es su escaso o nulo contenido de gluten.

3.- TIPOS DE HARINA.

Harinas. Se han obtenido y utilizado en productos adecuados, los siguientes tipos de harinas:

A) Harina integral, de semillas de *Amaranthus hypochondriacus*, trigo, triticale, cebada desnuda y maíz, utilizando molinos apropiados, con el propósito de determinar su composición química y utilizarlas aisladamente y en mezclas en la preparación de panes, pastas, galletas y tortillas.

B) Harinas clasificadas, se procedió a la separación mediante molinos Brabender y tamices adecuados de las harinas, con los detalles y rendimientos.

El perfil bromatológico obtenido es el siguiente:

Fig.No.8.- Análisis Bromatológico de Harina Clasificada de Amaranthus hypochondriacus

Análisis (%) de:	Fina	Gruesa	Granillo	Salvado
Humedad	9.31	10.02	9.44	8.87
Proteína	9.02	8.75	14.81	17.74
Grasa	3.16	3.35	6.30	7.62
Fibra cruda	1.14	0.25	0.18	0.27
Cenizas a 600 C	5.06	2.05	2.32	2.87
Carbohidratos	72.31	75.58	66.95	62.63

Es alto el contenido de proteína y grasas de estos dos últimos. Los carbohidratos están en más alta proporción en las harinas gruesa y fina. El salvado por su alto contenido de proteína, carbohidratos, grasa y cenizas, pasaría a integrarse a los residuos del tallo de amaranto para la formulación de alimentos balanceados destinados a animales.

Las harinas clasificadas como de "primera" y "segunda" difieren en que la primera contiene más proteína, más cenizas y menos grasa y fibra cruda que la segunda. Ambas pueden usarse para consumo humano:

Fig. No.9. Análisis bromatológico de Harinas de Amaranto

Análisis de:	Porcentaje	
	A	B
	Harina de "primera"	Harina de "segunda"
Humedad	8.89	9.12
Cenizas a 600 C	2.31	1.92
Proteína x 6.25	13.36	12.95
Grasa	6.33	7.03
Fibra Cruda	1.67	2.19
Carbohidratos	66.00	66.79

4.- USOS DEL AMARANTO EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA

Los amarantos para producción de grano en América se utiliza como cereal y como quelite (hortaliza). Se le usa también como colorante de comida, ornamento, forraje animal, para usos medicinales y rituales.

Se menciona que Los Mayas, Tarahumaras y Yanquis, acostumbraban comer la semilla de amaranto en forma de atole y tamales principalmente. Las semillas se preparaban moliéndolas y mezclándolas con miel de maguey. Los Huicholes la utilizaban en la elaboración de galletas.

Se señala que esta planta contiene grandes cantidades de escualeno en el aceite de la semilla lo cual ofrece oportunidades únicas para la explotación comercial.

Por su parte, el almidón que forma la mayor parte de la harina, está formada por gránulos extremadamente pequeños, con una gran capacidad de absorción de agua. Este puede aplicarse en alimentos, en plásticos, y en cosméticos como sustituto de talco.

En trabajos experimentales realizados para ver la capacidad de industrialización del grano de amaranto se han obtenido datos, como lo de molienda que indican que el 26.3% del total de la semilla es removido como embrión y cotiledones. En comparación, con un 24-28% del trigo es removido como embrión y cotiledón durante la molienda convencional. Es decir, un 74% de harina puede ser extraída de la semilla de amaranto, muy semejante al grano del trigo.

El amaranto por sus cualidades nutritivas aumenta la calidad de los alimentos que normalmente están hechos de harina de otros granos como maíz, trigo y arroz.

Por otra parte, químicamente hablando, si hacemos una mezcla de las proteínas de amaranto y maíz da como resultado un alimento de alto valor nutricional porque se produce una extraordinaria complementación de sus proteínas.

Cerca del 76% del aceite es insaturado, muy similar al aceite del girasol o del afrecho del arroz. El escualeno se presenta en grandes cantidades.

Los factores antinutritivos tales como saponinas y taninos se presentan en las semillas, pero en niveles no tan altos como los encontrados en leguminosas y otros granos como el sorgo.

Los niveles de factores tóxicos o anifisiológicos no son importantes en la semilla cruda, ya que se detectaron niveles de 8,017 UIT/g (unidades inhibidor tripsina), que comparados con la soya cruda (70,000 a 100,000 UIT/g) resultan insignificantes.

La actividad hemoglutinante del amaranto presenta cantidades relativamente importantes si se le compara con la soya.

5.- INDUSTRIALIZACIÓN DEL AMARANTO

Los rendimientos del amaranto se comparan satisfactoriamente con los del promedio de otros cultivos agrícolas en México, y que el valor nutricional y la digestibilidad del amaranto son mejores que los de la mayoría de esos cultivos.

Un análisis previo de los costos de producción midiendo rendimientos e insumos necesarios para cultivar la planta y estimando el precio al que la semilla se cotiza en el mercado, ha revelado que aún en las condiciones económicas actuales es posible pensar en la industrialización del amaranto, dada su alta calidad bromatológica y la facilidad de su procesamiento.

La semilla mide casi un milímetro de diámetro, es de color claro, ligeramente amarillento, circular y varía poco en sus dimensiones; como su cubierta es algo dura, se le elimina mediante remojo o por el proceso del reventado o *popping*. El componente fundamental es el almidón pero además contiene una buena proporción de proteína, vitaminas y minerales.

A consecuencia del *popping* la semilla aumenta de dimensiones aunque relativamente poco, razón por la cual sería importante contar con una gran variedad de plantas que produjeran semillas de mayor volumen. Erwin ha calculado que después del *popping* la semilla aumenta su volumen en una proporción de 1,050 por ciento. Una vez reventada la semilla se vuelve mucho más blanca, mejora su aspecto notablemente.

Se ha observado que las semillas reventadas, es decir, tostadas ligeramente como se hace para preparar la golosina llamada "alegría", tienen mayor digestibilidad que las crudas y, por tanto, sería de recomendarse que en la elaboración de toda clase de productos alimenticios derivados del amaranto se empleen semillas sujetas previamente al *popping* (reventado) según la denominación inglesa.

Es preciso adaptar y modificar en alguna forma su utilización a escala industrial, dentro de los límites de calidad y economía impuestos por el tipo de consumidor.

Ante todo se requiere la obtención de las harinas de amaranto mediante métodos más apropiados; después se establecerán procesos en los cuales esas harinas encuentran aplicación y, finalmente, se sugerirán procedimientos que tiendan a mejorar sus usos en confitería, repostería y otras líneas

EL TRIGO

1.- ANTECEDENTES

Los granos de cereales constituyen la fuente de energía alimenticia más económica del mundo, y proporcionan las dos terceras partes o más de la energía humana y de la aportación de proteínas. Los cereales más importantes son el trigo, el centeno, la cebada, el maíz, la avena y el arroz.

El trigo es el cereal básico en las regiones templadas; el centeno y la cebada pueden desarrollarse en zonas más nórdicas; el maíz y el arroz son más adecuados para su cultivo en zonas tropicales y templada. Los cereales, particularmente el trigo, la cebada, el maíz y el arroz, han jugado un papel importante en el desarrollo de la civilización. La cebada y el trigo son dos de los cereales prehistóricos usados como alimentos, piensos y bebidas fermentadas.

1.1.- ESTRUCTURA DEL GRANO

Los granos de trigo son de forma ovoide, redondeados en ambos extremos. El germen se encuentra en uno de ellos, y en el otro un penacho de finos pelos (el pincel o cepillo); a lo largo de la cara ventral del grano se encuentra un repliegue o surco. La presencia de la arruga complica el proceso de molienda, que tiene por objeto separar el endospermo de las capas que lo envuelven. Un proceso de pelado abrasivo que separa el salvado y la aleurona de la parte externa del grano no llega a alcanzar la parte arrollada del salvado que se encuentra en el surco o arruga. El molino harinero ha solucionado el problema del surco usando molinos de rodillos en que estos son estriados, y que en las etapas iniciales del proceso rompen el grano de trigo, y en las finales separan del salvado la mayor parte del endospermo.

1.2.- LOS TRIGOS: HISTORIA Y CLASIFICACIÓN

El trigo, comparado con el resto de los cereales, es una materia prima extremadamente versátil y, por consiguiente, popular. Hay varias bases comerciales para clasificar las diferentes clases de trigo. Por ejemplo, el color de la semilla se usa a veces como un medio de diferenciación.

Hablamos de los trigos rojos y de los trigos blancos. La época de la siembra también se usa para la clasificación.

Los trigos también pueden ser clasificado por su aspereza en duros y blandos, términos que se refieren a la calidad del almidón o endospermo del grano. El término "harina fuerte o dura" se refiere a una harina apta para producir muchos panes de una textura adecuada y al mismo tiempo absorber comparativamente grandes cantidades de agua.

Durante el proceso de molienda se suelen mezclar los trigos muy duros con trigos flojos o blandos para producir una harina con características particulares o deseables para la fabricación.

1.3.- TIPOS DE TRIGOS

En general, los trigos se clasifican: (1).- la textura del endospermo, porque esta característica del grano está relacionada con la forma de romperse durante la molienda, y (2).- según el contenido en proteína, porque las propiedades de la harina y los usos que de ella se hace están relacionados con esta característica.

Trigos vítreos y harinosos. La textura del endospermo puede ser vítrea (acerada, apedernalada, cristalina, córnea) o harinosa (almidonosa, yesosa).

Trigos duros y blandos. Los trigos duros proporcionan una harina de tamaño grande, arenosa y fácil de cerner, formada por partículas de forma regular que son en su mayoría células enteras del endospermo; los trigos blandos dan una harina muy fina formada por fragmentos irregulares de las células del endospermo y partículas planas que se adhieren unas a otras, ciernen con dificultad y tienden a obturar las aberturas de los cedazos. La granulosis de la harina da una idea de la dureza de los trigos, y la proporción de harina que pasa por un cedazo de seda fino disminuye conforme aumenta la dureza.

Trigos fuertes y flojos. La fuerza del trigo es una característica relacionada con sus propiedades panaderas, o sea la aptitud o capacidad de una harina para producir pan en piezas de gran volumen con miga de buena textura. Los trigos que poseen estas características generalmente tienen un elevado contenido en proteína y se les llama trigos fuertes o trigos de "fuerza", mientras que aquellos de los que sólo se pueden obtener pequeñas piezas panarias con miga de estructura basta y abierta, y que generalmente se caracteriza con un bajo contenido en proteínas, reciben el nombre de trigos "flojos".

La harina de estos últimos trigos es ideal para la fabricación de galletas, pastas de té, pasteles, bollos, etc., pero inadecuados para la elaboración de pan.

1.4.- TAMAÑO Y FORMA DEL GRANO

El máximo rendimientos que de harina se obtiene en el molino depende de la cantidad de endospermo que tenga el trigo, y esto viene determinado por el tamaño y forma de los granos y por el espesor del salvado.

1.5.- PROCESO

Almacenamiento. El trigo, incluso si su contenido en humedad pasa del 19%, se puede recolectar, y dejarse secar con el mínimo de alteración.

Respiración. El trigo se almacena en sacos o en silos a granel, pero como organismo viviente que es, necesita una continua respiración. Esta respiración es lenta a 14% de humedad y 20 grados centígrados, pero aumenta conforme se eleva la humedad y la temperatura.

Humedad durante el almacenamiento. La humedad máxima durante el almacenamiento del grano sano a 18 grados centígrados es de 17% para un almacenaje de cuatro semanas y 15% si se coloca a granel o en sacos apilados sin aireación.

Secado del grano. Para un determinado tiempo, cuanto mayor es el contenido de humedad, más baja debe ser la temperatura. El trigo para moler, no se debe secar por encima de 65 grados centígrados.

Calidad del Trigo -para el fabricante. Para el fabricante, el trigo de buena calidad es:

- 1.- El bien conformado.
- 2.- No dañados.
- 3.- Limpio.
- 4.- Apto para el almacenaje.

Calidad molinera. La calidad del trigo en el molino se mide por el rendimiento y pureza de la harina que de él se obtiene. Los buenos trigos harineros bien acondicionados y molidos en condiciones determinadas, rinden relativamente más harina de menor contenido en cenizas y menor color que los malos.

La pureza de la harina significa que está libre de partículas de salvado. El salvado es de color oscuro mientras que el endospermo es blanco: por lo tanto el color de la harina indica su grado de contaminación con salvado. También los indica el contenido de cenizas, que es mucho más elevado en el salvado que en el endospermo.

2.- EFECTO DE LA INDUSTRIALIZACIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS DERIVADOS DE LOS CEREALES

El grano maduro de los cereales está formado por hidratos de carbono, compuestos nitrogenados (principalmente proteínas), grasas, sales minerales y agua, junto con pequeñas cantidades de vitaminas, enzimas y otras sustancias, algunas de las cuales son importantes nutrientes en la dieta humana.

Los hidratos de carbono son cuantitativamente los componentes más importantes, formando aproximadamente el 83% de la materia seca total del trigo, cebada, centeno, maíz, sorgo y arroz. Los más importantes son el almidón, que es el que predomina, celulosa, hemicelulosa, pentosanas, dextrinas y azúcares.

El procesado de los cereales para su conversión en alimentos puede producir cierta alteración de su composición química de distintas formas:

1.- Ciertas partes del grano se pueden separar durante el proceso y eliminar del producto, o este producto puede estar constituido solamente por una fracción del grano.

2.- Los distintos nutrientes pueden no estar distribuidos uniformemente en las distintas partes del grano, por lo que se efectúa la separación (como en 1) algunos de estos nutrientes se pierden o se concentran en el producto resultante.

3.- Los tratamientos durante el proceso pueden producir ciertas transformaciones en los mismos nutrientes; estos pueden ser cambios químicos como, por ejemplo, cuando las enzimas se inactivan por tratamiento con vapor o a cambios en la distribución.

Es notable el elevado contenido en ácido glutámico (probablemente presente en forma de glutamina en las proteínas intactas) y prolina y el bajo contenido en lisina, particularmente en los trigos de alto contenido proteico. En las proteínas de los cereales se encuentran unos 18 aminoácidos. Las proporciones en que se encuentran y su colocación en la cadena determinan las características particulares de las proteínas. En las harinas al referirse a albúminas y globulinas se hace como a proteínas solubles. Las albúminas son las responsables de parte de las diferencias que se observan en la fabricación del pan entre distintas harinas. La gliadina y glutenina forman con el agua y las sales la sustancia llamada gluten cuando se amasa la harina con agua.

Las propiedades elásticas, que se desarrollan durante el amasado, parecen debidas a los grupos sulfidrilos, posiblemente por la oxidación a uniones disulfuro y quizá con formación de nuevos enlaces.

3.- LA MOLIENDA

Los antiguos egipcios usaban un cedazo con el fin de producir harina relativamente fina, pero no fue hasta el año de 1881 en que con la introducción de los rodillos de acero pudo empezar a comercializarse la harina blanca tal y como hoy la conocemos.

En la actualidad la pulverización de la harina es un trabajo totalmente mecanizado que desmenuza el grano separando las partículas según tamaño y composición.

3.1.- OPERACIONES PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA

Las operaciones por las cuales se obtiene la harina son las siguientes:

Limpieza - Acondicionamiento - Rodillos Trituradores - Rodillos Moledores.

En los rodillos moledores es donde se origina alrededor del 40 ó 50 % de la producción de harina blanca.

Grado de extracción. El promedio del grado de extracción en un molino moderno de harina es alrededor del 73%.

Grados de harina. Las numerosas separaciones de harina en un molino moderno, permiten seleccionar las partes de mejor calidad de la producción total. Si se recoge la harina de la segunda etapa del prensado, se clasifica como de máxima calidad (Top Patent) (del 40 al 50% de la harina total). Si se mezcla el producto de la segunda molienda con el de la tercera, su producción será del 60 ó 70 % de la harina total. Esto se conoce como harina de segunda calidad (second or Long Patent). El resto de la harina después de extraer estas calidades se conoce como harina clarificada. Esta harina es de baja calidad y de color bastante oscuro o gris.

Cuando se mezclan harinas de baja y de alta calidad la mezcla resultante se conoce como harina básica o "straight-run".

4.- EL TRIGO EN EL MOLINO: OBTENCIÓN DE HARINA

Los objetivos que se persiguen para la obtención de harina blanca son:

1.- Separar lo más completamente posible, el endospermo del salvado y el germen, de forma que la harina quede libre de escamas de salvado y de buen color, con lo que mejoran la palatabilidad y digestibilidad del producto, así como su tiempo de almacenamiento.

2.- Reducir a harina fina la máxima cantidad posible de endospermo, obteniendo con ello la mayor proporción de harina blanca de trigo y al mismo tiempo, asegurar que el deterioro causado a los gránulos de almidón no exceda del óptimo.

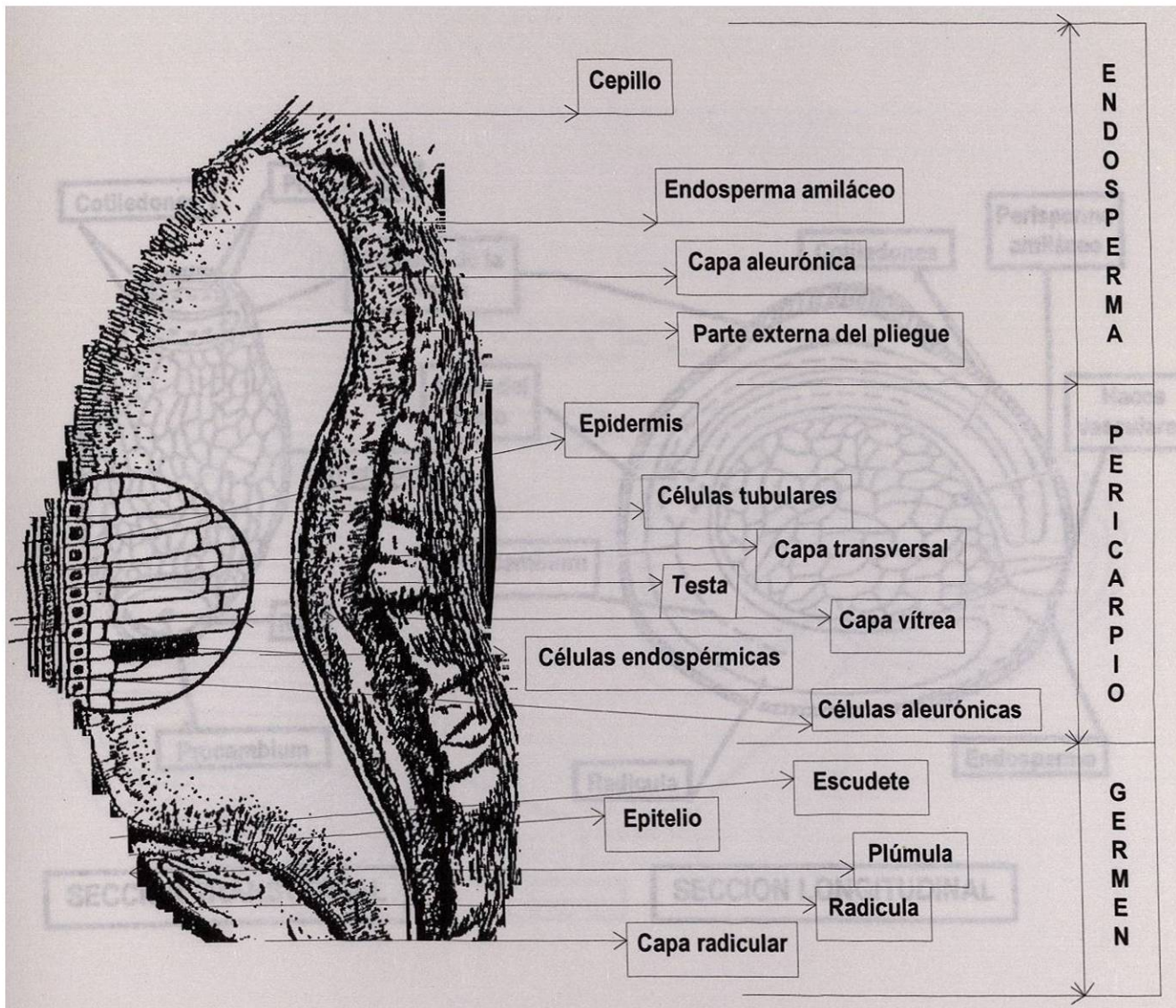
4.1.- PROCESOS EN LA OBTENCIÓN DE HARINA

Tres son los procesos básicos en la obtención de harina; Trituración: Fragmentación del grano de forma que se consiga una disociación de cada una de sus partes anatómicas. Tamización: Separación de las partículas en diferentes fracciones según sus tamaños. Purificación. Separación de las partículas procedentes de las cubiertas corticales de las del endospermo, según su velocidad límite de caída, por medio de corrientes de aire.

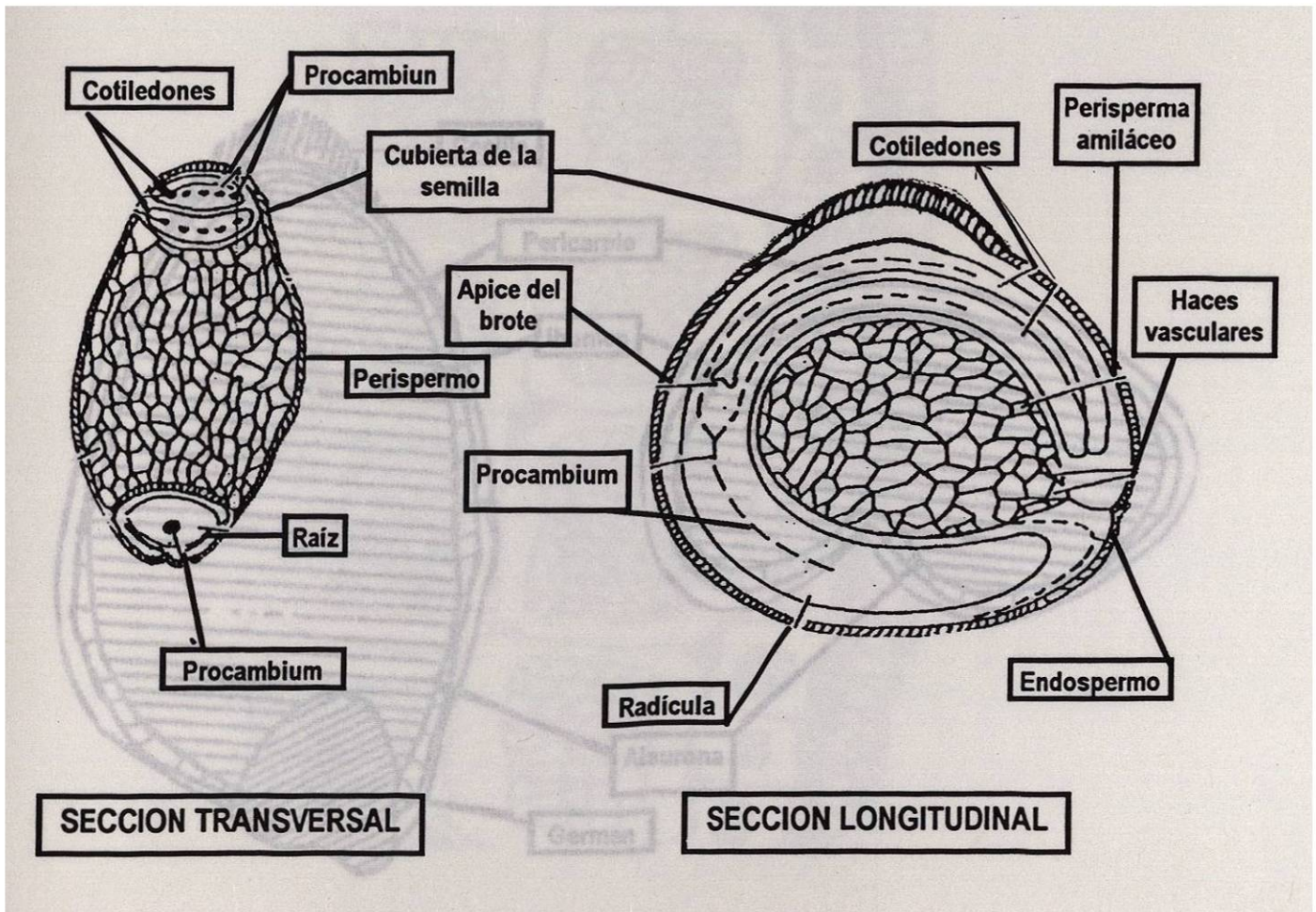
5.- COMPARACION ESTRUCTURAL DEL GRANO DE AMARANTO Y TRIGO.

Fig. No.10.- Estructura del grano de Amaranto y Trigo.

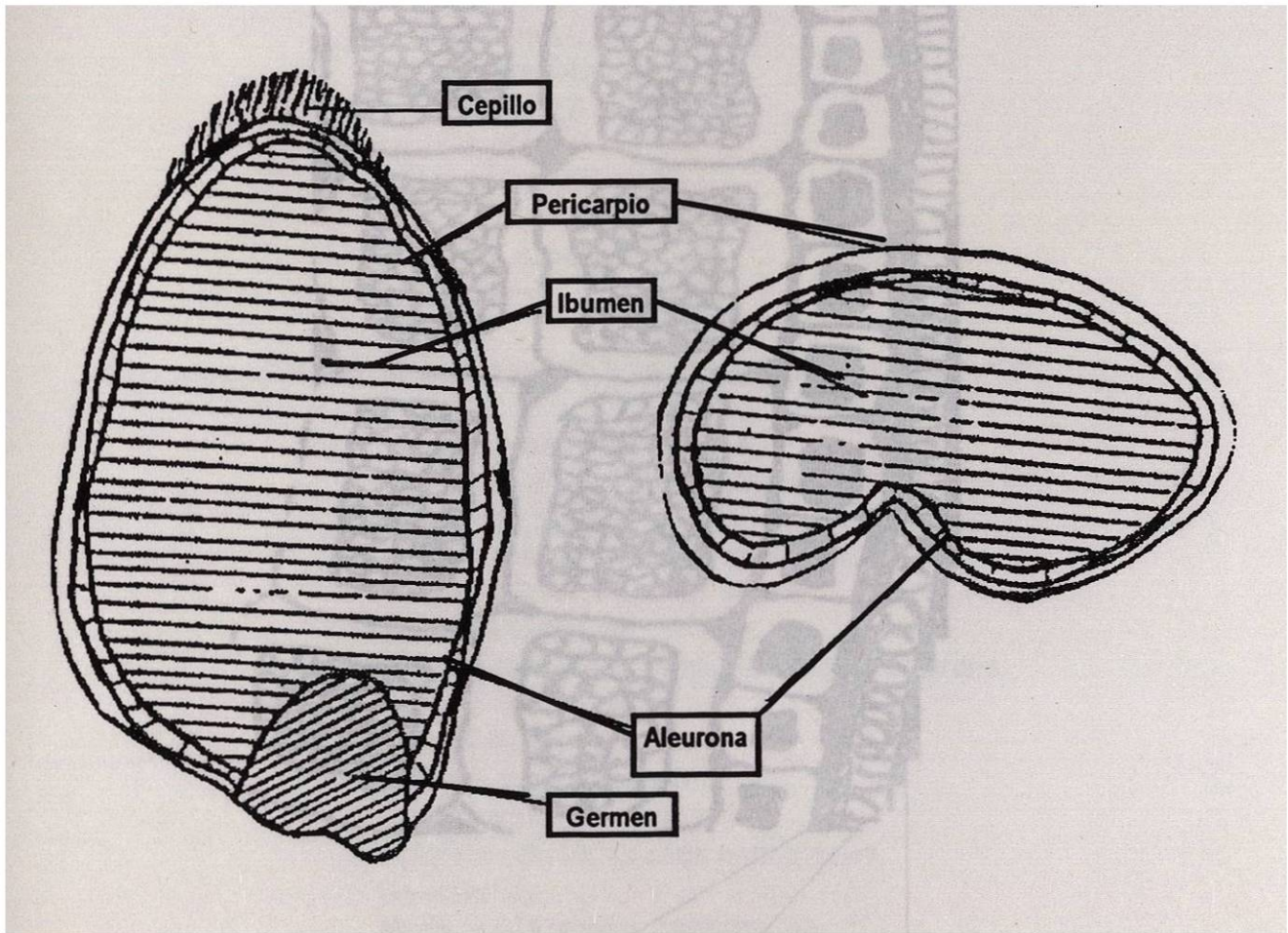
A: Corte longitudinal de un grano de trigo.



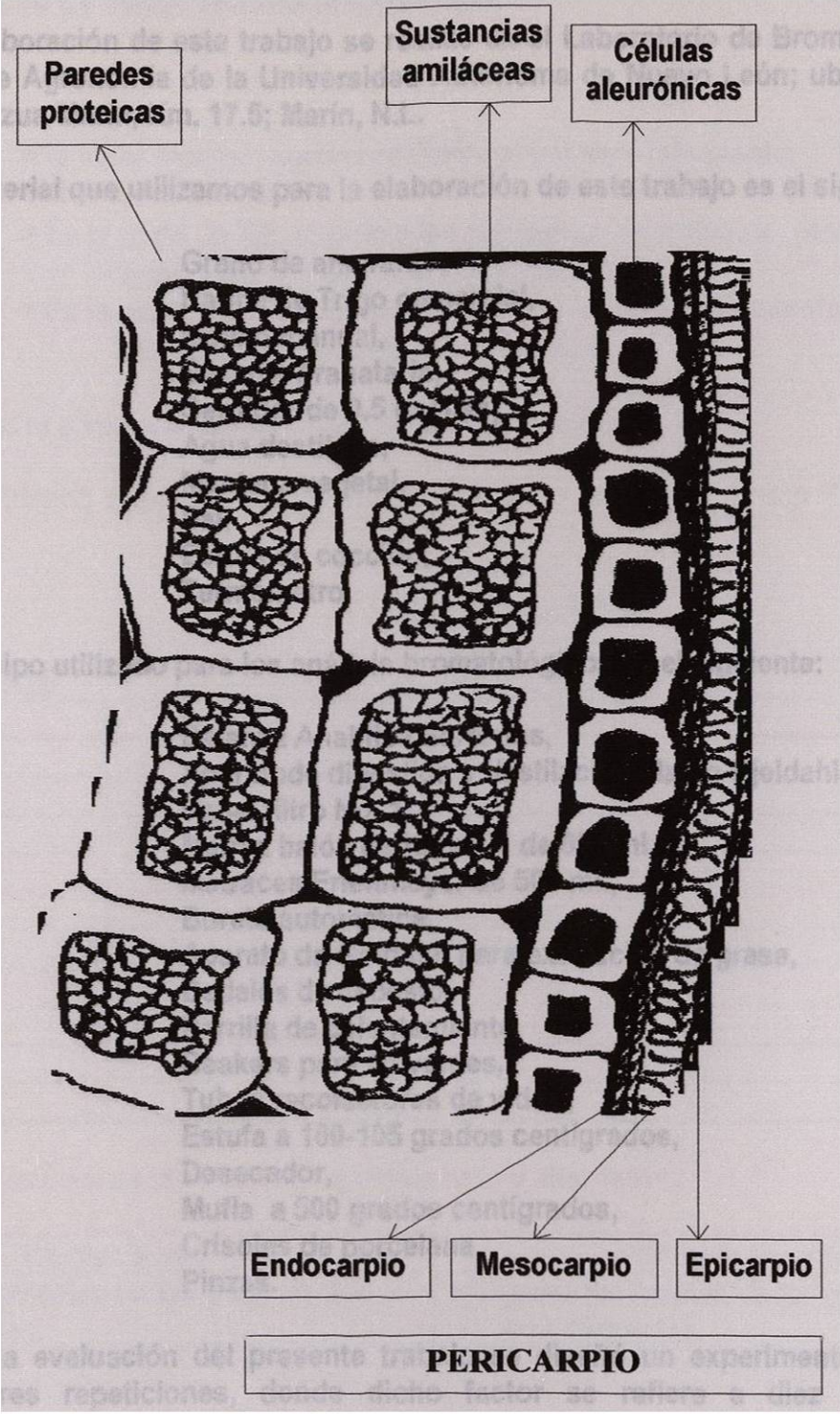
B: Semilla de Amaranthus spp. en sección transversal y longitudinal vistos en un microscopio de luz.



C: Vista en corte de un grano de trigo



D: Constitución del grano de Trigo.



III.- MATERIALES Y MÉTODOS.

La elaboración de este trabajo se realizó en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León; ubicado en la Carretera Zuazua-Marín, Km. 17.5; Marín, N.L.

El material que utilizamos para la elaboración de este trabajo es el siguiente:

Grano de amaranto,
Harina de Trigo comercial,
Molino manual,
Báscula granataria,
Cernidor de 0.5 (mallas),
Agua destilada,
Manteca vegetal,
Sal,
Estufa de cocción,
Termómetro.

El equipo utilizado para los análisis bromatológicos es el siguiente:

Balanza Analítica Sartorius,
Aparatode digestión y destilación Macro-Kjeldahl Labconco,
Papel filtro No. 1,
Matraz balón de Kjeldahl de 800 ml.,
Matraces Erlenmeyer de 500 ml.,
Bureta automática,
Aparato de Goldfish para extracción de grasa,
Dedales de asbesto,
Parrilla de calentamiento,
Beakers para solventes,
Tubos recolectores de vidrio,
Estufa a 100-105 grados centígrados,
Desecador,
Mufla a 500 grados centígrados,
Crisoles de porcelana,
Pinzas.

Para la evaluación del presente trabajo se diseñó un experimento de factor único con tres repeticiones, donde dicho factor se refiere a diez niveles de Concentración de Harina de Amaranto; que fueron mezclados con cantidades de Harina de Trigo Comercial en cada uno de los tratamientos generados; para posteriormente efectuar un Análisis de Varianza para cada variable analizada: % de Humedad, % de Proteína (Kjeldahl), % de Cenizas, % de Extracto Etéreo, Sabor y Textura.

Dicho experimento quedó representado por el siguiente modelo matemático para cada una de las variables antes mencionadas:

$$X_{jk} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{jk}$$

donde:

- X_{jk} = El valor medido, correspondiente al j-ésimo tratamiento.
- μ = Media Poblacional.
- α_j = Es la parte de X_{jk} , debido a los diferentes tratamientos, (niveles de concentración de Harina de Amaranto).
- ε_{jk} = Es la parte de X_{jk} , debido a la variación entre el tratamiento en cuestión, (término de azar o error).

Lo cual lo podemos observar de la siguiente manera:

Fig. No. 11.- Diseño Experimental de Factor Único, en cada uno de los Tratamientos generados.

Variables a Medir

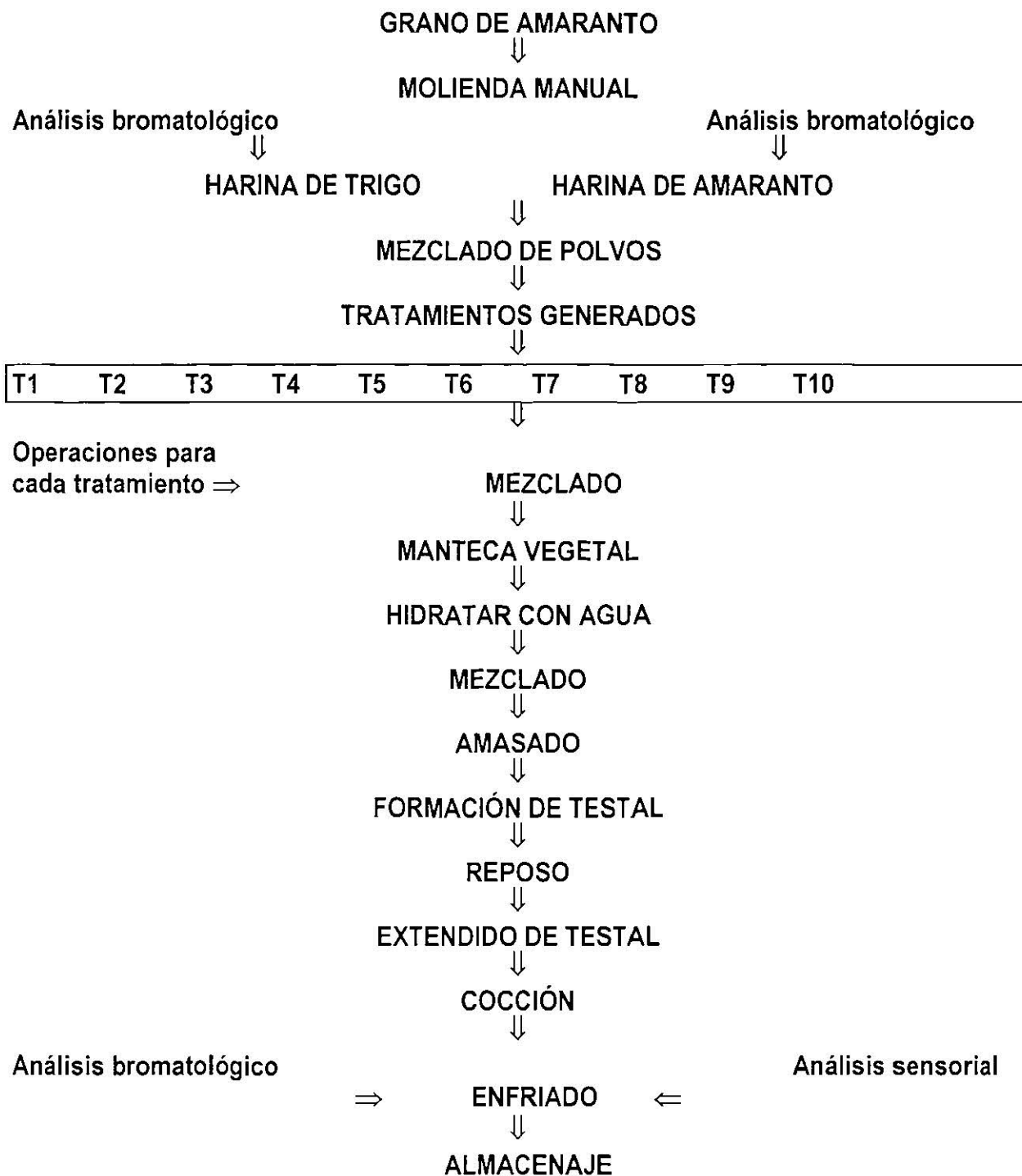
TRATAMIENTO	REPETICIONES		
	I	II	III
HT-HA			
100-0			
90-10			
80-20			
70-30			
60-40			
50-50			
40-60			
30-70			
20-80			
10-90			

Estableciéndose la siguiente hipótesis nula y alternativa:

Hipótesis nula	Hipótesis alternativa
Ho: Todas las medias de los tratamientos son iguales.	Hi: Todas las medias de los tratamientos son diferentes.

La metodología utilizada para la elaboración de tortillas a partir de los diez tratamientos generados en el diseño experimental fue la siguiente:

Fig. No.12.- Diagrama de Proceso para la elaboración de tortillas.



Operaciones para cada tratamiento ⇒

⇒ Análisis bromatológico

Análisis sensorial ←

Se realizó un análisis bromatológico a la Harina de Trigo Comercial y a la Harina de Amaranto obtenida de la molienda del mismo.

Una vez que fueron elaboradas las tortillas, para cada uno de los tratamientos en cuestión, se sometieron a un análisis bromatológico que consistió en forma general de lo siguiente:

Análisis de Humedad: Se realiza con un peso de muestra de 2 gramos, en una estufa a una temperatura promedio de 100-105°C, durante un tiempo de 24 horas, hasta obtener un peso constante.

Análisis de Proteína (Kjeldahl): La muestra es digerida con Ácido Sulfúrico, posteriormente su contenido se destila. El amoníaco es titulado, obteniéndose % Nitrógeno, que se multiplica por el factor 6.25 para obtener el % de Proteína.

Análisis de Cenizas: La muestra se incinera a 550-600°C durante un tiempo de 3 horas, para quemar todo el material orgánico. El material que no se destruye es llamado Ceniza.

Análisis de Extracto Etéreo: La muestra es colocada en Beakers previamente pesados. El material esta en contacto con el Éter de Petróleo, durante un tiempo aproximado de 4 horas. Las diferencias de peso entre los Beakers constituyen la cantidad de Extracto Etéreo presente en la muestra.

Posteriormente se llevaron a cabo Pruebas de Aceptabilidad en cuanto a Textura y Sabor para cada uno de los tratamientos antes mencionados, para lo cual se efectuaron Pruebas de Panel con elementos no entrenados pertenecientes a la población estudiantil de la Facultad de Agronomía, recolectándose los resultados de la información con ayuda del siguiente formato (Escala Hedónica).

NOTA: Se anexa al final de Materiales y Métodos el formato utilizado para llevar a cabo las Pruebas de Aceptabilidad de Sabor y Textura a cada uno de los tratamientos generados.

Fig. No.13.- Referencias en el formato para la identificación de muestras

REFERENCIA	SIGNIFICADO
T517	100 HT- 0 HA
T240	90 HT- 10 HA
T459	80 HT- 20 HA
T305	70 HT-30 HA
T746	60 HT-40 HA
T234	50 HT- 50HA
T610	40HT- 60 HA
T757	30 HT-70 HA
T819	20 HT-80 HA
T021	10 HT-90 HA

La evaluación de los resultados obtenidos fueron analizados mediante métodos gráficos y Análisis de Varianza.

Con la finalidad de poder complementar los posibles resultados obtenidos, se efectuó mediante un Balance de Materiales, un Aminograma Teórico para cada uno de los tratamientos analizados; a partir de Aminogramas de la Harina de Trigo y de la Harina de Amaranto que la Literatura nos ofrece.

Fig. No.14.- Formato utilizado para las Pruebas de Aceptabilidad de Textura y Sabor.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DEL AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*) EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TORTILLAS DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO 10 NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE AMARANTO.

NOMBRE: _____

FECHA: _____

Favor de examinar las 10 muestras, una por una. Hacer la clasificación correspondiente de las muestras, independientemente de cual haya sido para la anterior, usando la escala que encuentra al final

PRUEBA DE TEXTURA (UTILIZAR LA ESCALA)

MUESTRA (REFERENCIA)	CLASIFICACIÓN
T517	
T204	
T459	
T305	
T746	
T234	
T610	
T757	
T819	
T021	

ESCALA

- 9.- LE GUSTA DEMASIADO
- 8.- LE GUSTA MUCHO
- 7.- LE GUSTA REGULAR
- 6.- LE GUSTA LIGERAMENTE
- 5.- NI LE GUSTA, NI LE DISGUSTA
- 4.- LE DISGUSTA LIGERAMENTE
- 3.- LE DISGUSTA REGULAR
- 2.- LE DISGUSTA MUCHO
- 1.- LE DISGUSTA DEMASIADO

OBSERVACIONES _____

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DEL AMARANTO (*Amaranthus hypochondriacus*) EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TORTILLAS DE HARINA DE TRIGO UTILIZANDO 10 NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE AMARANTO.

NOMBRE: _____

FECHA: _____

Favor de examinar las 10 muestras, una por una. Hacer la clasificación correspondiente de las muestras, independientemente de cual haya sido para la anterior, usando la escala que encuentra al final

PRUEBA DE SABOR (UTILIZAR LA ESCALA)

MUESTRA (REFERENCIA)	CLASIFICACIÓN
T517	
T204	
T459	
T305	
T746	
T234	
T610	
T757	
T819	
T021	

ESCALA

- 9.- LE GUSTA DEMASIADO
- 8.- LE GUSTA MUCHO
- 7.- LE GUSTA REGULAR
- 6.- LE GUSTA LIGERAMENTE
- 5.- NI LE GUSTA, NI LE DISGUSTA
- 4.- LE DISGUSTA LIGERAMENTE
- 3.- LE DISGUSTA REGULAR
- 2.- LE DISGUSTA MUCHO
- 1.- LE DISGUSTA DEMASIADO

OBSERVACIONES _____

IV.- RESULTADOS.

El grano de amaranto fue sometido a una molienda manual hasta obtener una harina con un grado de finura cercano al de la Harina de Trigo; a través de varias etapas de molido.

Se obtuvo una harina con un color ligeramente amarillo, que al ser sometida a un Análisis Bromatológico, se obtuvieron las siguientes proporciones en cuanto a sus componentes nutritivos:

Fig. No.15.- Análisis Bromatológico de la Harina de Amaranto

Harina de Amaranto	% Humedad	% Proteína	% Cenizas	% E. Etéreo
	5.74	16.96	2.52	4.74

También se efectuó el mismo tipo de análisis a la Harina de Trigo Comercial que se utilizó para generar los tratamientos en cuestión; obteniéndose los siguientes resultados:

Fig. No.16.- Análisis Bromatológico de la Harina de Trigo

Harina de Trigo	% Humedad	% Proteína	% Cenizas	% E. Etéreo
	11.14	10.63	0.77	5.16

Una vez que fueron elaboradas las tortillas para cada uno de los tratamientos generados, a cada uno de éstos se le efectuó un Análisis Bromatológico, obtuviéndose los siguientes resultados:

Fig. No.17.- Valores promedio de cada una de las variables analizadas.

Mezclas de Harina de Trigo/Harina de Amaranto	% Humedad	% Proteína	% Cenizas	% E. Etéreo
100-0	7.4091	7.79	0.5383	29.9018
90-10	13.3034	7.96	0.6265	22.37
80-20	5.7612	7.64	0.7364	29.7297
70-30	10.0165	8.11	0.9297	24.8433
60-40	14.8364	8.98	0.6932	25.1456
50-50	6.5518	8.08	0.9971	28.4934
40-60	16.2785	8.54	1.7015	32.7257
30-70	10.0949	7.2	1.0125	28.1252
20-80	6.9276	9.33	1.543	24.9859
10-90	11.5503	10.59	1.6719	25.5589

En las siguientes gráficas podemos observar el comportamiento de cada una de las variables analizadas en función de la concentración de Harina de Amaranto utilizada para la elaboración de tortillas.

Fig. No.18.- Promedio del % de Humedad de los tratamientos generados.

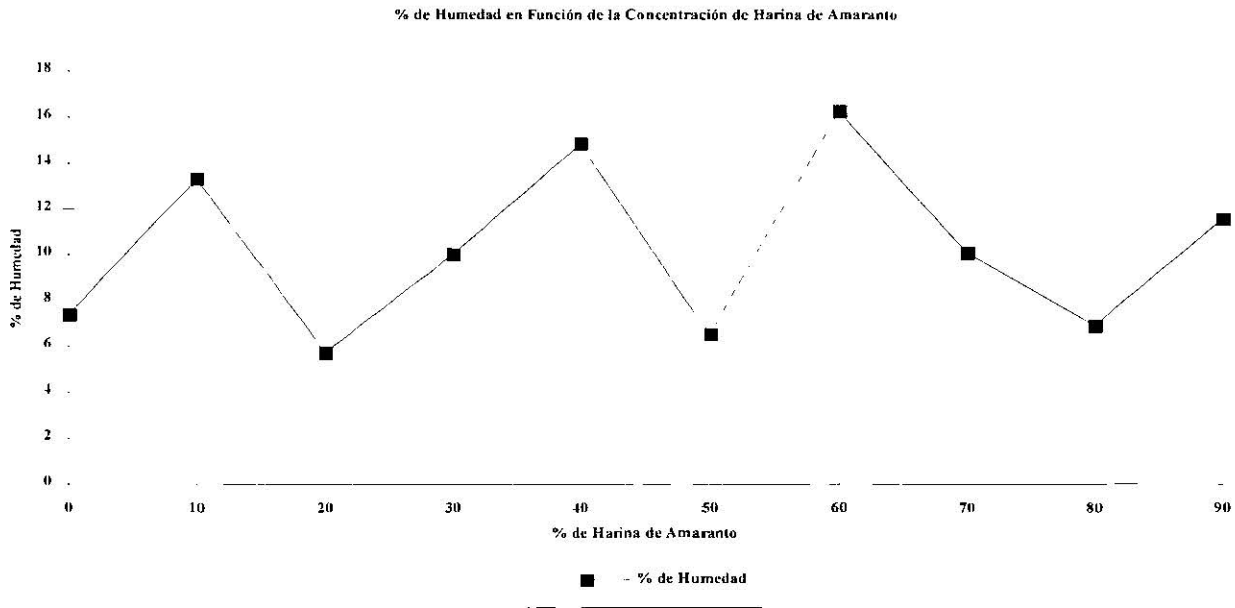


Fig. No.19.- Promedio del % de Proteína de los tratamientos generados.

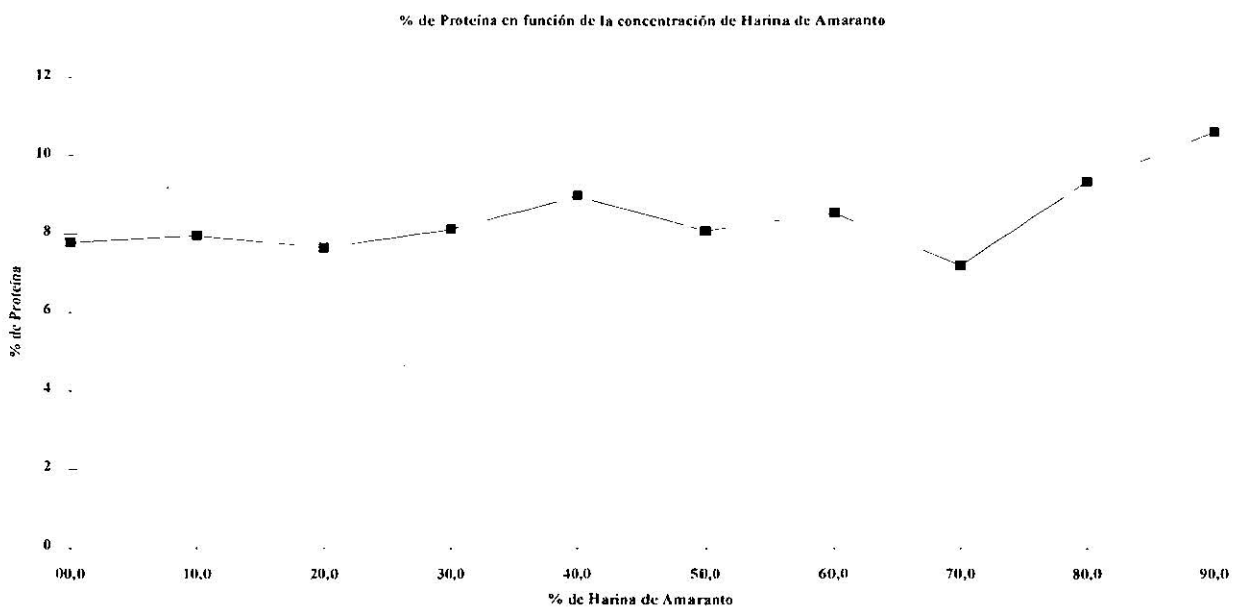


Fig. No.20.- Promedio del % de Cenizas de los tratamientos generados.

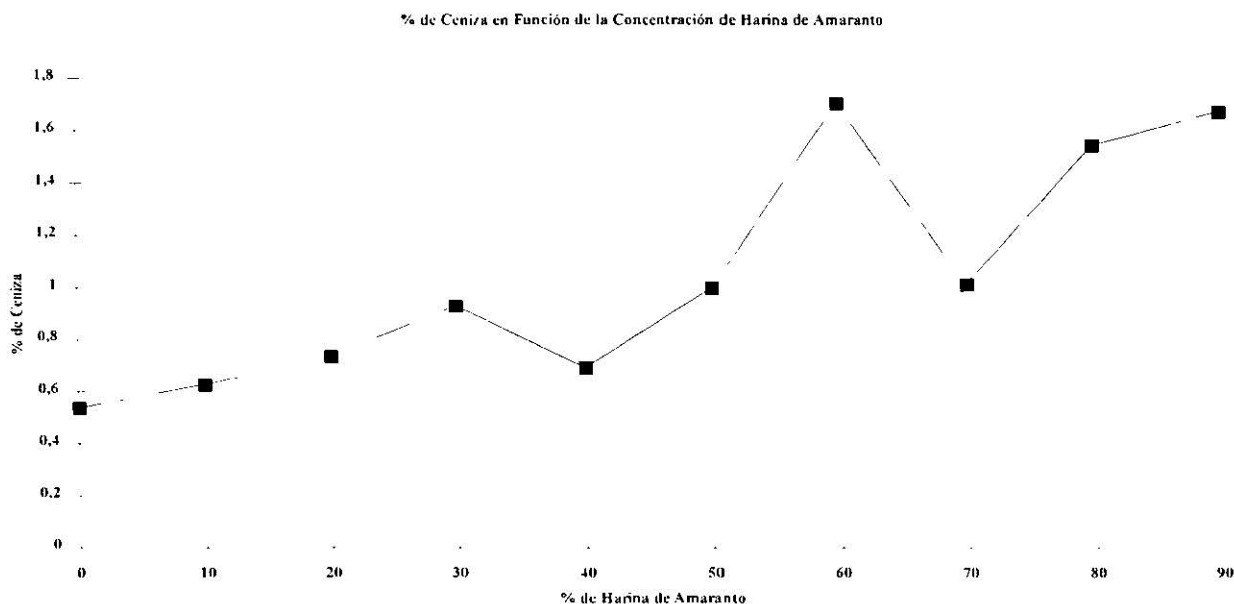
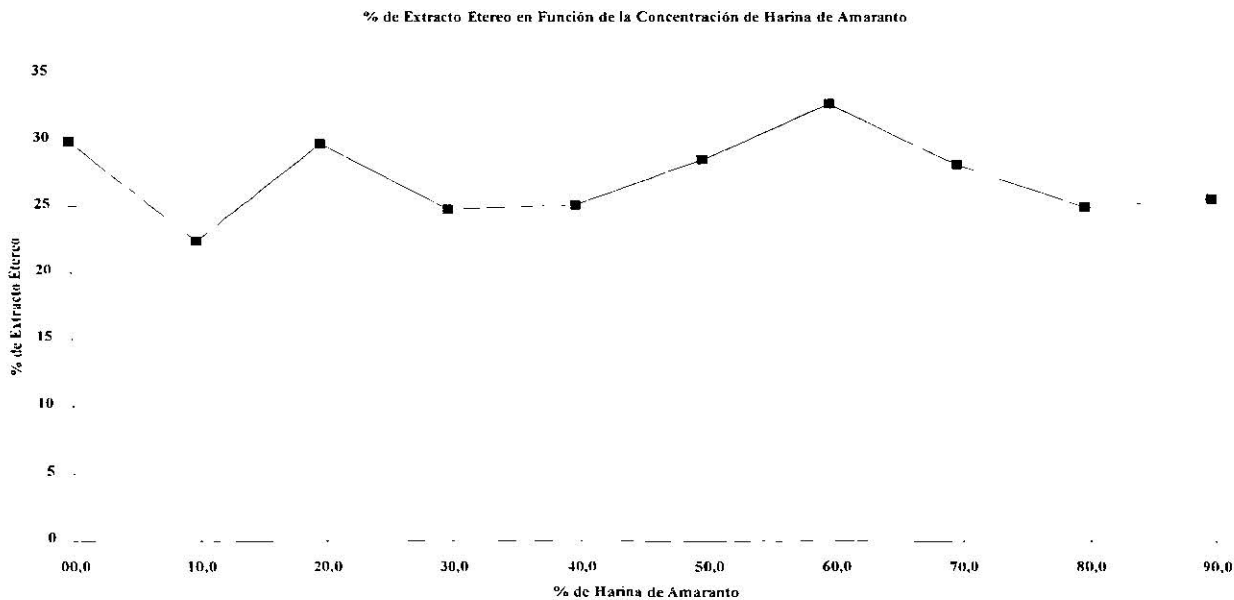


Fig. No.21.- Promedio del % de Extracto Etéreo de los tratamientos generados.



Una vez que fueron analizados cada uno de los tratamientos con respecto a los porcentajes de Humedad, Proteína, Cenizas y Extracto Etéreo; fueron sometidos a una Prueba de Aceptabilidad en cuanto a Textura y Sabor se refiere, obteniéndose los resultados siguientes:

Fig. No.22.- Valores obtenidos en la Prueba de Aceptabilidad de Textura para cada uno de los tratamientos generados.

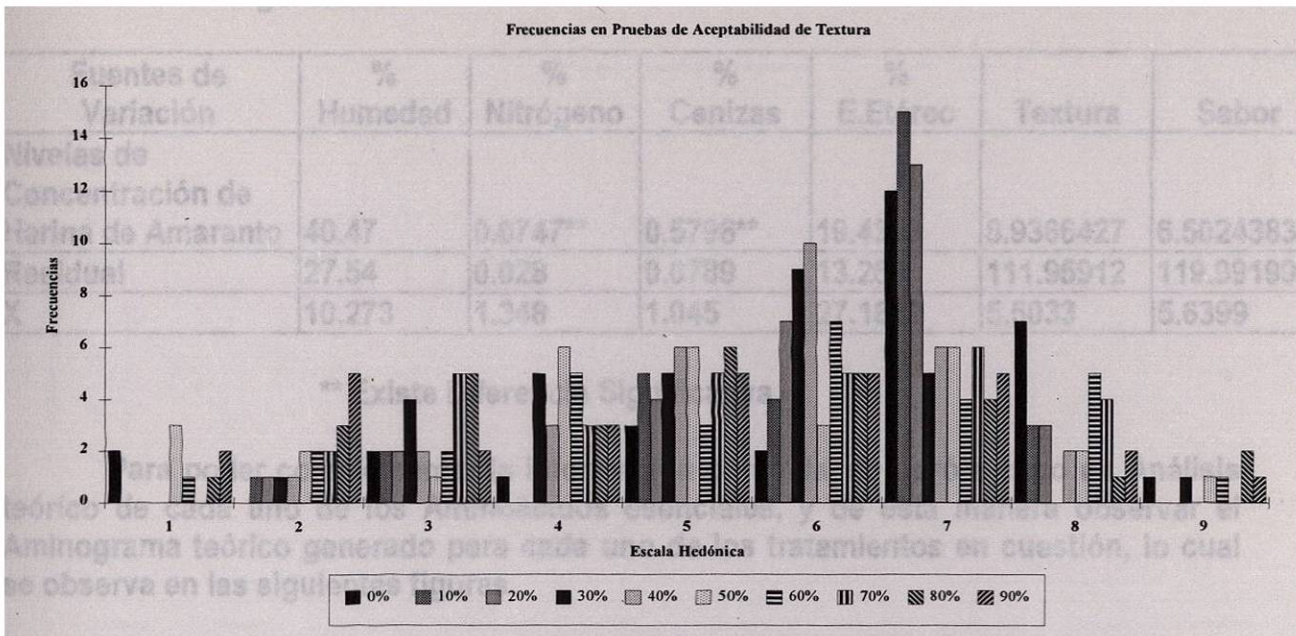
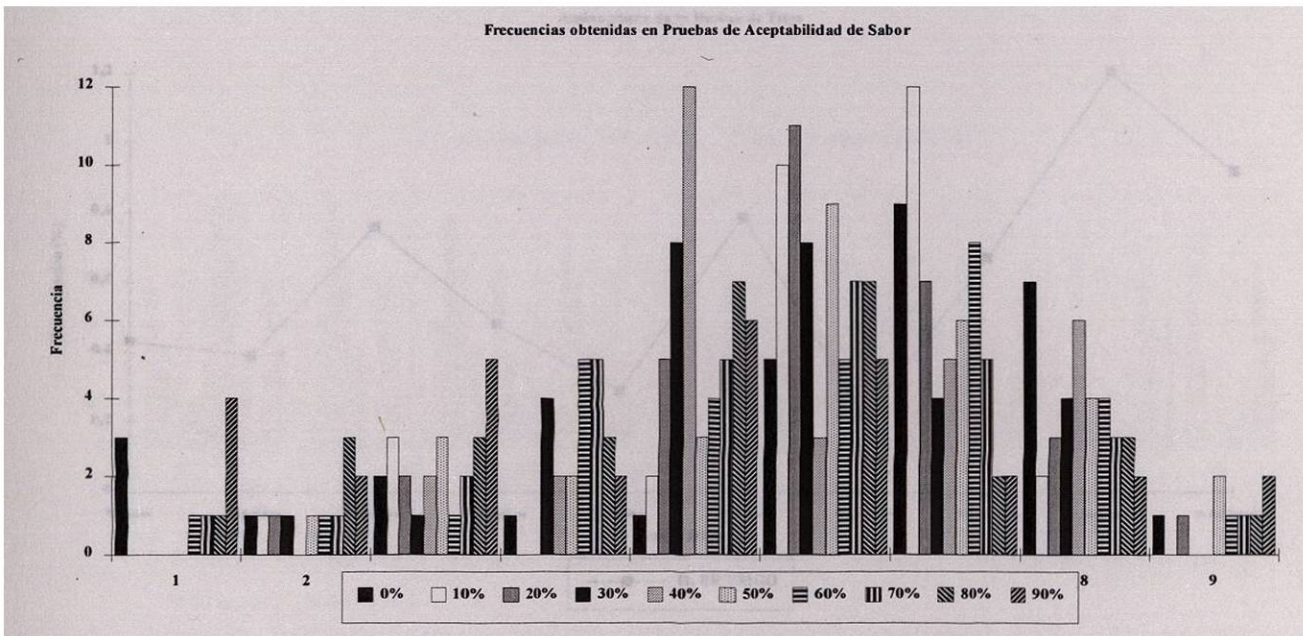


Fig. No.23.- Valores obtenidos en la Prueba de Aceptabilidad de Sabor para cada uno de los tratamientos generados.



Al efectuar un Análisis de Varianza para cada una de las variables antes mencionadas, observamos que se encuentra una diferencia significativa al 0.05% en: % Nitrógeno (Proteína Kjeldhal), % Cenizas, % Extracto Etéreo., lo cual se puede observar en la siguiente figura.

Fig. No.24.- Cuadrados Medios para las variables de %Humedad, % Proteína, % Cenizas, % Extracto Etéreo, Sabor y Textura para cada uno de los tratamientos generados.

Fuentes de Variación	% Humedad	% Nitrógeno	% Cenizas	% E.Etéreo	Textura	Sabor
Niveles de Concentración de Harina de Amaranto	40.47	0.0747**	0.5798**	19.4353	8.9366427	6.5024383
Residual	27.54	0.028	0.0789	13.268	111.95912	119.99199
X	10.273	1.348	1.045	27.1889	5.5033	5.6399

** Existe Diferencia Significativa.

Para poder complementar la información obtenida, se llevó a cabo un Análisis teórico de cada uno de los Aminoácidos esenciales, y de esta manera observar el Aminograma teórico generado para cada uno de los tratamientos en cuestión, lo cual se observa en las siguientes figuras.

Fig. No.25.- Aminograma de la Harina de Trigo.

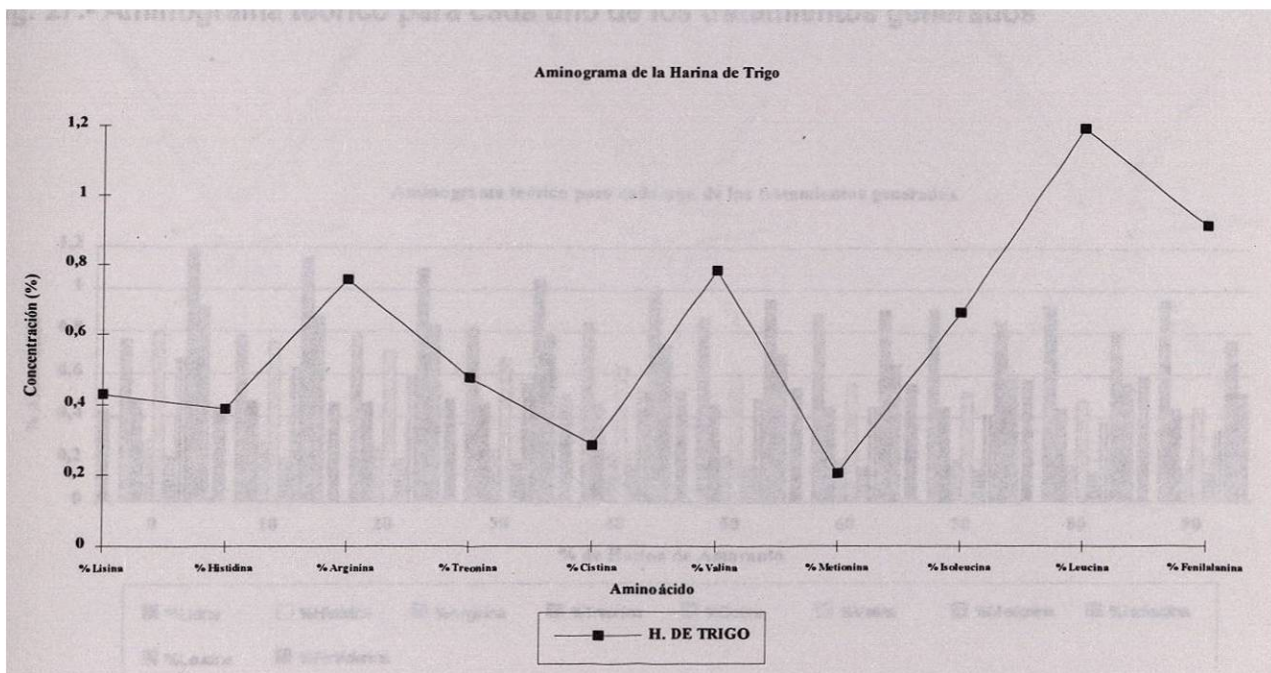


Fig. No.26.- Aminograma de la Harina de Amaranto.

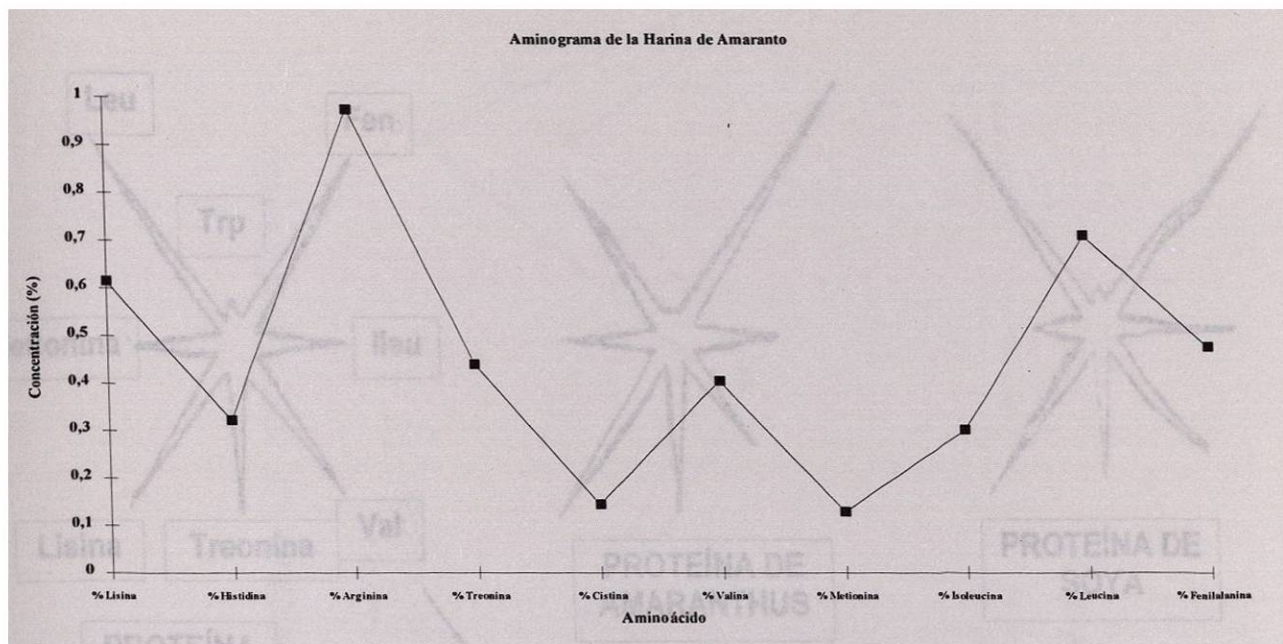


Fig. 27.- Aminograma teórico para cada uno de los tratamientos generados

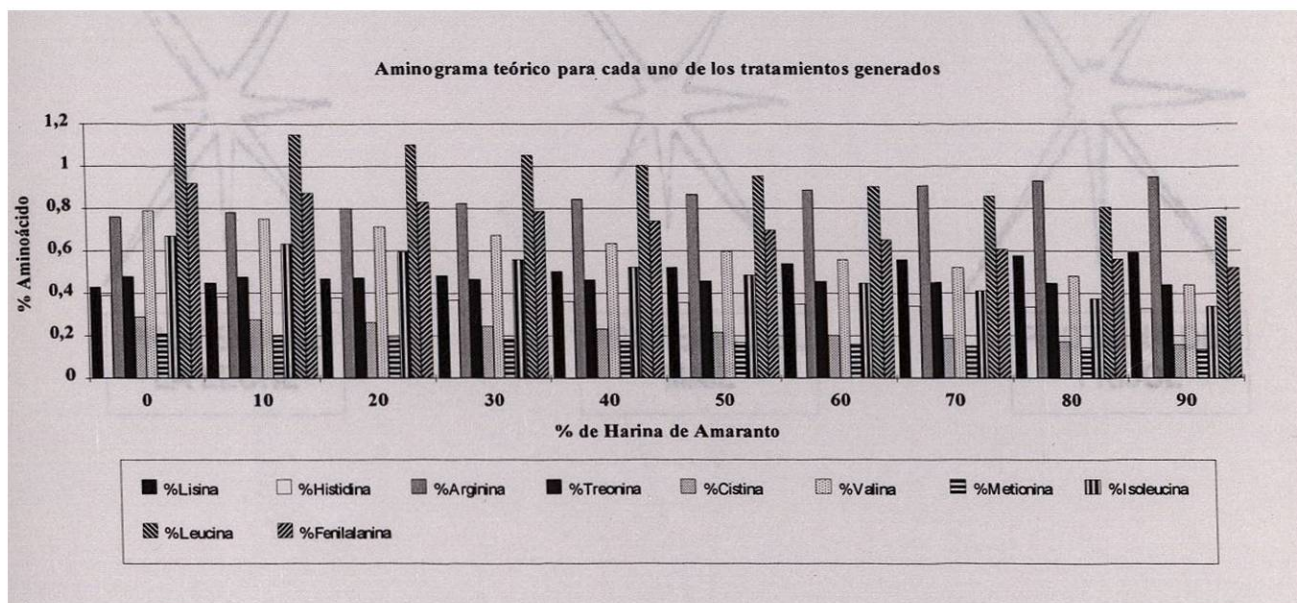


Fig. No.28.- Balance relativo de los aminoácidos esenciales.

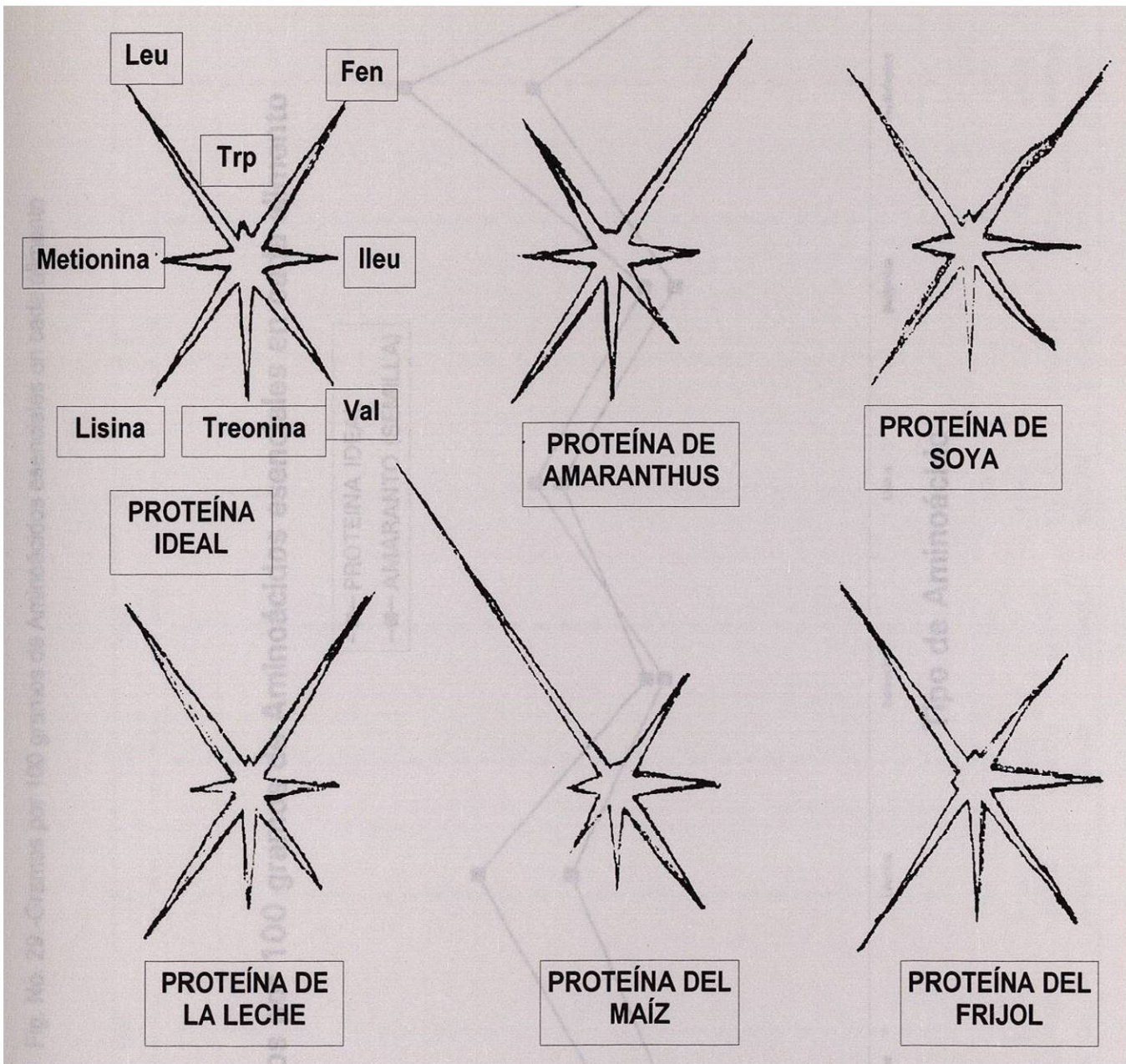


Fig. No. 29.-Gramos por 100 gramos de Aminoácidos esenciales en cada alimento

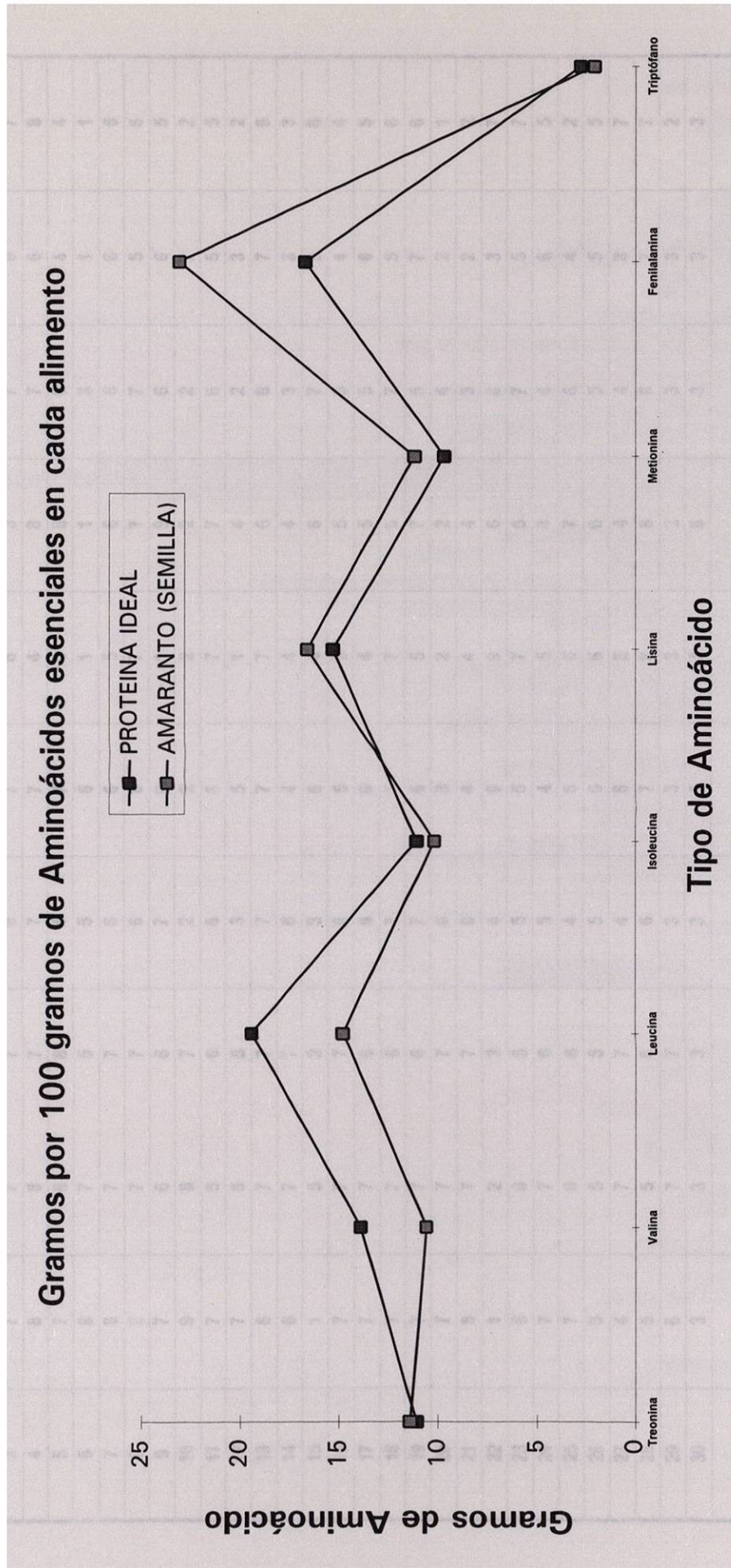


Fig. No. 30.- Valores obtenidos en las Pruebas de Aceptabilidad de Textura

NO. DE PERSONAS	T517	T240	T459	T305	T746	T234	T610	T757	T819	T021
CONCENTRACION	100% HT - 0% HA	90% HT - 10% HA	80% HT - 20% HA	70% HT - 30% HA	60% HT - 40% HA	50% HT - 50% HA	40% HT - 60% HA	30% HT - 70% HA	20% HT - 80% HA	10% HT - 90% HA
1	5	6	7	4	7	7	8	8	7	9
2	3	3	8	5	5	5	5	5	5	4
3	7	7	7	9	7	6	3	7	9	7
4	8	8	7	7	7	4	8	7	6	8
5	7	6	8	4	7	5	8	6	4	4
6	8	7	5	5	6	1	1	3	1	1
7	8	7	7	6	6	5	6	6	6	6
8	8	7	7	6	8	7	7	7	5	6
9	7	6	6	7	6	1	9	6	6	5
10	9	8	7	2	2	2	2	2	2	2
11	7	5	6	6	6	7	7	6	5	5
12	7	5	5	3	5	1	4	2	3	2
13	8	7	7	7	7	7	6	8	7	6
14	8	7	7	6	4	4	4	3	3	3
15	1	5	2	3	6	4	8	7	9	8
16	7	7	7	6	5	5	5	5	4	4
17	7	7	6	6	6	4	5	5	6	5
18	7	7	6	7	5	7	6	7	5	6
19	7	7	6	7	6	5	7	5	7	6
20	7	7	7	6	3	2	2	4	2	1
21	8	7	7	6	4	4	4	3	2	2
22	1	2	3	4	6	9	6	8	3	7
23	6	6	5	5	5	7	6	7	5	7
24	7	7	6	5	4	5	4	4	6	5
25	7	8	8	4	6	6	7	6	4	2
26	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5
27	4	7	7	4	8	8	4	4	8	7
28	5	5	6	6	7	8	8	8	7	7
29	6	7	7	3	3	3	3	3	3	2
30	3	3	3	3	5	4	6	3	3	3
Σ	188	186	185	157	168	149	165	160	148	145
X	6.2666	6.2	6.1666	5.2333	5.6	4.9666	5.5	5.3333	4.9333	4.8333
σ	2.049951	1.4948186	1.4852336	1.5905612	1.4781162	2.1732438	2.0636426	1.8815499	2.0998084	2.2450458
C.V.%	32.712332	24.109977	24.08513	30.393083	26.394932	43.757174	37.520775	35.279281	42.563971	46.449544

Fig. No. 31.- Valores obtenidos en las Pruebas de Aceptabilidad de Sabor

NO. DE PERSONAS	T517	T240	T459	T305	T746	T234	T610	T757	T819	T021
CONCENTRACION	100% HT - 0% HA	90% HT - 10% HA	80% HT - 20% HA	70% HT - 30% HA	60% HT - 40% HA	50% HT - 50% HA	40% HT - 60% HA	30% HT - 70% HA	20% HT - 80% HA	10% HT - 90% HA
1	5	6	7	6	5	6	8	7	6	9
2	3	3	8	5	5	6	6	6	6	4
3	7	7	8	7	6	9	7	8	9	8
4	6	6	6	7	7	6	7	7	7	8
5	8	5	6	4	8	8	7	6	5	4
6	8	7	5	5	5	4	3	1	1	1
7	7	6	6	4	8	7	7	5	4	6
8	1	7	7	8	5	7	8	6	6	3
9	1	2	3	5	5	6	8	7	7	6
10	9	6	6	6	8	5	7	2	2	2
11	7	6	5	5	5	7	5	5	5	5
12	8	6	6	6	4	4	4	3	2	1
13	8	8	8	8	7	7	7	8	8	6
14	8	7	6	4	5	3	5	4	3	3
15	3	6	7	2	8	6	1	5	4	9
16	7	7	6	6	7	6	7	5	5	5
17	6	6	6	5	4	5	5	6	5	5
18	7	7	6	4	5	7	8	7	8	5
19	7	8	6	7	7	6	6	6	6	6
20	7	7	7	6	3	2	2	4	2	2
21	8	7	7	7	5	3	5	4	6	3
22	1	3	2	6	5	9	7	8	6	1
23	6	6	5	5	5	7	6	7	5	7
24	7	7	6	6	5	8	4	4	5	5
25	8	7	9	8	6	5	4	6	3	1
26	6	5	5	5	8	6	6	5	5	5
27	4	6	5	5	8	8	4	6	8	7
28	6	7	7	8	7	8	9	9	6	6
29	7	7	7	6	6	6	4	4	4	3
30	2	3	3	3	3	3	6	3	3	3
Σ	178	181	181	169	175	180	173	164	152	139
X	5.9333	6.0333	6.0333	5.6333	6	5.7666	5.4666	5.0666	4.6333	2.370557
σ	2.347902	1.4967398	1.5196037	1.4967398	1.5104996	1.8003831	1.9061305	1.8705215	1.9988503	2.370557
C.V.%	39.571604	24.807979	25.186941	26.569503	25.894427	30.006385	33.054668	34.21274	39.451512	51.163469

V.- DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.

En base a los resultados de las evaluaciones realizadas para cada una de las variables medidas, podemos discutir y concluir lo siguiente:

La Concentración de Humedad en las tortillas a medida que aumenta el porcentaje de Harina de Amaranto, se observa en forma general una ligera tendencia a incrementarse, sin embargo no existe diferencia significativa entre las diferentes concentraciones de Amaranto (tratamientos) utilizados para generar las tortillas a un nivel de significancia del 0.05%. De lo anterior concluimos que el grado de absorción de Humedad en los diferentes tratamientos no se ve afectado por la Concentración de Harina de Amaranto. Se observa una gran variabilidad, debido a que las condiciones de cocción en la tortilla son muy difíciles de controlar provocando la evaporación del agua, de una manera muy variable para cada tratamiento generándose de esta forma la alta variabilidad en cuanto a Humedad se refiere, tal y como se observa en la Fig. No.18.

En lo referente a la Concentración de Proteína (Kjeldahl) se puede observar una ligera tendencia a incrementarse conforme se incrementa la Concentración de Harina de Amaranto; sin embargo al efectuarse un Análisis de Varianza, podemos observar que existe diferencia significativa a un nivel del 0.05% entre los tratamientos generados, esto puede deberse a que las concentraciones de Proteína en los dos tipos de harinas (Harina de Trigo Comercial - Harina de Amaranto) son diferentes, tal y como lo podemos observar en la Fig. No.19.

En lo que respecta a la Concentración de Cenizas, se observa que la Concentración de Harina de Amaranto es proporcional a la Concentración de Cenizas; es decir, al incrementarse la Concentración de Amaranto, se provoca un aumento en la Concentración de Cenizas, esto se debe al elevado contenido de Cenizas que presenta la Harina de Amaranto; provocando que si exista diferencia significativa al 0.05%, entre los tratamientos con respecto a la Concentración de Ceniza. La Harina de Amaranto, presenta una Concentración mayor de Proteína que la Harina de Trigo, además por haberse llevado a cabo la molienda del grano de Amaranto sin haberle extraído la corteza que los protege (salvado), dicha harina nos refleja una Concentración de Cenizas bastante elevada, tal y como se puede observarse en la Fig. No.20.

La Concentración de Extracto Etéreo para los tratamientos generados no presenta diferencia significativa a un nivel del 0.05%; sin embargo no se observa una tendencia definida de dicho parámetro con respecto a la concentración de Harina de Amaranto; esto se explica debido a que en el proceso de elaboración de la tortilla se adiciona manteca vegetal, lo cual provoca que se nos oculte la tendencia de la Concentración de grasa original de cada una de las harinas, lo cual se observa en la Fig. No.21.

En lo que respecta a la Prueba de Aceptabilidad para la Textura, se observa que no existe diferencia significativa a un nivel del 0.05%; obteniéndose un valor promedio más elevado de la escala hedónica de 6.26 que corresponden a los tratamientos del 10,

20 y 30% de Harina de Amaranto de los cuales el tratamiento con el 10% de Harina de Amaranto, tuvo mayor aceptabilidad, tal y como se observa en la Fig. No.22.

En lo referente a la Prueba de Aceptabilidad para el Sabor, no se observa diferencia significativa a un nivel del 0.05%, entre los tratamientos generados, obteniéndose un valor promedio de 6.0333, que corresponden a las concentraciones de 10, 20 ,30, 40 y 50%; observándose una mayor aceptabilidad en las concentraciones del 40% de Harina de Amaranto, inclusive con respecto a tortillas de Harina de Trigo (0% Harina de Amaranto), como se observa en la Fig. No.23.

En base a los Aminogramas Teóricos construidos para cada tratamiento podemos observar que tanto la Concentración de Lisina y de Arginina presentan una tendencia a incrementarse conforme se incrementa la concentración de Harina de Amaranto, esto se debe a los niveles elevados de Lisina y de Arginina en la Harina de Amaranto; la concentración de Treonina e Histidina permanecen más o menos constantes con respecto a la concentración de Harina de Amaranto, los demás Aminoácidos esenciales: Valina, Metionina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina y Cistina, presentan una tendencia a disminuir conforme se incrementa la concentración de Harina de Amaranto, demostrado en las Fig.No.25,26,27.

De todo lo anterior podemos concluir en base a cada una de las pruebas analizadas que el tratamiento más viable en cuanto al aspecto nutritivo y organoléptico se encuentra alrededor del 40% de Harina de Amaranto.

VI.- RESUMEN

El Amaranto (Amaranthus hypochondriacus) constituyó en los tiempos precolombinos uno de los cuatro cultivos principales junto con el maíz, frijol y chíca. Era, además, la planta ceremonial de mayor importancia del Imperio Azteca y su cultivo fue suprimido por motivos políticos y religiosos.

El presente trabajo tuvo la finalidad de evaluar la utilización del Amaranto (Amaranthus hypochondriacus), en el procesamiento de tortillas; para lo cual se construyó un Diseño Experimental de Factor Único, generándose 10 tratamientos, los cuales se refirieron a los 10 Niveles de Concentración de Harina de Amaranto. La Harina de Amaranto fue previamente procesada y mezclada con Harina de Trigo Comercial, y se evaluaron las siguientes variables: Humedad, Proteína (Nitrógeno Proteico), Cenizas y Extracto Etéreo.

Se seleccionó grano de Amaranto con un 14 % de Humedad, para ser sometido a molienda manual; a través de varias etapas de molido, hasta obtener un grado de finura cercano al de la Harina de Trigo Comercial, y una coloración ligeramente amarilla, y procediéndose a realizar un análisis bromatológico para verificar sus proporciones en cuanto a sus componentes nutritivos.

Ya obtenida la Harina de Amaranto molida, y después de haber sido mezclada con la Harina de Trigo Comercial, se estableció un proceso para la elaboración de tortillas, a partir de 10 diferentes proporciones o mezclas de Harina de Trigo con Harina de Amaranto.

Se elaboraron las tortillas de una manera tradicional a como se realizan las tortillas de Harina, y posteriormente se realizaron Análisis Bromatológicos y Análisis Sensoriales, es decir, se procedió a realizar las Pruebas de Aceptabilidad de Sabor y Pruebas de Aceptabilidad de Textura entre individuos escogidos al azar, que llenaron un formato en el cual se mencionaron las características que se deseaban evaluar.

Los resultados obtenidos tanto en los Análisis bromatológicos como sensoriales, fueron evaluados por un Análisis de Varianza a un nivel de significancia de 0.05%, llegando a las siguientes conclusiones:

Con respecto a la Concentración de Humedad, se observa una tendencia a incrementarse a medida que aumenta el porcentaje de Harina de Amaranto, sin embargo no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

En cuanto a la Concentración de Cenizas, hay un incremento proporcional con respecto a la Concentración de la Harina de Amaranto, debido a que la molienda del grano de amaranto se llevo a cabo sin haberle extraído la corteza que lo protege, provocando que exista una diferencia significativa entre los tratamientos.

En lo que se refiere a la Concentración de Proteína hay una tendencia ligera a incrementarse a medida que aumenta la Concentración de Harina de Amaranto, por lo

que si hay diferencia significativa y se debe a los tipos de proteína que presenta el Trigo y el Amaranto.

La Concentración de Extracto Etéreo entre los tratamientos generados no presenta diferencia significativa, y no hay una tendencia definida de dicho parámetro, debido a la utilización de manteca vegetal que oculta el incremento original del extracto etéreo de las harinas respectivamente.

En las Pruebas de Aceptabilidad para Sabor y Textura no se observa diferencia significativa a un nivel del 0.05%, y los rangos de mayor aceptabilidad para ambas pruebas van desde el 10% hasta el 50 % de Concentración de Harina de Amaranto, inclusive con respecto a las tortillas elaboradas con Harina de Trigo (0% Harina de Amaranto).

En base a los Aminogramas construidos para cada tratamiento, las Concentraciones de Lisina y Arginina se incrementa a medida que se incrementa la Concentración de Harina de Amaranto. Los demás aminoácidos permanecen más o menos constantes

Todos los análisis efectuados nos llevan a la conclusión que el tratamiento más viable en cuanto al aspecto nutritivo y organoléptico se encuentra alrededor del 40% de Harina de Amaranto.

VII.- BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- Badui, Dergal, Salvador. 1993. Química de los Alimentos. Editorial Alhambra. Tercera Edición. México.
- 2.- Casillas, Gómez, Francisco Javier. 1986. Importancia de la Semilla de Alegría. Memoria del Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo; México. Instituto Nacional de Nutrición. México; D.F.
- 3.- Desrosier, N.W. 1983. Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial C.E.C.S.A., Primera Edición.
- 4.- Egan Harold, Ronald S. Kirk, Ronald Sawyer. 1991 Análisis Químico de los Alimentos de Pearson. Editorial. C.E.C.S.A. Cuarta Impresión. México.
- 5.- Iturbide, Gustavo Alejandro. y F. Gómez L. 1986. Cultivo del Amaranto en México. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 12. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección de Difusión Cultural. Departamento de Zonas Áridas. México.
- 6.- Kent, N.L. 1971. Tecnología de los cereales. Editorial Acribia. España.
- 7.- Miller, Irwin. y John E. Freund. 1980. Probabilidad y Estadística para ingenieros. Editorial Reverté Mexicana. Cuarta Impresión. México.
- 8.- Pedrero F. Daniel L. y Rose Marie Pangborn. 1989. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos Analíticos. Editorial Alhambra. Primera Edición. México.
- 9.- Potter, Norman N. 1990. La ciencia de los Alimentos. Editorial Harla.
- 10.- Rosenfield, Daniel. 1974. Fortificación. Mejoramiento de la Calidad Nutritiva de los cereales. Informe del Seminario sobre Producción Selectiva y Fortificación. Servicio de Desarrollo Económico del Exterior. Departamento de Agricultura de E.U.A.
- 11.- Sánchez, Marroquín, Alfredo. 1980. Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. México.
- 12.- Soldano, Osvaldo. 1978. El trigo. Editorial Albatros. Argentina.
- 13.- Spiegel, Murray. 1992. Estadística. Editorial McGraw-Hill. Segunda Edición. México.
- 14.- Walpole, R.E. y R.H. Myers. 1985. Probabilidad y Estadística para Ingenieros. Editorial Interamericana. Segunda Edición. México.

12569

