

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISION DE CIENCIAS VETERINARIAS



**'DIGESTIBILIDAD IN VITRO Y AMINOGRAMAS DE LAS  
SEMILLAS DE AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A:**

**ANTONIO VALERIO ORNELAS**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**MVZ JUAN CARLOS SERRATOS AREVALO**

**LAS AGUJAS ZAPOPAN, JAL., MAYO DE 1995**

## A G R A D E C I M I E N T O S

### DE MANERA ESPECIAL:

A MI DIRECTOR DE TESIS

M.C. JUAN CARLOS SERRATOS AREVALO

Por su apoyo y guía de éste estudio.

### A MI COASESORA:

Q.F.B. ELSA CARDENAS CERDA

Por su valiosa ayuda, su experiencia y su tiempo.

Al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. por otorgarme las facilidades para la realización de este estudio.

### A MI COASESOR:

FERNANDO LOPEZ DELLAMARY

Por su decisiva participación en la determinación de los Aminoácidos Esenciales.

Al Instituto de Madera Celulosa y Papel por otorgarme - las facilidades para la realización de este estudio.

Estoy profundamente agradecido con todos y cada uno de los Maestros de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guadalajara; por su contribución en mi formación profesional.

A todas aquellas personas que colaboraron de una manera u otra para la realización de este trabajo.

## DEDICATORIAS

Dedico éste estudio a la memoria de mi Madre.

A mi Padre Florencio.

A mi Esposa Olivia Aurora

A mis Suegros Raúl y Ofelia.

A mis hijos; Sergio, Sonia, Raúl, Belén, Olivia, Antonio y Daniel.

Que gracias a su comprensión, a su apoyo moral y material, fue posible la culminación del presente trabajo y de mis estudios profesionales.

Estoy profundamente agradecido con todos y cada uno de los Maestros de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Guadalajara; por su contribución en mi formación profesional.

A todas aquellas personas que colaboraron de una manera u otra para la realización de este trabajo.

# C O N T E N I D O

	PAGINA
RESUMEN	i
INTRODUCCION	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
JUSTIFICACION	6
HIPOTESIS	7
OBJETIVOS	8
MATERIAL Y METODOS	9
RESULTADOS	13
DISCUSION	19
CONCLUSIONES	20
BIBLIOGRAFIA	21

## RESUMEN

Las semillas de Amaranto constituyen una importante alternativa para la alimentación humana y animal, en base a sus componentes químico nutricionales, se emplearon semillas de Amaranto nativas de Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco, se pulverizaron y se practicó un análisis químico en comparación con el maíz y trigo.

Para efectuar el estudio químico se determinaron; el análisis proximal mediante las técnicas convencionales; la digestibilidad in vitro en base al método de Saunders y los aminogramas por medio de la cromatografía líquida de alta resolución.

Se consideraron las variables; análisis bromatológico, digestibilidad in vitro y aminoácidos; de los resultados que se lograron se comprobó que el Amaranto es superior en cuanto al porcentaje de proteína cruda, grasa y fibra cruda; en relación al maíz y trigo, no así en lo que se refiere a la digestibilidad in vitro de acuerdo al ANVA a un nivel de  $P < 0.05\%$ .

También el Amaranto contiene en mayor cantidad los aminoácidos esenciales; Lisina, Treonina, Fenilalanina y Metionina en comparación al maíz y trigo.

## I N T R O D U C C I O N

Uno de los problemas más acuciantes que se presentan en México, es el relativo a la insuficiencia alimenticia; por consecuencia una de las políticas más vigorosas que se debe implementar a través del Estado es el de la modernización de el sistema alimenticio ya que la dieta del mexicano se basa sobre todo en el consumo de maíz, frijol, y cebada, dieta marginal e intermedia respectivamente (3,6,8,9). Dicha dieta básica es insuficiente para cubrir los requerimientos protéico-calóricos necesarios y solamente el 30% de la población nacional tiene la posibilidad de consumir los productos de mayor valor nutricional que consecuentemente son los más caros y en cierta medida sólo son accesibles a los estratos sociales superiores económicamente; tales productos como carne, huevos, frutas y verduras (4,13,14).

En contrapartida con la mencionada insuficiencia alimentaria; en México existen grandes posibilidades de la incorporación de varias especies vegetales que constituyen un gran potencial alimenticio.

El amaranto es un claro ejemplo de este potencial nutritivo de la familia de Amaranthaceas ("alegría") y del género Amaranthus con más de 50 especies cuyo "grano", sus hojas y tallo contienen algunos componentes químicos-nutritivos. De

tal forma que las semillas de amaranto por sus propiedades nutritivas se puede aprovechar dentro de los más importantes alimentos alternativos del país. (11,15).

Antiguamente este cultivo tuvo una gran importancia en la economía de los pueblos indígenas, sin embargo, su explotación empezó a declinar en forma acelerada a partir del siglo XVII y en la actualidad se aprovecha poco; a pesar de que incluso en Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco se desarrolla una especie de amaranto ( Amaranthus hypochondriacus) (11,15,16).

La semilla de Amaranto, contiene en promedio 14.7% de proteína, 3.1% de grasa y 60.7% de carbohidratos, y son ricas en minerales 510 mg., calcio, 397 mg., fósforo, 11 mg., de hierro tienen además pequeñas proporciones de tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C. (11,15,18).

El género Amaranthus es un grupo de difícil taxonomía, ha existido enorme confusión en la nomenclatura y clasificación de estas plantas debido a su gran semejanza y amplia distribución geográfica los nombres que diferentes autores le han dado a estas plantas son muy variados, sin embargo, después de varios estudios se ha llegado a la conclusión de que las especies de semilla comestible se reducen a: Amaranthus hypochondriacus, A. caudatus y A. cruentus (2,11,15).

Es importante el aprovechamiento de las semillas de Amaranthus hypochondriacus; ya que es la especie que crece en Tlajomulco de Zuñiga, Jalisco y presenta las siguientes características; es una planta herbácea anual de 1.5 a 2 mts., de altura, tallo ramificado desde la base y marcado con estrías longitudinales, hojas largamente peticeladas y ovadas que miden aproximadamente 15 cm., de largo y 10 cm., de ancho, inflorescencias panículas terminales o axilares. (2,11,15).

El fruto es una cápsula pequeña que se abre transversalmente y contiene una sóla semilla blanca, lisa y brillante, ligeramente aplanada y del tamaño de un grano de mostaza. (2,11,15).

El Amaranto es una planta originaria de México muy utilizada por los indígenas de la época precortesiana, la planta florece en el mes de agosto y septiembre; el rendimiento en volumen es casi igual al de una de maíz. La cosecha se hace a fines de octubre o principios de noviembre. (2,11,15).

En lo que se refiere a su industrialización; se puede utilizar el tallo como forraje para el consumo animal; de las hojas se puede preparar sopas, estofados, productos instantáneos y concentrados protéicos; la semilla tiene mayor aplicación; en confitería (ya sea reventada, tostada o entera y en hojuelas). La harina es útil en la elaboración de distintos

productos como tortillas, pan, galletas, pastas, polvorones y diversas golosinas. (11,15,16).

La composición química de Amaranto ha despertado el interés de los investigadores en áreas de alimentación, a conducido a un gran número de científicos y tecnólogos a la búsqueda de posibles opciones de aplicación, de tal manera que llegue a convertirse en un alimento tan común como los cereales. (11,15,16).

Por todo lo anteriormente señalado y por la importancia que reviste, se realizó un estudio químico para determinar la digestibilidad "IN VITRO" de las semillas de amaranto (Amaranthus hypochondriacus); así como el análisis de la composición del contenido aminoacídico, para incorporarlas a la alimentación humana y animal.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo del amaranto, se produce en pocos estados de la República Mexicana; y se restringe casi exclusivamente a los estados de Tlaxcala, Morelos y Tulyehualco.

El el estado de Jalisco, solamente se desarrolla en pequeñas cantidades en Tlajomulco de Zuñiga.

El amaranto constituye una importante alternativa alimenticia, ya que se reporta que sus semillas presentan características protéicas considerables; también se encuentran hidratos de carbono, grasas, vitaminas y minerales.

En la actualidad por las condiciones económicas de México en las que se requiere mayor competencia agroalimentaria, es conveniente fomentar la producción del amaranto, aprovechando su adaptación a diferentes condiciones climáticas del país y de ésta manera, incorporarlo en cantidades agroindustriales para la alimentación humana y animal.

## J U S T I F I C A C I O N

Una de las características más importantes que presenta el Amaranto, es la cantidad protéica de sus semillas, ya que oscila de 14 a un 17%, aunque es importante señalar que más que la cantidad de proteína es su balance de aminoácidos. Y uno de los problemas más serios en el país consiste en la obtención de fuentes de proteína vegetal apropiadas para cubrir las graves deficiencias que se presentan en una población que cada vez se incrementa más, por lo cual resulta imprescindible la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas de buena calidad en donde se considere la digestibilidad, los aminoácidos esenciales, y sus aceites generadores de energía, para que de esta manera se puedan cubrir los requerimientos protéico-calóricos de la dieta del mexicano y los subproductos que se obtengan para el empleo en las dietas alimenticias de los animales.



BIBLIOTECA CENTRAL

## H I P O T E S I S

La digestibilidad "In Vitro" y los aminogramas de las semillas de amaranto en comparación con el maíz y el trigo, tienen un porcentaje aceptable. Por lo tanto, las semillas de amaranto son recomendables para la alimentación.

## O B J E T I V O S

Análisis químicos de las semillas de amaranto, en comparación con los cereales, como el maíz y el trigo.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Digestibilidad "In Vitro".- Se calculará el porcentaje de digestibilidad de las semillas de amaranto, en relación al maíz y trigo.
  
- 2.- Cromatografía de líquidos de alta resolución para el análisis de aminoácidos, para la cual se estudiarán las características aminoácidas de las semillas de amaranto respecto del maíz y trigo.

## MATERIAL Y METODOS

Para realizar el presente estudio químico, se utilizaron semillas de Amaranto; nativas de Tajomulco de Zuñiga, así mismo semilla de maíz y trigo; las cuales se pulverizaron con un molino eléctrico de la marca "Pulvex" con un espesor de criba de .75 mm.

Se obtuvo harina y se efectuaron las siguientes pruebas; en los laboratorios del CIATEJ (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco) y el IMCP (Instituto de Madera Celulosa y Papel) de la Universidad de Guadalajara.

### 1.- ANALISIS PROXIMAL.

En base a las técnicas descritas por la A.O.A.C.(Los métodos oficiales de la Asociación Americana de Química Análítica).

### 2.- DIGESTIBILIDAD IN VITRO.

De acuerdo al método Saunders, se emplearon 250 mg., de muestra molida y desengrasada para cada una de las 5 muestras de las semillas en estudio, posteriormente se le agrega HCL 0.1 N 15 ml., con 1.5 mg., de pépsina a cada muestra, estas

que se encuentran en tubo de ensaye, se colocan en un agitador durante 3 horas a una temperatura de 37°C, después de neutralizó con NaOH 0.5 y se les vierte pancreatina 4 mg., en 7.5 ml, de Buffer de fosfato 0.02 M y a un P.H. de 8.

Se agitan las muestras durante 24 hrs., a 37°C, se centrifugan los tubos 5 minutos a 20,000 R.P.M. (Revoluciones por Minuto). La parte sólida se lava y se determina la proteína indigestible en pepsina y pancreatina y se resta de la proteína cruda total para conseguir la proteína digestible. (7).

Los resultados se confrontaron entre sí a través de una interpretación estadística mediante un análisis de varianza a un nivel de  $P < 0.05\%$ . Tres tratamientos con 5 repeticiones por tratamiento, después se analizaron las medias de tratamiento. (20).

### **3.- CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCION.**

Se determinaron los aminoácidos de amaranto, maíz y trigo con el apoyo de la técnica cromatográfica "H P L C" (High Performance Liquid Chromatography).

## **INSTRUMENTACION.**

Se usó un cromatógrafo de líquidos de la marca WATERS; equipados con dos bombas recíprocantes de flujo variable modelo 6000 A, inyector de volumen variable U 6 K, un detector de fluorescencia modelo 420, un programador de gradientes modelo 660, un procesador de datos automático, modelo 730 y un controlador automático de temperatura para columnas modelo III.

## **SUBSTANCIAS Y REACTIVOS**

Los disolventes empleados fueron todos grado Cromatografía HPLC marca Merk, el agua fue preparada en el laboratorio por desmineralización con resinas de intercambio iónico Amberlite, purificación con columnas de carbón y destilación en equipo de vidrio. (1,5,10,19,21).

Todos los disolventes usados, así como las muestras fueron filtradas por medio de membranas de 0.22 micrometros de poro, tipo GVWP millipore, previamente a su introducción al sistema cromatográfico.

## **PREPARACION DE LAS MUESTRAS**

Las hidrólisis de los materiales se obtuvieron con 100

mg., de muestra respectivamente se purga el tubo o ampolleta con nitrógeno (ya con la muestra) se le conecta a la línea de vacío con la muestra congelada en baño de dióxido de carbono sólido, acetona, se sella el cuello del tubo con soplete de oxígeno, gas natural, manteniendo la presión reducida. (1,5,10, 19,21).

La hidrólisis se practicó con 5 ml., de Hcl 6N, en presencia de Fenol (40 a 50 ml/10 ml de Hcl 6 N) a 105°C durante 24 hrs., en tubos de vidrio después del tiempo de hidrólisis se procede a romper el tubo de transferir cuantitativamente el contenido a un matraz de rotavapor de 100 ml., con agua grado cromatográfico, se evapora casi a sequedad a presión reducida y a 60°C, se rehidrata dos veces con 5 ml., de agua, se transfiere el residuo con metanol.

Se coloca agua 7.3 ml., a un matraz aforado de 100 ml., se centrifuga, se filtra en una membrana millipore el sobrante y se usa directamente en la recolección de derivación. (1,5,10,19,21).

## R E S U L T A D O S

Los resultados que se consiguieron en el estudio químico comparativo de las semillas de amaranto, maíz y trigo, en lo que respecta a las variables de análisis bromatológico, digestibilidad y aminoácidos fueron:

### ANALISIS BROMATOLOGICO.

El amaranto presentó un porcentaje mayor de proteínas, grasas, fibra cruda, que las semillas de maíz y trigo. (Cuadro No. 1).

### DIGESTIBILIDAD IN VITRO.

Las semillas del maíz son más digestibles que el trigo y el amaranto. (Cuadro No. 2, Gráfico No.1).

### AMINOACIDOS.

En lo que respecta a los aminoácidos esenciales, metionina, fenilalanina, isoleucina, lisina y treonina el amaranto se encuentra a un mayor nivel que las semillas de maíz y trigo. (Cuadro No. 3. Gráfico No. 2.)

**CUADRO No. 1**  
**ANALISIS BROMATOLOGICO PORCENTUAL EN BASE SECA**

CEREAL	PROTEINA CRUDA	GRASA	FIBRA CRUDA	CENIZAS	E.L.N.
AMARANTO	15	6	4	3.13	71.87
MAIZ	10	5	3	1.7	80.3
TRIGO	13	2	3.5	1.8	79.7

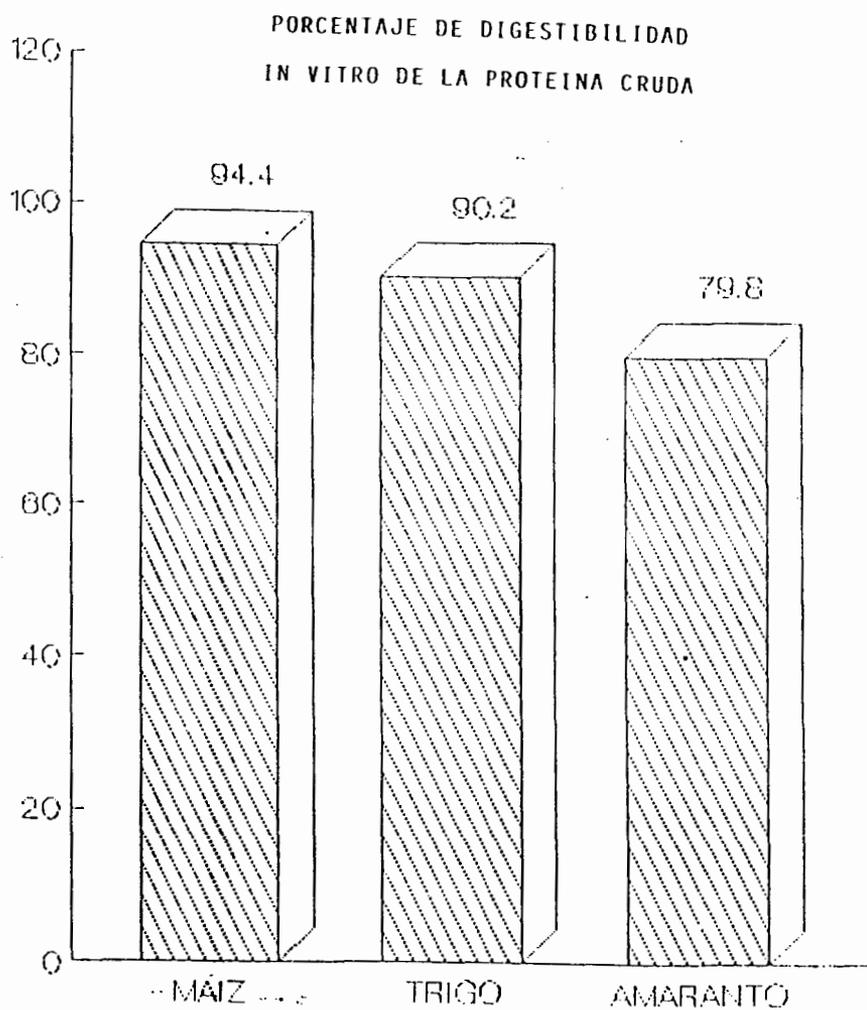
Se puede constatar que las semillas de amaranto tienen mayor porcentaje de Proteínas, Grasa y Fibra en relación al Trigo y Maíz.

CUADRO No. 2  
 DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE LA PROTEINA CRUDA  
 DE LAS SEMILLAS DE AMARANTO, MAIZ Y TRIGO

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					MEDIAS:
	I	II	III	IV	V	%
AMARANTO	77c	77c	78c	82c	85c	79.8c
MAIZ	90a	95a	94a	96a	97a	94.4a
TRIGO	88b	90b	91b	93b	89b	90.2b

Se realizó una ANVA a un nivel de  $P. < 0.05\%$ . Literales diferentes, a, b, y c, son estadísticamente significativas incluso en relación a las medias de tratamiento.

GRAFICA No. 1



Se nota que el porcentaje de digestibilidad en el maíz es superior al trigo y al Amaranto. En base a las literales diferentes estadísticamente significativas de las medias de tratamiento a un nivel de  $P. < 0.05\%$ .

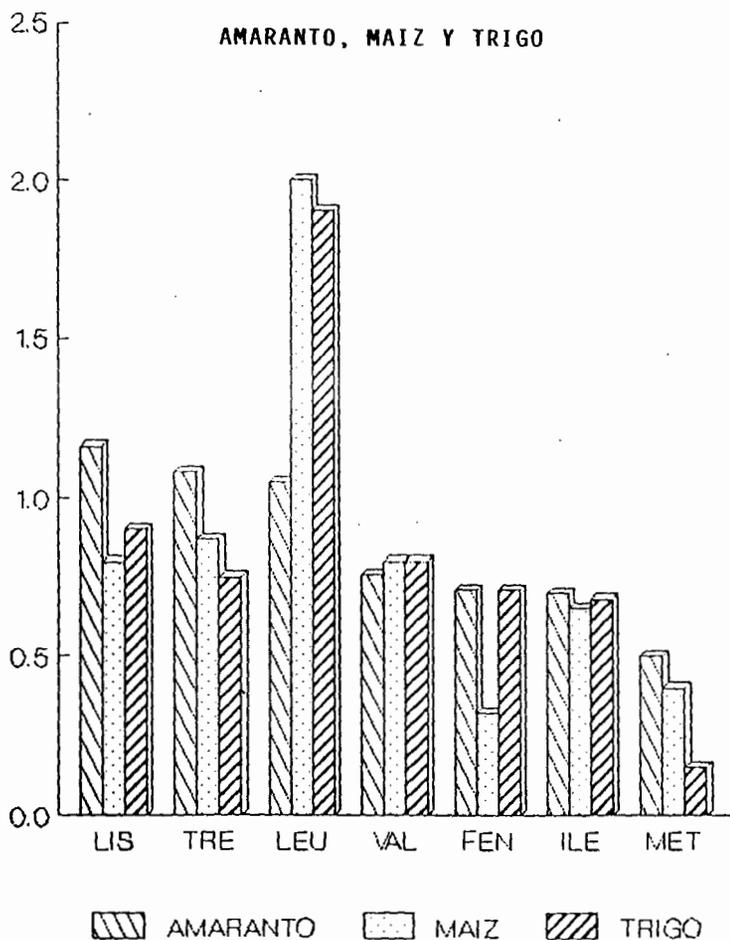
CUADRO No. 3  
 AMINOGRAMAS DE LAS SEMILLAS DE AMARANTO,  
 MAIZ Y TRIGO EN GR/100 GRS, DE  
 MATERIA BASE SECA.

AMINOACIDOS	AMARANTO	MAIZ	TRIGO
ASP	1.39	2.0	1.0
CLU	2.77	3.0	2.0
SER	1.12	0.99	0.87
HIS	0.57	0.85	0.70
GLI	1.28	0.94	1.0
TRE	1.08	0.87	0.75
ARG	1.12	1.0	2.0
ALA	0.65	0.83	0.72
TIR	0.61	0.50	0.43
MET	0.50	0.40	0.15
VAL	0.76	0.80	0.80
FEN	0.71	0.32	0.71
ILE	0.70	0.65	0.68
LEU	1.05	2.0	1.90
LIS	1.16	0.80	0.90

Relación de los aminoácidos no esenciales y esenciales de las semillas de Amaranto, Maíz y Trigo.

GRAFICA No. 2

AMINOACIDOS ESENCIALES DE LAS SEMILLAS DE  
AMARANTO, MAIZ Y TRIGO



Contenido en aminoácidos de las semillas en grs./100 grs., de materia (base seca). Se puede contemplar que el Amaranto es superior en cuanto a los aminoácidos esenciales, Lisina, Tronina, Fenilalanina, Isoleucina y Metionina, en relación al maíz y trigo.

## D I S C U S I O N

De los resultados que se obtuvieron; el análisis bromatológico muestra que el Amarantho se encuentra por encima de las semillas de maíz y trigo. En lo que se refiere a la proteína cruda, grasa y fibra; según los reportes registrados por diferentes autores. (11,15,16).

Es probable que las semillas de amarantho crudas contengan gran cantidad de algunos factores antinutricionales; como las saponinas y taninos entre otros, estos influyen en una disminución de la digestibilidad y además se ha comprobado que en el amarantho tostado aumenta el porcentaje de digestibilidad; en base a los estudios de otras investigaciones realizadas. (12,22).

Los resultados que se alcanzaron en los aminogramas no difieren a los reportes por los organismos, F.A.O./W.H.O./O.N.U. y algunos autores. (12,17,22).

## C O N C L U S I O N E S

- 1.- Las semillas de amaranto en su composición química son superiores en cuanto a Proteína Cruda, Grasa y Fibra Cruda respecto a los cereales maíz y trigo.
- 2.- Es inferior el porcentaje de digestibilidad in vitro del Amaranto en relación al maíz y trigo.
- 3.- El contenido de aminoácidos esenciales, Lisina, Treonina, Isoleucina y Metionina del Amaranto se ubica arriba de los cereales maíz y trigo.
- 4.- Se sugiere efectuar otros estudios en los que se consideren semillas crudas y cocidas, en lo que se refiere a la digestibilidad in vitro y a otras técnicas de digestibilidad.



## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Abbot R.S. Andrews (1983), Introducción a la Cromatografía, Pags. 1-25, 61-72, 116-118. Edit. Alhambra, España
- 2.- Alejandro I.G.;Gómez L. F. (1986). Cutivo del Amaranto - en México; colección Cuadernos Universitarios Págs. - 17-231. Universidad Autonoma de Chapingo, México.
- 3.- Bourges H. (1986). Nutrición y Alimento, su problemática en México. edit. CECSA. Págs. 79-84, México.
- 4.- Chavez A. (1983). México hoy; Nutrición Problemas y alternativas. Edit. Siglo XXI. Pags. 220-229. México.
- 5.- Faix O. (1979). Descripción y fundamento del analizador de carbohidratos. Revista de la A.T.C.P. Vol. 19 No.1 - España.
- 6.- González C.P. (1980) Development Economic of México - Investigation and Sciense 50. Pags. 128-138 U.S.A.
- 7.- Hernández M.de la V. A. Sotelo, A. (1984). determinación de digestibilidad proteica in vitro o in vivo en cereales y leguminosas crudos y cocidos. S. Archivos Latinoamericanos de Nutrición Vol. XXXIV No.3.

- 8.- INEGI (1987). El sector alimentario en México 1986. Págs. 279-280. México.
- 9.- INEGI S.S.A. (1986). Información Estadística sector Salud y Seguridad Social. Págs. 3-5 México.
- 10.- Nathan J. P. (1975). separaciones Cromatográficas Pags. 11-18, 35-41, 55-57. Edit. Anuies, México.
- 11.- National Research Council (1984). Amaranth Modern Prospec for and Anciet Crop National Academy R. press, U.S.A.
- 12.- Paredes L. O. Barba, Hernández, Carabez. Amarantho Carac terísticas Alimentarias y Aprovechamiento Agroindus- -- trial. Págs. 21-83. Cinvestav. Irapuato, México.
- 13.- Portilla B. Salazar de V. (1983). Alimentos Dependencia y Desarrollo Nacional. Edit. Nueva Imagen Ceestem. Págs. 80-84, México.
- 14.- Quintero (1984) La Alimentación en México un Problema - por Resolver. Información Científica y tecnológica, - México.

- 15.- Sánchez M.A.(1980) Potencialidad Agroindustrial del Amaranato. Centro de Estudios Económicos y sociales del Tercer Mundo, México.
- 16.- Santi H. C, Lascand. S. Morales de L. (1986) Pasado, Presente y futuro del amaranto. Rev. Cuadernos de Nutrición. Págs. 17-31, México.
- 17.- Santos M. A. (1980). Bioquímica de cereales y sus productos. Págs. 6-38. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- 18.- Serratos, A. J. C. Amaranto Potencial alimenticio. Agricultura No. 13. grupo Edit. EIKON. Pág. 12 (1991), México.
- 19.- Saura F. Calixto. J.V. Cañedas, S. (1984). Determinación of tryptophan In Nust. and cil Seeds Corporation of Methods anal. Bromatol. 36 (1) Págs. 89-95. U.S.A.
- 20.- Steel y Torrie. Bioestadísticas Principios y procedimientos Segunda Edición. Mc. Graw Hill Págs. 132-165 (1985).

- 21.- Techniques Han. Book (1985) Aminoacid Analysis Theory,  
Laboratory, U.S.A.
  
- 22.- Tillman P.B. Waldroup P.W. (1986). procesing Grain --  
Amaranth for Use in broiles Diets. P.P. 1960 - 1964. --  
University of Arkansas, U.S.A.