

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



COMPARACION DE LOS PORCENTAJES DE PROTEINA
DIGESTIBLE EN AMARANTO (*Amaranthus* spp),
SOMETIDO A TRES NIVELES DE PROCESAMIENTO TERMICO.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO.

P R E S E N T A N :
MARGARITA RUBIO DIAZ
FRANCISCO JAVIER PINEDO ROBLES

GUADALAJARA, JAL.

1994



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

SECCION COM. DE TIT.
DEPENDIENTE _____
NUMERO 0B087025/93
0GA88025/93

COMITE DE TITULACION
SOLICITUD Y DICTAMEN

SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA.
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION.
P R E S E N T E.

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento Interno de la Facultad de Agronomía, he reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicito su autorización para realizar mi TESIS PROFESIONAL, con el tema:

COMPARACION DE LOS PORCENTAJES DE PROTEINA DIGESTIBLE EN AMARANTO
(Amaranthus spp), SOMETIDO A TRES NIVELES DE PROCESAMIENTO TERMICO

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DEL TRABAJO DE TITULACION.
MODALIDAD: Individual () Colectiva (X).

Nombre del Solicitante	Código	Generación	Orientación o Carrera	Firma del Solicitante
MARGARITA RUBIO DIAZ	079161985	82-87	BOSQUES	<i>Margarita Rubio Díaz</i>
FRANCISCO JAVIER PINEDO ROBLES	079593699	83-88	GANADERIA	<i>Francisco Pinedo Robles</i>

Fecha de Solicitud: 30 DE AGOSTO DE 1993

DICTAMEN

APROBADO (X) NO APROBADO () CLAVE:

0B087025/93
0GA88025/93

DIRECTOR: ING. CARLOS AGUIRRE TORRES
ASESOR: ING. JAVIER VASQUEZ NAVARRO ASESOR: ING. JUAN BOJORQUEZ MARTINEZ

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

AUTORIZACION DE TITULACION

ING. CARLOS AGUIRRE TORRES
DIRECTOR

ING. JAVIER VASQUEZ NAVARRO ING. JUAN BOJORQUEZ MARTINEZ
ASESOR ASESOR

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA
VO. BO. PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

FECHA: 20 de Septiembre de 1993

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la oportunidad de vivir y de contar con su presencia en todo momento.

Al M. en C. Carlos Aguirre Torres, por brindarme siempre, su apoyo incondicional en la dirección de esta tesis.

Al Ing. Juan Bojorquez Martínez, por su apoyo y entusiasmo otorgado en la asesoría de este trabajo.

Al Ing. Javier Vásquez Navarero, que gracias a su ayuda y colaboración hizo posible la realización de esta tesis.

A todos los Maestros y personas que durante mi educación, contribuyeron en mi formación profesional.

A la Ing. Ramona Silvia Anguiano García, por su gran ayuda que tan desinteresadamente me brindó.

Al M. en C. Humberto Ramírez Vega, por las facilidades brindadas.

A la Universidad de Guadalajara que a través de la Facultad de Agronomía, hizo posible mi formación profesional.

A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de esta investigación.

Margarita

DEDICATORIAS

- A mis Padres Roberto y Josefina, gracias por darme la vida y todo su apoyo para lograr mi formación profesional.
- A mis Hermanos Enrique, Rodolfo, Silvia, Felipe, Rafael, Rosaura, Laura, Adriana y Magdalena, por su cariño.
- A mis Sobrinos Gabriela Adriana, Myriam Fabiola, César Octavio, Carla Elizabeth, Mónica Viridiana, Claudia Patricia, Sandra Mariana, Josefina, Cynthia Denisse, Angel Roberto, Ivette, Karen Liliana, Rosa Stephania, Roberto y Ricardo, con todo mi cariño y afecto.
- A la Señora Ana Gomar Arce Por haberme brindado en su momento tan acertados consejos.
- A mis Compañeros y Amigos Por todos los momentos inolvidables que juntos pasamos.
- A mis mejores Amigos Por su gran amistad.

Margarita

DEDICATORIAS

Este trabajo lo dedicó sinceramente a todas las personas que me apoyaron en la Facultad y en el trabajo, de quienes estoy muy agradecido.

Como una mínima respuesta a mis Padres, por lo mucho que se esforzaron, para darme la formación profesional, con que hoy cuento, con la esperanza de dar más satisfacciones que paguen en algo, el cariño y sacrificio que me entregaron sin reservas.

Especialmente a mi esposa, que siempre a mi lado con su amor y abnegación, me ha comprendido con la convicción de apoyarme en mi carrera profesional y en todas las acciones de la vida.

A nuestros hijos, que desde su llegada nos han llenado de alegría y esperando que durante su vida, estén dispuestos a superar los problemas que se les presenten y se esfuercen por ser personas de bien.

Francisco Javier

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

A la Universidad de Guadalajara, y en especial a nuestra querida Escuela, ahora Facultad de Agronomía que me ha brindado el inapreciable don del saber.

A mis Maestros y Compañeros, por su amistad y ayuda desinteresada que me han mostrado desde el primer año de mi formación profesional.

Francisco Javier

I N D I C E

	Pág.
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
I ANTECEDENTES	1
II INTRODUCCION	3
III OBJETIVOS E HIPOTESIS	5
IV REVISION DE LITERATURA	6
4.1 Origen y distribución	6
4.2 Taxonomía del género <u>Amaranthus</u>	10
4.3 Características botánicas del género <u>Amaranthus</u>	14
4.4 Características botánicas de <u>Amaranthus</u> <u>hypochondriacus</u>	15
4.5 Características agronómicas	17
4.6 Sistemas de producción para el cultivo del Amaranto	23
4.7 Importancia nutricional del Amaranto	29
4.7.1 Formas de consumo	32
V MATERIALES Y METODOS	38
5.1 Localización y descripción del área	38
5.2 Materiales	40
5.3 Métodos	43
VI RESULTADOS Y DISCUSION	53
VII CONCLUSIONES	57
VIII BIBLIOGRAFIA	58

INDICE DE CUADROS

			Pág.
Cuadro	1	Características agronómicas de <u>Amaranthus hypochondriacus</u>	18
Cuadro	2	Elaboración de productos con la planta de amaranto	37
Cuadro	3	Porcentajes de proteína y digestibilidad obtenida en las presentaciones de amaranto probadas	53
Cuadro	4	Análisis de varianza del contenido de proteína	54
Cuadro	5	Análisis de varianza del contenido de digestibilidad	54
Cuadro	6	Diferencia de medias de la variable porcentaje de proteína	55

INDICE DE FIGURAS

		Pág.	
Figura	1	Distribución del Cultivo de Amaran- ranto en México	9
Figura	2	Ubicación del área de trabajo	39

RESUMEN

El amaranto poco conocido, se cultiva como grano o como hortaliza. No obstante su desconocimiento, promete ser una alternativa importante para resolver el hambre en el mundo.

El Amaranthus hypochondriacus es una de las especies más generosas en cuestión alimenticia pues para dicha afirmación se realizó el siguiente trabajo. Se tomaron tres muestras de amaranto, (amaranto tostado, reventado y natural); los cuales fueron enviados a dos laboratorios arrojando datos semejantes y marcando una diferencia entre ambas muestras por lo que se utilizó un método estadístico para determinar cual sería el más aceptable, pues los tres son muy ricos en proteínas. De hecho el humano requiere de un 16% de proteína digestible para su organismo y de un 85% de digestibilidad, pues el cuerpo humano no absorbe más de lo que su capacidad acepta, en base a nuestro material vemos claramente una alternativa de solución para mujeres lactantes, gestantes, niños y ancianos.

El amaranto está tomando un auge muy importante en la dieta moderna, por lo que se analizaron dichas muestras para detectar cual producto es el de mayor nutrición. Se utilizó en dichas pruebas mostrando en ambos resultados que si existe significancia en las presentaciones; según el dato arrojado por el método estadístico, que para obtener este resultado se

empleó un diseño completamente aleatorio mostrando una
significancia muy notoria hacia un producto.

31
C

I A N T E C E D E N T E S

González, M. (1992), menciona que la familia de las Amaranthaceas, constituye un gran grupo de plantas con más de 60 especies. Su grano y sus hojas poseen valiosos componentes por lo que se le considera de gran valor nutritivo.

Documentos proporcionados por el Instituto Nacional de Nutrición nos permiten ahora saber más del amaranto y apreciar su importancia alimenticia, fue uno de los alimentos básicos de América, tan importante en la alimentación de nuestros antepasados como el maíz y el frijol.

Debido a la importancia en la alimentación de los antiguos mexicanos, el amaranto se relacionó con leyendas y ritos.

El calendario religioso azteca señalaba los días en que las mujeres molían la semilla, la mezclaban con miel o sangre humana y a la pasta resultante le daban formas de pájaros, serpientes, dioses, etc.; estas figuras servían de alimento durante las ceremonias de los grandes templos.

Sin embargo, durante la época de la colonización española, el amaranto dejó de usarse porque se utilizaba en rituales paganos ligados a sacrificios humanos que no eran bien vistos por los sacerdotes católicos. Los cambios dietéticos que trajo

la conquista a los antiguos mexicanos también contribuyeron a que el amaranto se fuera olvidando, y hoy en día casi no se aprovecha.

II INTRODUCCION

La Organización para los Alimentos y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), proponen que para obtener un adecuado desarrollo físico mental, los individuos deben consumir por día 2600 calorías y 75 gramos de proteína.

En México en 1970, 1 084 586 hogares no consumían proteínas animales, la "tortilla de maíz" era uno de los principales alimentos, aunque las clases pobres calman su hambre, ya que el maíz aporta carbohidratos y proteínas de baja calidad.

En 1979, entre un 52 y 87% de la población rural infantil padecían desnutrición, solo el 35 y 25% consumían lo recomendado por la FAO, Gómez (1994), indica que el porcentaje de niños de 1 a 4 años con desnutrición severa en 1990 es de 15.1%, aumentando los casos de muerte en infantes de la misma edad en 221% por la misma causa.

Con el fin de mejorar el nivel nutricional del pueblo mexicano, varios investigadores han realizado trabajos de enriquecimiento proteínico en tortillas usando soya, espirulina, suero de leche, caseína y lisina, como del Valle (1976), Feria-Morales (1983), Maya, Domingo y Sánchez (1983 y 1984), entre otros.

El amaranto (Amaranthus spp), se considera como una fuente no convencional de proteína de alta calidad que se puede producir en condiciones de temporal deficiente.

III OBJETIVOS E HIPOTESIS

3.1 Objetivos

- Definir la conveniencia de usar Amaranto natural o de someterlo a un procesamiento térmico.
- En su caso señalar si el mejor procesamiento térmico es el comercial (reventado) o tostado.
- Cuantificar los cambios en los porcentajes de proteína cruda y proteína digestible en Amaranto (Amaranthus spp), natural, comercial (reventado) y tostado.

3.2 Hipótesis

- Se estima que las tres presentaciones de Amaranto (Amaranthus spp) que se probarán en grano o natural, tostado y comercial o reventado, muestren diferentes niveles de digestibilidad.

IV REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen y distribución

De Candolle, (1983) y Merrill, (1950), indican que las especies para producción de grano del género *Amaranthus* han sido cultivadas desde tiempos inmemoriales en el Sur de Asia y probablemente son originarias de este lugar, sin embargo, no existen muchas evidencias que respalden esta afirmación.

Por el contrario Grubben y Sloten, (1981), señalan que probablemente todas las especies para producción de grano del género *Amaranthus* son originarias de América, mientras que las especies para verdura son originarias de Asia y que se han formado centros secundarios de diversidad en las zonas productoras.

Feine, (1978), según Mapes, C., (1986), en relación con los móviles de selección se puede señalar que se observen diferencias importantes entre Eurasia y América. En Eurasia, los amarantos se domesticaron principalmente por su importancia como vegetales: en muchas regiones de la India, China, Japón, las Indias Orientales y en el Pacífico, estos han sido los vegetales preferidos. Se han cultivado por cerca de 2,000 años y a la fecha se han desarrollado muchos cultivares, algunos de hojas brillantemente coloreados.

Sauer, (1977), indica que de acuerdo a las evidencias arqueológicas encontradas confirman el origen americano de las especies cultivadas para grano, ya que, las hojas y semillas del género *Amaranthus* fueron utilizadas por los habitantes de América Prehistórica, mucho antes del proceso de domesticación de estas plantas.

Mac Neish, 1964, citado por Espitia R. E. (1986) indica que en las excavaciones realizadas por los indígenas ya cultivaban esta planta durante la fase Coxcatlán (5200 a 3400 a.c.), lo cual quiere decir que la domesticación del amaranto tuvo lugar en la misma época que la del maíz.

Según Grubben, (1975), Grubben y Sloten, (1981), señalan que el *Amaranthus cruentus* L., se considera como una especie para la producción de grano, es originaria de América Central, probablemente de Guatemala y sureste de México, donde se cultiva y se encuentra ampliamente distribuida.

Grubben, (1975), Grubben y Sloten, (1981) y Hunziker, (1952), citados por Espitia R. E. (1986), exponen que el *Amaranthus caudatus* es otra especie para la producción de grano; es de día corto y se adapta mejor que las otras especies a bajas temperaturas; es originaria de los Andes y de aquí se distribuyó a otras zonas templadas y subtropicales.

Sauer, (1950 y 1977), indica que Amaranthus hypochondriacus es otra especie para producción de grano y es originaria de México, observar que aquí se le cultivaba desde el tiempo de los aztecas, actualmente se sigue cultivando y se encuentra ampliamente distribuida en México, ver Figura 1, también se cultiva en los Himalayas, en Nepal y en el sur de la India donde se han formado centros secundarios de diversificación.

Sauer, (1950), recopiló información con respecto al amaranto ubicando su origen, indiscutiblemente, en el Continente Americano.

Sauer, (1967), sitúa con más precisión su origen en el suroeste de Estados Unidos de América y norte de México. Existen indicios de que tribus de esas zonas cultivaban el amaranto para alimento; posteriores migraciones trasladaron el cultivo hacia la Mesa Central, donde alcanzó su mayor relevancia. En Arizona, USA se encontraron semillas e inflorescencias bien preservadas en Tonto National Monument, región que estuvo ocupada por los indios Salado. Existen indicios de que el cultivo puede haber persistido en esta región hasta años recientes.

Stevenson, (S.A.), encontró como resultado de sus exploraciones que los indios hopi de Arizona lo usaban en su

alimentación así como también los indios suñiz de Nuevo México. Russell, 1908, citado por Sauer, (1967), reporta su cultivo por los indios pimas.

El explorador Falmer menciona cultivos del pseudocereal en el suroeste de Estados Unidos de América, donde viven los indios pahuates: Powell, en 1870, coleccionó semillas en Arizona (Hunziker, 1943).

En varios lenguajes de los indios del noroeste de México el mismo cultivo fue llamado con algunas variantes de la palabra guegui. El grano fue usado también por los españoles aunque de manera limitada en forma parecida al maíz. Los indios mayo, warihio y tepehuanes cultivaron Amarantus hypochondriacus en sus regiones bajo los nombres de guegui, huautli, bledo o sus variantes.

Sauer, (1967), menciona que en la Mesa Central de México el Amarantho fue uno de los granos mayormente cultivados como alimento en los tiempos anteriores a la Conquista. Entre los Aztecas y sus vecinos el grano tuvo además gran importancia religiosa.

4.2 Taxonomía del género Amaranthus

Feine et al., (1979), citado por Alejandre, I. G. y Gómez

L. F., (1986), dice que la familia Amaranthaceae está compuesta de 60 géneros y alrededor de 800 especies. Todos los amarantos de grano son hierbas anuales.

Sauer, (1950 y 1967), comenta que la clasificación taxonómica del género *Amaranthus* ha sido difícil, debido a que se han considerado para tal efecto características como la pigmentación, la cual segrega demasiado dentro de las poblaciones, el tamaño de la planta que está ampliamente influido por la longitud del día y otras variables ambientales; cabe mencionar que la planta de amaranto es tremendamente plástica. Debido a esto se han buscado otros caracteres más constantes que faciliten la identificación de las especies, tal es el caso de la forma y proporciones de las partes de la flores pistiladas.

Sauer, (1950, 1967), Walton, (1968) y Pal, (1972) citados por Espitia, R. E., (1986), indican que el género *Amaranthus* ha sido clasificado por varios autores basandose en la estructura floral. Dentro del género *Amaranthus* se reconocen dos secciones: la *Amaranthus* y la *Blitopsis*.

Sauer, (1950), menciona que las plantas de la Sección *Amaranthus* normalmente tienen una inflorescencia terminal compuesta. Las unidades básicas de esta inflorescencia son glomérulos: una flor estaminada inicial y un número indefinido

de flores pistiladas, las cuales se encuentran sobre un eje carente de hojas llamadas espigas.

Sauer, (1950), comenta que la estructura floral básica para ambas secciones es un dicasio llamado comúnmente glomérulo. Una flor estaminada inicial es seguida por un número indefinido de flores pistiladas. Los glomérulos están sobre un eje carente de hojas y forman una panícula compleja llamado técnicamente tirso. Antes de la emergencia de los estambres, los pistilos dentro de un glomérulo dado son receptivos al polen.

El tamaño de la hoja varía bastante entre y dentro de las especies. También es profusa la variación del color que es desde un verde oscuro a magenta. Las inflorescencias varían también como en las plantas mismas de un color verde o beige, rojo o púrpura.

Sauer, (1967), comenta que la Sección *Amaranthus* incluye especies que se consideran generalmente entre los tipos de grano, incluyendo los amarantos coloridos tipos para hortaliza, los ornamentales y las malezas comunes. Esta sección incluye las especies *A. cruentus*, *A. caudatus*, *A. hypochondriacus* y *A. edulis*.

Los nombres que diferentes autores les 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 (National Academy of Sciences, 1975).

Pal, (1972) y Grubben, (1976), citados por Espitia R. E. (1986), mencionan que la sección Blitopsis tiene flores de crecimiento determinado, axilares y en dado caso, que exista una inflorescencia terminal, esta es muy pequeña. Las flores normalmente son bímeras o trímeras con un utrículo de dehiscencia irregular. La sección blitopsis incluye las especies para verdura A. gangeticus, A. tricolor y A. blitum.

TAXONOMIA

Reino	Vegetal
División	Embryophyta Siphonograma
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledonae
Subclase	Archicloromidae
Serie	Centrospermae
Familia	Amaranthaceae
Género	Amaranthus
Especie	Hypochondriacus y otras (ssp)

4.3 Características botánicas del género Amaranthus

Según Bailey, (1914), citado por Alejandro I. G. y Gómez L. F., (1986), el género amaranthus comprende hierbas anuales procumbentes erectas, con hojas simples, alternas, enteras y largamente pecioladas.

Plantas generalmente matizadas con un pigmento rojizo llamado amarantina, algunas formas cultivadas son intensamente coloreadas. El color se manifiesta desde las primeras etapas de crecimiento de las plántulas, poco después de la germinación.

Las unidades básicas de la inflorescencia son los llamados glomérulos; cada uno consiste en una flor estaminada inicial y un número indefinido de flores femeninas. Los glomérulos están agrupados en un eje sin hojas para formar complejas inflorescencias llamadas técnicamente tirso.

El eje principal de la inflorescencia es usualmente ramificado. La longitud y número de esas ramas, con su ángulo y el eje principal, determinan la forma de la inflorescencia.

Las flores son unisexuales, en plantas monoicas o dioicas, en densos racimos cimosos situados en las axilas de las hojas y en algunas especies en tirso terminal densos, sin hojas. Cada dicasio lleva una bráctea persistente de punta espinosa;

sépalos libres 3-5 y estambres 3-5, en flores estaminadas; 0-5 en flores pistiladas, ramificaciones del estilo 3, plumosas. La femenina forma un utrículo circunsésil simple e indehiscente. Semilla lenticular blanca o café oscura, con el embrión enrollado alrededor de un endospermo amiláceo.

4.4 Características botánicas de *Amaranthus hypochondriacus*

También se le ha conocido como *A. leucocarpus* S. Watson; debido a la denominación errónea, Watson la llamó más tarde *A. leucospermus*. Otros autores, como M. Martínez, (1986) y el Dr. W. E. Safford, le llamaron posteriormente *A. paniculatus* L. variedad *leucocarpus*.

Alejandro I. G. y Gómez, (1986), definen al *Amaranthus hypochondriacus* como una planta herbácea anual de 1.5 a 2 m. de altura, tallo ramificado desde la base y marcado con estriás longitudinales, hojas largamente pecioladas y ovadas que miden aproximadamente 15 cm de largo y 10 cm de ancho, inflorescencias en panículas terminales o axilares muy ramificadas de aproximadamente 50 cm de largo.

Flores en panículas terminales o axilares hasta 50 cm de largo, muy ramificadas, con numerosas flores rojas o púrpura de 4 a 5 mm, masculinas unas y femeninas otras. El fruto es una cápsula pequeña que se abre transversalmente y contiene una

sola semilla blanca, lisa brillante, ligeramente aplanada y del tamaño de un grano de mostaza. En la Cuenca de México se cultivan dos variedades de esta especie: la morada y la blanca.

La primera presenta espigas color rojo o púrpura y el borde de las hojas algo rosado; la blanca tiene espigas de color verde claro y hojas de color uniforme. En cuanto al tallo y semilla, no hay diferencia apreciable.

Murray, (1940) y Grant, (1959), citados por Granados, S. D. y López. R. S.F. (S.A.), describen la biología de la polinización y floración en los siguientes términos. Se poliniza principalmente por el viento aunque presentan inflorescencia de colores muy intensos y son visitadas ocasionalmente por las abejas. Los amarantos y sus especies cercanas son monoicos y autofértiles. La disposición y secuencia de las flores unisexuales prefieren una combinación de autopolinización y polinización cruzada. Cada una de las cimas de la inflorescencia se inicia por una flor estaminada simple, seguida por un número indefinido de flores pistiladas, a menudo "sobre" cien. Los estigmas de las primeras flores pistiladas son receptivas antes de que las flores estaminadas se abran; más tarde las flores pistiladas se desarrollan, después de que las flores estaminadas son separadas. Sin embargo cimas diferentes se presentan en cada inflorescencia indeterminada y transfieren polen entre ellas, más común

probablemente por si mismas que por fertilización cruzada.

Sánchez M. A., (1980), establece que en el Estado de México se distinguen tres variedades comunes, botánicamente no bien establecidas, denominadas vulgarmente cacahuacentli, "ojo de pájaro" y cuitlacoche. La primera produce semillas blancas, más grandes y de mejor calidad. La segunda, semillas café pardas mezcladas con blancas y la tercera semillas negras. Esta última es la menos estimada a causa de su poco rendimiento y menor tamaño. En realidad las tres variedades pueden reducirse a sólo dos: la blanca y la roja.

4.5 Características agronómicas

Alejandro I. G. y Gómez L. F., (1986), en sus trabajos realizados señalan como características agronómicas más importantes de Amaranthus hypochondriacus, la altura de planta, longitud y perímetro de panoja y el rendimiento, de acuerdo al Cuadro No. 1.

Cuadro 1. Características agronómicas de Amaranthus hypochondriacus

Altura	1.77 mt
Longitud de panoja	0.95 mt
Perímetro de panoja	0.42 mt
Rendimiento K/Ha	2,254 kg/ha

Con respecto a la densidad de población se encontró que la más rentable son 60,000 plantas/hectáreas, que relacionado con la cantidad de fertilizante empleado, se observó que la mejor formulación es la 30-60-00 lo cual produjo las mejores relaciones económicas de rendimiento.

Harwood, (1977), citado por Alejandre, I. G. y Gómez, L. F. (1986), menciona que el amaranto tiene una morfología extremadamente plástica. Se ajusta rápidamente su tamaño, forma y niveles de producción a las limitaciones ambientales, sobre todo a la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Así mismo reporta que el amaranto puede tolerar un amplio rango de condiciones de suelo. Puede crecer en suelos muy ácidos con alto contenido de aluminio, así como también en suelos salinos. La producción puede mantenerse sobre suelos que fluctúan desde textura gruesa hasta textura fina.

Para este cultivo es común la utilización de suelo arenoso

y arenoso cascajo, ya que tolera suelos deficientes y perturbados. No obstante, como es un cultivo agotador, es necesario la rotación de cultivos, el descanso del suelo o la fertilización del mismo.

Plagas y enfermedades

Espitia R. E., (1986), de acuerdo a sus investigaciones realizadas menciona como plagas:

Barrenadores del tallo

Las larvas de este insecto hacen galerías en la base del tallo, impidiendo la traslocación de sustancias nutritivas provocando debilitamiento de la planta.

Grubben, (1975), describe esta plaga y menciona que al presentarse un ataque severo afecta el rendimiento hasta en un 25%. Esta plaga pertenece a la especie Lixus truncatulus F. (Coleóptera: Curculionidae), sin embargo, se detectó otro barrenador del tallo el cual no ha podido ser identificado.

La larva de este insecto hace galerías a lo largo del tallo, llegan^{do}se a encontrar hasta el ápice de la inflorescencia. De esta plaga pueden encontrarse 20 o más larvas por planta. Este ataque no presenta sintomatologías,

pero en casos severos llega a quedar completamente hueco el tallo dando motivo a que se presente un alto porcentaje de acame, en otros casos la planta se marchita y muere. El grado de infestación en ocasiones puede ser arriba del 80% de plantas dañadas.

Pulga saltona

El estado larval de este insecto causa el daño principal; se le encuentra en los ápices de crecimiento, se alimenta de hojas jóvenes, los cuales al crecer reducen el área foliar disminuyendo el rendimiento.

Esta plaga pertenece a la especie Disonychia melanocephala Jacoby (Coleóptera: Chrysomelidae).

Chinche Lygus

Daña el follaje, el adulto hace una serie de punciones en las hojas jóvenes, el daño principal es que los adultos se alimentan de las semillas tiernas provocando su absorción.

Esta plaga es de la especie Lygus lineolaris P. de Beau (Hemiptera Miridae), existen reportes que en varias partes del mundo es un problema serio para el amaranto. En México se le encuentra en todas las zonas productoras.

Gusano verde

Es una larva de color verde de un Lepidóptero; se encuentra en el primordio floral encerrado en hojas superiores, las cuales están sujetas con una telaraña que produce. Impide el desarrollo normal de la panoja, debido a que en ocasiones troza parcial o totalmente, el ápice de crecimiento.

Pulgón negro

Este pulgón ataca directamente a las panojas, pertenece a la especie Aphis fabae Scop.

La planta del amaranto es muy succulenta y por lo tanto muy atractiva para los insectos. Si se requiere lograr un mayor desarrollo del cultivo, desde el inicio deben tomarse precauciones.

Enfermedades

Pudrición del cuello

Esta enfermedad se presenta cuando la humedad del suelo es alta. Se inicia con la pudrición del cuello extendiéndose luego a la raíz; el follaje se torna clorótico, posteriormente sobreviene un marchitamiento general de la planta y en la

mayoría de los casos la muerte.

La especie de A. caudatus es altamente susceptible a esta enfermedad, A. cruentus y A. hypochondriacus son un poco más tolerantes, debido tal vez a que estas últimas tienen la propiedad de producir raíces adventicias que les permiten sobrevivir a esta enfermedad en algunas ocasiones.

Se realizaron cultivos de tejidos enfermos y se logró aislar un complejo de hongos formados por Fusarium spp., Rhizoctonia sp y Pythium spp. Esta enfermedad causa grandes daños en el cultivo.

Enverdecimiento de la panoja o crecimiento secundario

Esta se presenta cuando la planta está llegando a la madurez, la panoja en lugar de secarse se enverdece nuevamente e inicia un segundo crecimiento, las brácteas y los tepales se convierten en pequeñas hojas y aún el utrículo se elonga y forma una especie de bolsa, el grano se reabsorbe. Este segundo crecimiento no es sólo en la inflorescencia, también se tiene elongación de ramas y aparecen nuevos brotes laterales.

Se piensa que el motivo de este disturbio es por alguna característica propia de la planta, que le permite responder a condiciones de humedad, luz y temperatura propios para su

crecimiento no es solo en la inflorescencia, también se tiene elongación de ramas y aparecen nuevos brotes laterales.

Esto se confirma con el hecho de que este fenómeno se presentó en plantas sembradas en febrero y cuya maduración coincidió con la época de lluvias.

Se tiene otra enfermedad de menor importancia, pero que en un momento dado podría alcanzar mayores proporciones, es un achaparramiento de la planta, acompañado por arrosamientos y clorosis de las hojas. No se conoce aún el agente causal, aunque por la sintomatología parece ser un micoplasma, sin embargo, habrá que confirmarlo.

Otra enfermedad es la roya blanca causada por Albugo bliti; lo cual indica que en México existen las condiciones necesarias para su desarrollo.

4.6 Sistemas de producción para el cultivo del amaranto

Sistemas de producción

En las actuales regiones productoras se distinguen básicamente dos sistemas de producción uno que se conoce como trasplante utilizado en la región de Tulyehualco, D. F.; este

sistema se ha usado desde los aztecas ya que está muy relacionado con el sistema de producción en chinampas. El otro, es el sistema de siembra directa que se utiliza en el resto de las regiones productoras con algunas variaciones entre ellas, pero básicamente es el mismo. A continuación se hace una breve descripción de ambos.

Sistema de trasplante

Siembra

Se prepara un almácigo en la chinampa; se hace una zanja de 2 m de ancho por 10 m o más de largo y 20 cm de profundidad, se llena de lodo del fondo de los canales, se deja secar por uno o dos días y luego se corta en cuadritos de 3 x 3 ó 5 x 5 cm llamados chapines. En cada chapín se siembran de 5 a 8 semillas en un orificio de 0.5 a 1 cm al centro, la semilla se cubre con tierra y en ocasiones con estiércol. Se riegan las plántulas cada tercer día y así permanecen hasta que alcanzan unos 20 cm de altura o cuando han pasado de 20 a 30 días.

La fecha de siembra en el almácigo se hace alrededor de 30 días antes de que inicien las lluvias, de manera que cuando la planta esté lista para el trasplante, el terreno definitivo esté húmedo.

Trasplante

En cada chapín se dejan 3 ó 6 plántulas y se llevan al lugar definitivo en cajas cuidando de no maltratar las plantas.

En el terreno previamente barbechado, se hacen surcos de 1 m de distancia y se coloca un chapín cada metro de manera que queden de tres a seis plantas por cada metro cuadrado.

Fertilización

Luego de 15 ó 20 días después del trasplante se hace la fertilización que puede ser con abono orgánico o bien con fertilizante químico. Los abonos orgánicos más utilizados son el estiércol de bovinos y gallinaza; cuando la fertilización es química se utilizan los fertilizantes y fórmulas que aplican en el maíz.

Labores de cultivo

Al mismo tiempo que la fertilización, se hace el primer cultivo para arrimarle tierra a la planta.

El segundo cultivo se efectúa a los 30 ó 40 días después del trasplante o cuando las plantas alcanzan alrededor de 1 m

de altura. Los cultivos sirven para arrimarle tierra a las plantas, así como para eliminar las malezas.

Cosecha

En Tulyehualco transcurrieron aproximadamente seis meses desde la siembra hasta la cosecha. Esto es debido a que en esta región se cultiva la especie A. hypochondriacus que es de ciclo vegetativo largo.

Para realizar la cosecha cortan los tallos casi desde la base o únicamente las panojas, las dejan en el campo por dos o tres días para que se sequen. Cuando se han secado se golpean las panojas tomándolas por los tallos para separar las semillas, se pasan por una criba y luego se ventean para limpiarlas.

Bajo este sistema se obtienen rendimientos promedios de 1000 a 1200 kg/ha.

Sistema de siembra directa

Preparación del terreno

El terreno donde se va a sembrar no debe haber sido sembrado uno o dos años antes con amaranto.

Para la preparación primero se hace un barbecho y un rastreo; en caso de que el suelo sea muy pesado se da un segundo rastreo cruzado, esto cuando se cuenta con tractor, los agricultores que trabajan con yunta generalmente sólo hacen un barbecho.

Siembra

Se hacen los surcos de 60 ó 70 cm de distancia, en Huaquechula, Pue., Huazulco y Amilcingo, Mor., se dan dos pasadas en el mismo surco, de tal manera que queda una pequeña zanja en el lomo del surco y es aquí donde se deposita la semilla a chorrillo o mateada.

En San Miguel del Milagro, Tlax., se surca a 90 cm y se siembra mateado, poniendo de 10 a 15 semillas por mata. La semilla se cubre con un poco de tierra, pero algunos agricultores opinan que es mejor cubrirla con estiércol para evitar problemas de encostamiento.

Aclareo

A los 20 o 25 días de la siembra se hace un aclareo; cuando se siembra a chorrillo se deja una planta cada 8 ó 10 cm, pero si es mateada se dejan tres plantas por mata.

Fertilización

La fertilización generalmente es química, la aplicación se hace fraccionada, una parte se aplica a la siembra utilizando como fuentes de sulfato de amonio o urea y superfosfato de calcio simple; las dosis son muy variables.

La segunda aplicación se hace a los 40 o 45 días después de la siembra aplicando las mismas fuentes y dosis de la primera fertilización.

Labores de cultivo

El primer cultivo se hace después del aclareo aproximadamente a los 30 días de la siembra, para arrimar tierra a las plantas y eliminar malezas.

El segundo cultivo se hace simultáneo a la segunda fertilización o sea a los 40 o 45 días después de la siembra. Si con los cultivos no se logra eliminar por completo las malezas se dá una deshierbada a mano.

Cosecha

En San Miguel del Milagro, Tlax., y Huaquechula, Pue., la duración del ciclo vegetativo es de alrededor de 180 días, va

que en estos lugares se siembra la especie A. hypochondriacus, mientras que, en Huazulco y Amilcingo, Mor., la cosecha se realiza a los 160 días debido a que aquí se siembra exclusivamente A. cruentus que es de ciclo vegetativo más corto.

Para la cosecha se cortan únicamente las panojas y se ponen sobre mantas o petates, se dejan secar uno o dos días y luego se trillan golpeando las panojas, haciendo que los caballos o burros pisen las espigas; finalmente una manera más fácil de trillar es dar varias pasadas con el tractor o camioneta sobre las panojas.

La semilla se limpia por medio de cribas, primero se pasa por una criba grande y luego por otra más pequeña ayudándose con el viento o con un soplador. Bajo este sistema de producción se obtienen rendimientos de 1800 a 2000 kg/ha.

4.7 Importancia nutricional del Amaranto

González, M. (1992), señala que el Instituto Nacional de Nutrición (I.N.N.) en los últimos años ha comprobado la alta calidad y cantidad de proteínas que contiene el amaranto, lo que llama la atención de especialistas en alimentos.

Sin embargo aún es escasa la información sobre la

composición de las diferentes partes de la planta y de las distintas especies; pero como generalidad el I.N.N. informa que cada 100 gramos de semilla de amaranto contienen 3 gramos de nitrógeno, entre 3 y 6 gramos de fibra cruda; de 3 a 4 gramos de cenizas y 370 kilocalorías.

En cuanto a proteínas cada 100 gramos de amaranto proporciona entre 13 y 17 gramos de proteínas, un nivel mayor que el de los cereales pues contiene más del doble de proteínas que el maíz y que el arroz y 60 a 80 % más que el trigo.

El amaranto también contiene mucho sodio, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, manganeso, níquel y hierro.

En cuanto a las vitaminas, los amarantos contienen tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C. Las hojas de amaranto se pueden comparar con acelgas, espinacas y coles por su contenido en proteínas, calcio y vitaminas.

Recientes investigaciones indican que el amaranto puede ser una valiosa alternativa para personas que necesitan llevar una dieta baja en proteínas animales.

Por lo pronto en el I.N.N. siguen las investigaciones, pues se pretende volver a utilizar a gran escala el amaranto especialmente en el área de panificación, galletería, pastas,

embutidos y alimentos infantiles.

En nuestro país la semilla de amaranto es quizá la mejor fuente de proteína vegetal que puede obtenerse en condiciones de temporal.

La calidad y proporción de los aceites en la semilla incrementan su valor nutritivo por contener ácido oleico 34 a 38 %, ácido linoléico 30 a 33 % y linolénico 6 a 72 %, además de palmítico y esteárico, de un total de 4 a 8 % de grasa cruda.

La proporción de vitaminas en la semilla es apreciable; tiamina 0.25 y riboflavina 0.29 mg/% respectivamente; pero sobre todo ácido ascórbico 2.1-2.8 y niacina 1.1-1.3 mg respectivamente.

La digestibilidad de las semillas, harinas y fracciones proteínicas y amiláceas es muy alta (80 a 92% según sea el caso).

Las semillas son particularmente ricas en calcio, fósforo y magnesio, contienen aceptables cantidades de cobre y otros minerales.

4.7.1 Formas de consumo

Singh, (1961), citado por Espitia, R. E. (1986), comenta que en Asia, principalmente en la India y Nepal se formó un centro secundario de diversidad de las especies para producción de grano, por consiguiente también se tienen varias formas de consumir el amaranto, las más importantes son llamados patties; se consume en un platillo denominado phambra, el cual contiene arroz, hojas tiernas de mostaza y amaranto. La forma de consumo más importante son los laddos, que son unas esferas de semilla de amaranto reventadas y mezcladas con dulce de leche en esta forma se consumen la gran mayoría de la producción de amaranto.

Hunziker, (1952), citado por Espitia, R.E. (1986), dice que en Sudamérica el amaranto es comido en forma de pinole, en forma de harina de diferentes platillos y en Argentina se elabora un platillo denominado "tulpo de chachá" preparado con amaranto cocido, cebolla verde y otros condimentos. También es hervido con leche y azúcar para comerlo como desayuno.

a) Uso general del amaranto

Lutz, R. y Berkeley, CA. (1986), mencionan que existen varios usos para amarantos de grano en las Américas, siendo los más comunes como cereal y como quelite. Se le usa también como

colorante de comida, ornamento, forraje animal y para usos medicinales y rituales.

b) Uso como cereal

Dentro del amaranto se tienen dos excepciones notables, en los tipos cultivados para usos como cereal fueron siempre de semilla blanca.

El método más común de preparar la semilla blanca para consumo es tostarla. Se le tuesta sin aceite. Los informantes pusieron énfasis en el hecho que la semilla se quema fácilmente, entonces recomendaron mucho cuidado.

La semilla tostada se come sola, o en un dulce, mezclándole miel. Se come la semilla tostada para el desayuno o como un bocadillo. El dulce es vendido como golosina, y representa el uso comercial primario del amaranto. Lo que aquí se conoce como "alegría", en Guatemala se llama "nigua" y en el Perú, "turrón".

La semilla tostada es también molida para hacer una harina. La harina se come sola (una práctica común en áreas andinas), o mezclada con agua o leche en atoles y mazamoras. En algunas localidades, la harina del amaranto se usa pura o mezclada con otras para hacer pasteles.

En el norte de Argentina, el método principal de preparar el amaranto es hirviéndolo. Primero, la semilla se muele en un molinito de piedra para pelarla. Posteriormente se le enjuaga para sacar las cascaritas y se remoja durante la noche. Después de remojar, se le hierve con leche o con papas, jitomates, cebollas, ajo y hierbas culinarias en un guiso. Los informantes describían la semilla molida como parecida a la semolina. Desgraciadamente, ninguna persona que encontramos en Argentina come el amaranto hoy. Todos lo recordaron con una nostalgia muy intensa y sorprendidos al notar que este cultivo se había "perdido".

Encontramos la semilla negra usada como un cereal solamente dos veces. En un área de la provincia de Chimaltenango en Guatemala, la semilla se remoja durante la noche, y después se muele para hacer una masa. La masa se mezcla con azúcar y se cocina en hojas tiernas de maíz para hacer tamalitos. En el otro caso, encontramos un informante afuera del Cuzco, Perú, tostaba la semilla negra y la molía para hacer una harina, que comía para el desayuno. Este informante decía que no conocía un tipo de semilla blanca.

En el área de Ayacucho, Perú, un centro principal del cultivo de amaranto, las semillas del amaranto se fermentaban con otros cereales para hacer chiocha de siete semillas.

c) Usos como verdura

Las hojas de amaranto cultivados para usos como cereal son raramente usadas como verdura. Las especies domesticadas de semilla negra son a veces sembradas para uso vegetal, pero en la mayoría de los casos dejan crecer la planta en forma silvestre. Estas plantas "voluntarias" no eran distinguidas de amarantos-malezas, ni de híbridos de malezas y amarantos domesticados. Los quelites del amaranto son cosechados después de las lluvias. Son hervidos en agua, escurridos y después fritos en manteca con papas, jitomates, chiles, ajo o cebolla. El agua en que hierven los quelites es considerada como un tónico para la sangre, un atributo que recurre en los usos medicinales de la inflorescencia del amaranto.

d) Uso como colorante de comida

Alrededor de Cajamarca en el norte de Perú y en todo Ecuador Andino, el *A. quitensis* es cultivado para uso como colorante de comida. La inflorescencia de semillas negras, que es de un color rojo oscuro, casi morado, es hervida en agua, tornandola roja. El liquido es usado para dar color a bebidas y mazamoras.

e) Usos medicinales

Preparaciones del grano del amaranto son consideradas "comida muy fuerte mejor que gallina". Papillas y potajes hechos de harina de amaranto como comida excelente en infantes y enfermos para fortalecerlos. El padre de una informante acostumbrada a decir: "No soy débil pero quiero mi quina" (amaranto). "El atole de amaranto es un remedio para la diarrea". En Bolivia, herbalistas O'llahuaya vendían semillas de A. quitensis solas o con otras hierbas son tomadas para problemas del corazón, acné y dolor de cabeza. Pero el uso medicinal principal es como un emenagogo. En general, una infusión del A. quitensis es considerado como excelente purificante de la sangre.

f) Uso como forraje animal

El amaranto es más comúnmente usado como forraje para aves, las cuales requieren un nivel alto de proteína en su alimentación. El amaranto es algunas veces cultivado específicamente para este fin, a continuación se presentan productos elaborados con partes de la planta del amaranto

Cuadro No. 2.

Cuadro 2. Elaboración de productos con la planta de amaranto

Productos	Usos principales
<u>Crudos</u>	
Hoja entera	Sopas, ensaladas, estofados concentrados proteínicos
Planta entera	Forrajes, concentrados proteínicos
<u>Cocidos</u>	
Inflorescencia	Estofados, guisos diversos
Hoja	Sopas, estofados, productos instantáneos, snacks
Tallo y planta entera	Complemento alimenticio, concentrado proteínico
<u>Encocidos</u>	
Hoja	Alimentos infantiles, alimentos de humedad intermedia
Tallo	Suplemento mineral

Fuente: Subramanian, N.; Rodríguez, M.S. 1986

V MATERIALES Y METODOS

5.1 Localización y descripción del área

El presente trabajo se realizó en los terrenos de la Facultad de Agronomía, Predio Las Agujas, Municipio de Zapopan, Jalisco, que limita al norte con Ixtlahuacán del Río, al oriente con Guadalajara, al sureste con Tlaquepaque, al sur con Tala, Amatitán y Arenal al poniente; con una latitud de 20°43' N, una longitud de 103°04' W y una altitud de 1580 m.s.n.m., Figura No. 2.

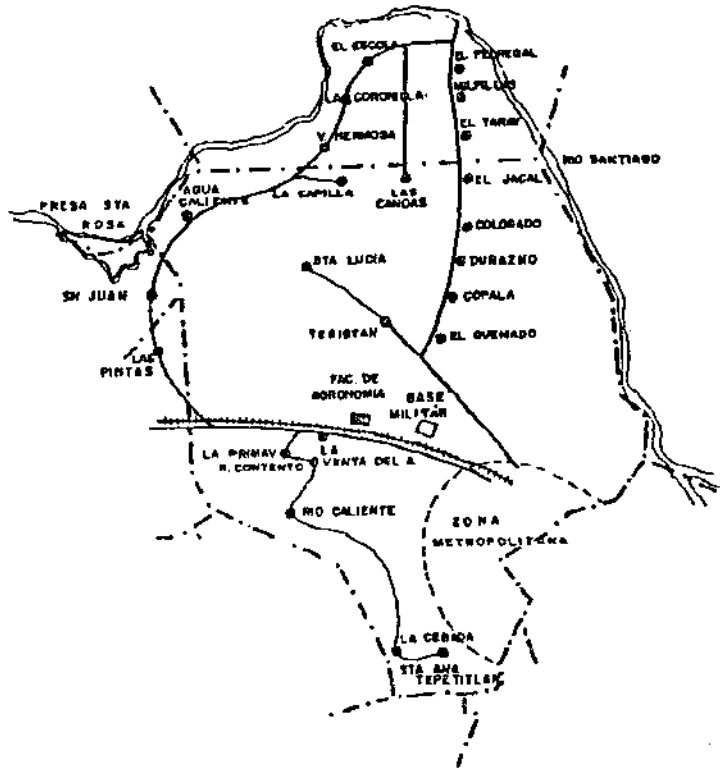
Clima

Para el Municipio de Zapopan se tiene registrada una temperatura media anual de 23.5°C con una precipitación pluvial de 942.2 mm anuales; los meses de verano o temporada de lluvias son julio, agosto y septiembre. Con un clima según la clasificación de Köppen A wD(w) (e)g. cálido el más seco de los subhúmedos con oscilación invernal definida en un 50%. Semiseco con invierno y primavera seco, semicálido con estación invernal benigna otro 50%.

Suelo

El suelo de acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO es un

ZAPOPAN



SIMBOLOGIA	
LIMITE MUNICIPAL	-----
LIMITE DE LA Z.M.	-----
CARRETERA PAV.	—————
TERRACENIA	—————
VIA DE FF.CC.	——+——

FIGURA 2 UBICACION DEL AREA DE TRABAJO
 ■ FAC. DE AGRONOMIA

regosol eútrico, con textura media, mayor de 30 cm de profundidad, el material del cual se derivan estos suelos, tuvo origen en las emisiones del volcán Nejahuete, por lo que presenta en su constitución pequeños fragmentos de cenizas y arenas volcánicas, estas se consolidan para formar tobas.

Geología

Esta constituido principalmente por rocas extrusivas ácidas, tales como la pomez la que cubre la mayoría del Municipio.

Hidrografía

El Municipio cuenta con diez arroyos y varios ríos, siendo de importancia el Río Grande de Santiago y dos que se localizan en el Bosque La Primavera, siendo el Río Caliente y el Salado.

3.2 Materiales

Los materiales químicos y la semilla utilizada tanto en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Agronomía como en el de la Empresa de Especialidades Químicas para la determinación de proteína cruda en alimentos son:

Semilla de A. cruentus 25% e Hypochondriacus 75%

proveniente de un ensayo preliminar para determinar los requerimientos agronómicos del cultivo, realizado por el Ing. José Pablo Torres Morán en el año de 1989.

- A) Acido sulfúrico.- 93 a 98%, libre de nitrógeno
- B) Oxido de mercurio o mercurio metálico.-(HgO o Hg) grado reactivo, libre de nitrógeno.
- C) Sulfato de potasio (ó sulfato radio anhidro).- grado reactivo, libre de nitrógeno.
- D) Solución de sulfuro ó tiosulfato.-Disuélvase 40 grs. de K_2S comercial en 1 litro de agua, (puede emplearse también una solución de 40 grs. de Na_2S u 80 gr de $Na_2S_2O_3$, en 5 ml de H_2O).
- E) Hidróxido de Sodio.-Tabletas o solución libre de nitrato. Para la solución en agua, enfriese y dilúyase a 1 lt. (la gravedad específica de la solución deberá ser igual o mayor que 1.36).
- F) Zinc Granalla.-Grado reactivo.
- G) Zinc polvo.-Polvo impalpable.
- H) Indicador de rojo de metilo.-Disuélvase 1 gr. de rojo de metilo en 200 ml. de alcohol.
- I) Solución standard de ácido sulfúrico o clorhídrico 0.5 N, ó 0.1 N, cuando la cantidad de nitrógeno sea pequeña.
- J) Solución standar de hidróxido de sodio.-0.1 N (u otra concentración cualquiera especificada).

- K) Solución de ácido sulfúrico conteniendo 1.25 gr. de H_2SO_4 por 100 ml.
- L) Solución de hidróxido de sodio conteniendo 1.25 gr. de NaOH por ml.
- M) Asbesto, lavadores con ácido fibra media o larga.
- N) Alcohol metílico 95%, alcohol isopropílico ó alcohol etílico 95% ether etil grado A.C.S. ó ether de petróleo de especificación A.C.C.S. H2-41.
- O) Emulsión "A" antiespuma de Dow Corning (para usarse diluida en una proporción de 1 a 4 con agua). Esto está también disponible como compuesto antiespumante.

El material empleado en el laboratorio de la Facultad como en el de la Empresa de Especialidades Químicas fue el siguiente para la determinación de fibra cruda:

- Molino para la preparación de la harina de Amarantho marca Tomás - Wiley.
- Tamiz de .5 ml.
- Matraces Kjeldahl de vidrio
- Tapones de hule
- Aparato para digestión de fibra cruda con condensador
- Vasos de precipitado
- Platos de ceniza, sílice vitrosil ó copos de porcelana

- Horno de mufla eléctrica
- Pirómetro
- Disecador
- Aparato filtrado de succión
- Aparato destinado a precalentar alcalis

5.3 Métodos

Fibra cruda es la pérdida mediante incineración del residuo del horno que queda después de la digestión de una muestra con ácido sulfúrico diluido e hidróxido de sodio diluido.

Las técnicas empleadas en cada una de las presentaciones de la semilla de Amaranto se realizaron de la siguiente manera:

- 1.- El Amaranto natural solo se molió para obtener un molido similar al de una harina.
- 2.- Con el Amaranto tostado se procedió ha humedecer la semilla por espacio de tres a cuatro horas, después se seca con una manta o se escurra dejándose reposar por un lapso de una hora. Inmediatamente se procede al tostado, efectuándose en una lámina de fierro (comal) a fuego lento moviéndolas constantemente en forma de S de manera que se doren uniformemente,

evitando que las semillas se vayan a quemar y poder lograr un amaranto tostado de olor y sabor agradable, de lo contrario si se deja más tiempo de lo necesario se puede obtener una semilla reventada como palomitas de maíz.

- 3.- Bressani, R., (1986), menciona que el amaranto comercial o reventado es una de las características interesantes de algunas variedades de grano de amaranto, es que al someterlos a un procesamiento térmico en seco, estos revientan, dando una estructura atractiva y funcional. Asimismo, parece que el sabor es más aceptable. Este proceso es el comunmente utilizado para producir la "alegría", el alimento que le dá identidad al grano de amaranto en México.

En laboratorio se emplearon los siguientes métodos:

- Se usó H₂SO₄ fresco, ó agreguese P₂O₅ seco para evitar la hidrólisis de los Cianatos y Nitritos. La relación de sal a ácido (peso: volumen) deberá ser aproximadamente de 1:1 al final de la digestión para un control de temperatura adecuado. La digestión puede ser incompleta con una relación menor: una relación mayor puede acarrear pérdida de nitrógeno.

Cada gramo de grasa consume 10 ml de H_2SO_4 , durante la digestión y cada gramo de carbohidratos consumirá solo 4 ml de ácido.

- Se coloca una muestra pesada (0.7 a 2.2 gr) en el matríz de digestión, añadiendo 0.7 gr de HgO ó 0.65 gr. de Hg metálico, 15 gr de K_2SO_4 , o Na_2SO_4 anhidro pulverizado y 25 ml de H_2SO_4 . Si se emplea una muestra mayor de 2.2 gr aumentese la cantidad de H_2SO_4 , a razón de 10 ml por cada gramo de muestra excedente. Coloque el matríz en posición inclinada y calientese generosamente hasta el cese de espumado (si es necesario, agreguese una pequeña cantidad de parafina para reducir el espumado); hiervase uniformemente hasta que se aclare la solución y después de esto, por espacio de 30 minutos o más (2 hrs para muestras que contengan materia orgánica).

Enfríese y añada 200 ml de agua, enfríese a menos de 25° , agregándose 25 ml de la solución de sulfuro o tiosulfato y mezclese para precipitar el Hg , incorpórese unos cuantos granitos de Zn para evitar sacudidas, inclínese el matríz y coloque una capa de $NaOH$ sin agitación. (por cada 10 ml de H_2SO_4 , usando, o su equivalente en ácido diluido, agreguense 15 gr de $NaOH$ sólido o suficiente solución para producir una reacción fuertemente alcalina). (la solución de

sulfuro o tiosulfato puede mezclarse con la solución de NaOH previo a su adición al matríz). Conéctese inmediatamente el matríz a la trompa sobre el condensador, con el extremo de este, sumergido en la solución de ácido standard con 5-7 gotas de indicador en el matríz de recepción, agítese dicho matríz para mezclar totalmente el contenido; en seguida calientese hasta que todo el NH_3 haya destilado (150 ml o más de líquido destilado). Retírese el matríz receptor, lavando el extremo del condensador y titúlese el exceso de ácido en la solución receptora mediante la solución valorada de NaOH. Corrijase con la determinación en blanco de reactivos.

$$\% N = \frac{(\text{ml ácido} \times N \text{ ácido} - \text{ml NaOH} \times N \text{ NaOH})}{\text{Gr Muestra}} \times 1,4007$$

Porcentaje proteína cruda: multiplíquese % N por 6.25, o en el caso de gramo de trigo multiplíquese por 5.70 gr.

Se extiende una capa delgada de asbesto en un plato para evaporización e incinere por 16 horas a $600^{\circ}C$ en un horno de mufla seguida de una digestión durante 30 minutos con ácido al 1.25% filtre y lave completamente con agua destilada y digiera de nuevo con solución alcalina al 1.25%, lave abundantemente con agua destilada para remover el ácido, seque e incinere por 2 horas a $600^{\circ}C$.

Los residuos de asbesto pueden ser reutilizados en subsecuentes determinaciones de fibra, se determina cualquier "Blanco" mediante la exposición de 1.0 g. de asbesto tratados con digestión de ácidos y alcalis; en el procedimiento de este método. Use la pérdida en peso para corregir los resultados de fibra cruda. El asbesto preparado como el de arriba puede dar un "Blanco" insignificante.

Preparación de la muestra

- 1o. Reduzca una muestra de 1,000 gr. usando un divisor u otro dispositivo a 100 gr. y colóquelo en un contenedor sellado para prueba de humedad, determine el contenido de humedad inmediatamente.
- 2o. Muela el residuo de la porción de 100 gr. obtenida arriba a través del molino de laboratorio para una finura uniforme.
- 3o. La mayoría de los materiales pueden perder humedad durante el proceso de molienda y la humedad puede ser determinada en la muestra molida al mismo tiempo que se hace la determinación de fibra cruda.
- 4o. Extraer 2 gr. del material molido con ether etílico ó ether de petróleo para remover la grasa. Transfiera el vaso de precipitado con 600 ml haciéndolo cuidadosamente para evitar la contaminación de la fibra con el papel ó el cepillo utilizados en el

proceso.

Nota: Si el contenido de la muestra es menor al 1% el paso de extracción puede ser eliminado.

- 5o. Agregue aproximadamente 1 gr. de los asbestos preparados 200 ml de ácido H₂SO₄ al 1.25% hirviendo y una gota del agente antiespumante diluido (este antiespumante puede dar resultados altos si es usado con exceso use solamente lo necesario para controlar la formación de espuma), pedecitos de alambre o granulos pueden agregarse para reducir el golpeteo si se desea.
- 6o. Coloque el vaso de precipitado y su contenido en el aparato de digestión con el plato caliente a la temperatura especificada, digiera a temperatura de ebullición por 30 minutos exactamente, rotando el vaso de precipitado periódicamente para evitar que cualquier material solido se adhiera a los lados.
- 7o. Remueva al término de los 30 minutos y filtre, usando ya sea el filtro modificado.
- 8o. Procedimiento usando el filtro
 - a). Con la succión funcionando invierte el filtro dentro del vaso de digestión con la cara del filtro solo abajo de la superficie del líquido. Mantenga el filtro en esta posición relativa

hasta que el líquido es completamente removido.

- b). Sin quitar la succión o levantar el filtro agregue 50 o 75 ml de agua hirviendo. Cuando este lavado se ha llevado a cabo, repite con otros 3 lavadores con 50 ml de agua.

Nota: Todos lo lavados hacerse rápidamente como sea posible para evitar que el material se seque.

- c). Cuidadosamente se remueve el filtro y deje drenar libremente toda el agua mediante el levantamiento arriba del nivel. Remueva el material y la digestión del filtro mediante interrupción de la succión y sople dentro del vaso de precipitado de digestión.
- d). Agregue 200 ml de hidróxido de sodio al 1.25% hirviendo y digiera por 30 minutos exactos a la temperatura específica en los puntos anteriores.
- e). Sin quitar la succión agregue 25 ml de H_2SO_4 al 1.25% en ebullición para un lavado inicial. Siguiendo con tres lavados de 50 ml de agua destilada (punto 5) y drene libremente el exceso de agua levantando el embudo. Coloque a través del filtro y lave con 25 ml de alcohol como un lavado final. Drene hasta la marca del filtro

para la succión y remueva el material soplado a través del filtro y se procede como se describe en el paso "7"

9o. Procedimiento utilizando el embudo Bucher modificado.

- a). Con el embudo Bucher montado sobre el matríz de succión funcionando, ponga el contenido completo del vaso de digestión (paso 7) dentro del embudo. Levante el vaso de precipitado con 50-75 ml de agua en ebullición y lave através del funnel, repita con tres lavados más de 50 ml y permita que el embudo seque.
- b). Remueva el material y la digestión mediante chasquear la parte superior mientras cubre el halo con el pulgar, el índice y coloque en el vaso de digestión original, agregue 200 ml de alcali al 1.25% en abullición y digiera por 30 minutos exactamente a la temperatura especificada.
- c). Remueva la digestión de alcali y repita la filtración como en el paso 6, para un lavado inicial utilice 25 ml de ácido al 1.25% en ebullición, enseguida lave 3 veces con porciones de 50 ml de agua destilada finalmente agregue 25 ml de alcohol, seque bien y remueva el material con digestión como se describe en el punto 9-b.

10. Coloque el material y el digestor en el plato de ceniza, seque a 130°C por dos horas, enfríe en un desecador y pese.

Incinere por 30 minutos a una temperatura de 600-15°C, enfríe en el desecador y pese de nuevo.

Cálculo de resultados

$$(A - B) \times 100$$

$$\% \text{ de fibra cruda en la muestra en bruto} = \frac{\text{-----}}{W}$$

Donde: A = La pérdida en peso de incineración.

B = La pérdida en peso de los asbestos en "Blanco".

C = Peso de la muestra.

Porcentaje de fibra cruda, deseada en base húmeda =

$$\% \text{ de fibra cruda} \times \frac{(100\% \text{ Húmeda})}{(100\% \text{ húmeda en muestra molida})}$$

Precisión

La precisión del método fue establecido usando el método ADCS ml 59, modificado mediante la eliminación de duplicados.

Cuatro muestras premoledas que variaron de 2 a 12% de fibra cruda fueron sometidas a revisión por doce colaboradores y 384 resultados obtenidos y calculados sobre una base límite de 95%.

Metodo Estadístico

Las hipótesis a probar son:

$$H_0 = M_1 = M_2 = M_3$$

$$H_a = M_1 \neq M_2 \neq M_3$$

El diseño experimental para probar dichas hipótesis fue el de Bloques Completamente al Azar, ya que el trabajo desarrollado se efectuó a nivel laboratorio en donde las variables se considera están más controladas.

Este diseño se aplicó a tres tratamientos (T_1 = Amaranto tostado; T_2 = Amaranto comercial o reventado y T_3 = Amaranto natural), con dos repeticiones cada uno, que aunque estaban planteadas nueve, los costos y la precisión de los datos fueron una limitante en este aspecto.

En caso de rechazar H_0 y por tanto aceptar H_a , se utiliza la prueba de Tukey para su comprobación.

VI RESULTADOS Y DISCUSION

Con los materiales y las metodologías empleadas, se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro No. 3

Cuadro 3. Porcentajes de proteína y digestibilidad obtenida en las presentaciones de amaranto probadas.

AMARANTO TOSTADO No. 1		AMARANTO COMERCIAL No. 2		AMARANTO NATURAL No. 3	
Proteína	16.09%	Proteína	16.54%	Proteína	14.64%
Digesti- bilidad	84.90%	Digesti- bilidad	86.39%	Digesti- bilidad	84.76%
REPETICION No. 1		REPETICION No. 2		REPETICION No. 3	
Proteína	16.09%	Proteína	16.16%	Proteína	14.20%
Digesti- bilidad	85.43%	Digesti- bilidad	84.14%	Digesti- bilidad	84.78%

Los porcentajes de proteína y digestibilidad, se sometieron al análisis de varianza, según lo indicado en la sección de metodología, los resultados se anotan en los Cuadros No. 4 y 5.

Cuadro 4. Análisis de varianza del contenido de proteína

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	2	4.3876	2.1938	38.94	0.0071
Error	3	0.169	0.0563		
Total	5	4.5566			

Cuadro 5. Análisis de varianza del contenido de digestibilidad

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	2	0.29443	0.147217	0.17	0.8528
Error	3	2.62825	0.876083		
Total	5	2.922683			

Para ambas variables (porcentaje de proteína y de digestibilidad), se obtuvieron coeficientes de variación aceptables, ya que sus valores fueron 1.5195 y 1.1001 respectivamente, lo cual se debe principalmente a que el experimento se llevó bajo condiciones del laboratorio.

Por otro lado los análisis de varianza muestran, que el porcentaje de proteína tiene diferencias, que se pueden

considerar como altamente significativas, pues la probabilidad de que esas diferencias se deban al azar es menor a 0.01.

En cambio para el porcentaje de digestibilidad, sus diferencias no son significativas, ya que la probabilidad de que se deban al azar es mayor a 0.05.

Al encontrar que en el porcentaje de proteína existen diferencias significativas se procedió a realizar la prueba de diferencias medias con el método de Tukey, considerando una α igual a .05 y con un valor del rango estudentizado igual a 5.998, obteniendo el siguiente agrupamiento estadístico de medias, Cuadro No. 6.

Cuadro 6. Diferencia de medias de la variable porcentaje de proteína

Tratamiento	Media	Agrupamiento
Amaranto reventado	16.35	A
Amaranto tostado	16.09	A
Amaranto natural	14.42	B

Del cuadro anterior se observa que los mejores tratamientos relacionados con el porcentaje de proteína son el del Amaranto reventado y tostado, lo cual se puede deber a que el procesamiento térmico al que se somete el amaranto puede

provocar una liberación de polipeptidos, péptidos y de fracciones nitrogenadas no proteicas que inciden en los resultados del laboratorio, pues el método empleado para la determinación de proteína fue el Kjeldahl el cual se basa en la cuantificación de nitrógeno.

VII CONCLUSIONES

- La digestibilidad de la proteína en amaranto reventado o comercial, amaranto tostado y amaranto natural, no tienen diferencias significativas, pero los dos primeros contienen mayor porcentaje de proteína digestible, por lo que estadísticamente, ambas son superiores al amaranto natural lo cual las hace más recomendables en la alimentación humana.

VIII . BIBLIOGRAFIA

1. Alejandro, I. G. y Gómez, L. F. (1986). Cultivo del Amarantho en México. Universidad Autónoma Chapingo, Dirección de Difusión Cultural Departamento de Zonas Áridas, Primera Edición.
2. Del Valle, F. R., E. (1976). Montemayor, and H. Bourges. Industrial production of soy-enriched tortilla flour by lime cooking of whole raw corn-soybean mixtures, J. Food Sci. 41:349.
3. Espitia, R. E. (1986). Caracterización y Evaluación preliminar del germoplasma de Amaranthus spp. Tesis Profesional Ingeniero Agrónomo. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" División de Agronomía.
4. Espitia, R. E. (1986). Situación actual y problemática del Cultivo del Amarantho en México. Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central (CIAMED), Chapingo, Méx.
5. Feria-Morales, A., and R.M. (1983). Pangborn. Sensory attributes of corn tortillas with substitutions of potato, rice and pinto beans, J. Food Sci 48.
6. Gómez, S. A., (1994). Superior al Débito Externo, la Deuda Social de México, El Financiero, Sección Económica, viernes 15 de abril, p. 23.
7. González, M. A. M. (1992). Por Escrito la Sección Bien Comer, enero 24, Guadalajara.
8. Granados, S. D. y López, R. G. F. (1986). "Chinampas, Historia y Etnobotánica de la "Alegría" (Amaranthus hypochondriacus L). Domesticación de verdolaga (Portulaca oleracea L.) y Romerillo (Suaeda diffusa Wats)".

9. Grubben, G. J. H. (1975). La Culture De L'Amarante, Legume-Feuilles, Tropical. Avec Reference Speciale au Sud-Dahomey. H. Veenman B. V. Wageningen-Nederland. p. 29, 46.
10. Grubben, G. J. H. and Sloten, D. H. (1981). Genetics Resources of amaranths. International Board for plant Genetic Resources, FAO. ONU.
11. Lutz, R. y Berkely, C. A. 94704. (1986). Observaciones sobre el Cultivo y uso de los Amarantos en América Latina.
12. Maya and M. V., Domingo y Sánchez-Marroquín, S. A. (1983-1984). Milling produres and air classification of amaranth flours. Arch. Latinoamer. Nutr. (En prensa).
13. National Academy of Sciences (U. S.). 1984 "Amaranth: Modern Prospects for an ancient Crop". To be published by Natl. Acad. Press, Washington.
14. Sánchez, M. A. (1980). Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo. (CEESTEM), México, D. F.
15. Sauer, J. D. (1950). The grain Amaranthus : A survey of their history and classification. Annls of the Missouri Botanical Garden. Vo. 37 561-632.
16. Sauer, J. D. (1950). The grain amaranths and their relatives : a revised taxonomic and geographic survey. Annals of Missouri Botanical Garden. 54:103-137 Wats.
17. Sauer, J. D. (1977). The history of the grain amaranths and their use and cultivation around the world. pp 9-16 In : Proceedings of the First Amaranth Seminar. Rodale Press. Maxatauny, Pennsylvania. 133 pp.