

114
2 eg



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"EVALUACION DEL POTENCIAL ACEITERO
DE LA SEMILLA DE CALABAZA
(Cucurbita pepo, L)"

T E S I S :
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
RICARDO MARTINEZ FUENTES

DIRECTOR DE ESTUDIOS DE TESIS: MOISES MENDOZA RODRIGUEZ



FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION DE TESIS
1986

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"EVALUACION DEL POTENCIAL ACETIBIO DE LA SEMILLA DE CALAPAZA (Cucumis pepo,L)"

realizado por Ricardo Martínez Fuentes

con número de cuenta 7628411-3 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario M. en C. Koisés Mendoza Rodríguez

Propietario Dra. María Cristina Pérez Amador

Propietario Dra. Patricia Ramos Morales

Suplente M. en C. Armando Gómez Campos

Suplente Q. F. B. Evangelina Sevilla Romárguez

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología

COORDINACION GENERAL DE BIOLOGIA

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre (q.e.p.d.) por el amor que me dispensó en vida y del cual guardo bellos recuerdos.

A mi padre, por su enseñanza, comprensión, cariño y apoyo.

A mis hermanos, como un estímulo para su superación.

A mi esposa, por su amor.

A mis hijos, por ser fuente de mi alegría y motivo para mi superación.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a las siguientes personas:

Al M. en C. Moisés Mendoza Rodríguez sin cuya dirección y consejos no hubiera sido posible la realización de esta investigación.

A la QFB. Evangelina Sevilla Paniagua por haber puesto a mi disposición su invaluable conocimiento sobre aceites vegetales, así como el haberme proporcionado amablemente las instalaciones del Laboratorio de Oleaginosas del INIFAP a su cargo.

Al M. en C. Rafael Lira, cuya ayuda fue fundamental para la identificación del material biológico empleado.

A la Dra. María Cristina Pérez Amador por sus acertadas y claras observaciones sobre el trabajo.

A la Dra. Patricia Ramos Morales por sus importantes comentarios a la obra y por su apoyo, gracias.

Al M. en C. Armando Gómez Campos por sus analíticas consideraciones derivadas de su profundo conocimiento etnobotánico.

III

Al Biólogo Rolando Torres Coronel por su asesoría en el uso de los programas de cómputo para la elaboración del escrito final.

A todo el personal técnico del Laboratorio de Oleaginosas del INIFAP por su desinteresada cooperación.

Al personal técnico de la Sección de Genética del Departamento de Fitotecnica de la U.A.Ch.

A la Universidad Autónoma Chapingo por haberme permitido hacer uso de sus materiales e instalaciones para la realización de esta obra.

Y a todas aquellas personas que directa o indirectamente estuvieron ligadas al presente trabajo, a todos ellos gracias.

Al departamento de Parasitología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional por haberme permitido hacer uso de sus instalaciones de cómputo.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme brindado la oportunidad de adquirir las bendiciones del conocimiento y de obtener una profesión.

INDICE

	Pag
Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	II
Indice de cuadros.....	VI
Indice de figuras.....	VIII
Resumen.....	1
I - INTRODUCCION.....	4
II - ANTECEDENTES.....	6
2.1. Origen y distribución geográfica de la calabaza.....	6
2.2. Biología.....	7
2.3. Taxonomía y sistemática.....	8
2.4. Variabilidad genética.....	11
2.5. Genética.....	12
2.6. Mejoramiento genético.....	14
2.7. Valor nutritivo.....	18
2.8. Producción y cultivo.....	18
2.9. Composición química de las semillas de calabaza.....	20
2.10. Técnicas de análisis de aceite.....	24
III - MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1. Origen del material biológico.....	27
3.2. Determinación del contenido y calidad de aceite.....	33
3.3. Evaluación agronómica.....	34
3.3.1. Localización y características del sitio de siembra.....	34
3.3.2. Caracterización física de las semillas evaluadas por contenido y composición de aceite.....	36

	3.3.3. Toma de datos y variables cuantificadas.....	37
	3.4. Análisis estadístico.....	39
IV	- RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
	4.1. Contenido de aceite.....	40
	4.2. Efecto del sitio de origen sobre el potencial aceitero de las colectas.....	46
	4.3. Calidad de aceite en FMH de <i>C. pepo</i>	48
	4.4. Caracterización física de semillas en fami- lias MH de <i>C. pepo</i> y colectas.....	54
	4.4.1. Tamaño de semilla.....	54
	4.4.2. Peso de 100 semillas.....	54
	4.5. Caracterización agronómica.....	59
	4.5.1. Rendimiento de frutos y semillas en lotes experimentales.....	59
	4.5.2. Rendimiento de frutos y semillas de familias MH contra población original...	63
	4.5.3. Caracterización morfológica de frutos...	67
	4.5.4. Análisis de correlación entre las diversas variables agronómicas evaluadas.....	69
	4.6. Manejo agronómico.....	70
	4.6.1. Tamaño, forma y delimitación de parcela.....	70
	4.6.2. Densidad de población.....	71
	4.6.3. Fechas de siembra y disponibilidad de agua.....	71
	4.7. Discusión general.....	72
V	- CONCLUSION.....	75
	BIBLIOGRAFIA.....	77
	APENDICE.....	86

INDICE DE CUADROS

	Pag
Cuadro 1. Relación de colectas de calabaza usadas en la determinación de contenido de aceite.....	28
Cuadro 2. Relación de submuestras de <i>Cucurbita</i> spp colectadas en diversos estados de la República..	30
Cuadro 3. Origen de familias (MH) de Calabaza evaluadas para contenido y calidad de aceite y rendimiento de semilla en Chapingo, Edo. de Méx. durante 1988.....	31
Cuadro 4. Proceso de valoración del potencial aceitero de la semilla de calabaza (<i>Cucurbita</i> spp).....	32
Cuadro 5. Contenido de aceite por especie en colectas de calabaza.....	43
Cuadro 6. Composición de ácidos grasos del aceite de familias MH de <i>Cucurbita pepo</i> L.....	48
Cuadro 7. Dimensión de semilla en tres especies de calabaza.....	55
Cuadro 8. Caracterización por peso de 100 semillas en tres especies de calabaza.....	57
Cuadro 9. Características promedio por familias de medios hermanos (FMH) de calabaza (<i>C. pepo</i>) evaluadas en riego y temporal en Chapingo, Edo. de México durante 1988.....	62

- Cuadro 10. Rendimiento de frutos y semilla de familias de medios hermanos (FMH) de calabaza (*C. pepo* L.) evaluadas en riego y temporal en Chapingo, Edo. de México (1988).....64
- Cuadro 11. Dimensiones generales de fruto de familias MH de calabaza (*C. pepo*) evaluadas bajo dos condiciones de siembra (Chapingo, Méx. 1988).....68

INDICE DE FIGURAS

	Pag
Figura 1. Distribución de frecuencias del contenido de aceite (%) en (a) colectas y (b) familias MH de calabaza.....	41
Figura 2. Distribución de frecuencias del contenido de aceite (%) en tres especies de calabaza: (a) <i>C. moschata</i> ; (b) <i>C. argyrosperma</i> ; (c) <i>C. pepo</i>	44
Figura 3. Distribución de frecuencias del contenido de ácidos grasos (%) en el aceite de familias MH de <i>C. pepo</i>	49
Figura 4. Línea de regresión del contenido de ácido linoleico contra el contenido de ácido oleico en familias MH de <i>C. pepo</i>	52
Figura 5. Distribución de frecuencias del peso de 100 semillas en (a) colectas y (b) familias MH de calabaza.....	56
Figura 6. Distribución de frecuencias del peso de 100 semillas en tres especies de calabaza: (a) <i>C. moschata</i> ; (b) <i>C. argyrosperma</i> ; (c) <i>C. pepo</i>	58
Figura 7. Distribución de frecuencias del rendimiento de semilla por fruto en familias MH de calabaza evaluadas bajo dos condiciones de producción después de un ciclo de selección.....	66

" EVALUACION DEL POTENCIAL ACEITERO DE LA SEMILLA DE CALABAZA (*Cucurbita pepo* L.) "

RESUMEN:

Se evaluó el potencial aceitero de dos grupos de materiales de calabaza con el fin de explorar las posibilidades de mejoramiento genético para mayor producción de aceite y rendimiento de semilla.

En el primer caso, el grupo estuvo constituido por 39 colectas procedentes de 12 estados del país, y en las que se encontraban representadas las tres especies de calabazas que se cultivan en México: *Cucurbita pepo* L., *C. moschata* Duch., *C. argyrosperma* Huber (*C. mixta* Pang.). Para la evaluación del potencial aceitero en estos materiales se consideró: el contenido de aceite, el largo y ancho de semilla, así como el peso de cien semillas, estimando adicionalmente la correlación de éste con la altura sobre el nivel del mar de los sitios de origen de las colectas.

Se encontró que las muestras de *C. pepo* presentaron un promedio de 43.4 % para aceite en su semilla, *C. moschata* presentó 39.9% y *C. argyrosperma* un 35.6%, obteniéndose indicadores de variabilidad en las dos últimas especies. También se encontró alta variabilidad inter e intraespecífica para peso de cien semillas, siendo *C. argyrosperma* la especie con los más altos pesos de semilla.

Al revisarse la distribución de las tres especies, con respecto a la altura sobre el nivel del mar de las localidades de origen, se ubicó que *C. pepo* se distribuye en altitudes mayores a los 1 500 metros sobre el nivel del mar; también se determinaron valores de correlación de: $r = 0.40^{**}$

entre el contenido de aceite de las colectas y la altura sobre el nivel del mar de los sitios de origen y de $r=-0.45^{**}$ para contenido de aceite y el peso de semilla, resultado que se explicó en términos de la mayor proporción de cáscara con respecto a almendra que muestran las semillas de las especies *C. argyrosperma* y *C. moschata*.

El segundo grupo estudiado, estuvo constituido por 261 familias de medios hermanos (FMH) de *C. pepo* L., en ellas la evaluación del potencial aceitero se hizo mediante la cuantificación del contenido y la calidad de aceite, del tamaño y el peso de cien semillas. Así se determinó que la muestra de familias de *C. pepo*, presentó un contenido promedio de aceite de 42.0 % con variabilidad aparentemente suficiente para plantear el aprovechamiento por medio de la selección de genotipos aceiteros. La calidad medida en términos de la composición del aceite fue variable para los principales ácidos grasos: palmítico, esteárico, oleico y linoleico; no se detectaron ácidos grasos indeseables; los ácidos grasos oleico y linoleico constituyen el 80% del aceite, que lo tipifica como de alta insaturación y muy similar a los aceites comestibles más comunes, que inicialmente lo hacen adecuado para consumo humano; por lo que se hace necesaria la evaluación de las características organolépticas del mismo, así como de la afinación de las técnicas de extracción y refinación que permitirán definir el potencial real para su consumo.

La variabilidad de este grupo para peso y tamaño de semilla fue alta, características que pudieran aprovecharse para efectuar selección, ya que estos caracteres mostraron correlaciones de $r=0.65^{**}$ entre el peso de 100 semillas y el largo de semilla y de $r=0.74^{**}$ entre el peso de 100 semillas y el rendimiento de semilla.

En las observaciones de campo se evaluaron diferentes variables que pudieran estar relacionadas con el rendimiento de fruto y semilla en condiciones de riego y de temporal y aunque los rendimientos de semilla obtenidos en ambas condiciones fueron bajos con respecto a los que se obtienen regularmente en girasol y otras oleaginosas, se detectaron

familias de MH de alto rendimiento de semilla, aunque no pudo definirse qué proporción del valor fenotípico observado fue determinado por el genotipo o por las condiciones ambientales.

Dadas las limitaciones de infraestructura experimentales y la reducida experiencia para el manejo agronómico óptimo de la especie no se pudo concluir definitivamente sobre las posibilidades de mejoramiento genético, aunque los avances preliminares en el conocimiento del manejo de campo y de caracterización fenotípica y bioquímica permiten esperar que la semilla de calabaza podría en el futuro convertirse en un recurso vegetal importante.

I.- INTRODUCCION

En nuestro país, como en todos los países en vías de desarrollo, el creciente aumento de la población trae consigo la inmediata necesidad de elevar la producción de alimentos; hecho que se consigue mediante la aplicación de métodos agrotécnicos y medidas económicas, pero también mediante la búsqueda de nuevos recursos alimenticios o a través de nuevos usos a los ya existentes.

En México existen recursos biológicos que podrían ser utilizados de manera complementaria al uso actual que se les está dando, previa evaluación del potencial de algunas características que permitan ubicarlos dentro de las necesidades nacionales de desarrollo; un ejemplo de ellos es la calabaza (*Cucurbita* spp) de la cual se consumen: los frutos maduros e inmaduros, las flores estaminadas y las semillas, éstas últimas tostadas y saladas o bien utilizadas en la elaboración de guisos tradicionalmente mexicanos como es el caso de los pipianes.

Whitaker y Bohn (1950) sugirieron que en las semillas de las calabazas existe cierto potencial para la extracción de aceite gracias al alto contenido de aceite en su interior y al gran número de frutos con numerosas semillas producidos por planta, sin embargo, a la fecha aún no se ha concretado el uso de su potencial como posible cultivo oleaginoso.

Estudiar los aspectos bioquímicos, agronómicos y genéticos de esta planta permitirá ubicar sus posibilidades reales en la industria aceitera como alternativa estratégica ante la creciente demanda de aceite que existe en nuestro país y que actualmente obliga a comprar al extranjero tanto materia prima como productos elaborados, con costo de varios millones de dólares (Comercio Exterior, 1986).

El uso de la semilla de calabaza como fuente de aceite, traería como consecuencia directa que el cultivo de esta planta adquiriera un carácter comercial más alto, convirtiéndose de esta manera en una alternativa de producción para pequeños productores agrícolas. Por otra parte, el potencial aceitero que esta planta pudiera tener, podría aumentarse si se lograra desarrollar cultivares de alto rendimiento de semilla, contenido y composición de aceite útil para consumo humano mediante la aplicación de métodos de mejoramiento genético adecuados.

Con base a los antecedentes señalados, en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

1).- Conocer el potencial aceitero de la calabaza, apoyándose en indicadores agronómicos y bioquímicos y, haciendo énfasis en el contenido y calidad del aceite de las semillas y en el rendimiento de frutos y semillas por planta, como una fase preliminar de captación de información que sirva de apoyo al desarrollo de un programa de mejoramiento genético formal para la obtención de genotipos mejorados de alto rendimiento de semilla y contenido de aceite.

2).- Obtener valores e indicadores de la variabilidad genética y fenotípica como fase previa a la realización de selección de individuos de alto rendimiento de semilla, contenido y calidad de aceite.

II.- ANTECEDENTES

2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LA CALABAZA.

Diversos autores sitúan el origen de las calabazas en América y más concretamente en México (Whitaker, 1981; Hernández, 1978; Whitaker y Bemis, 1964; Hurd *et. al.*, 1971; Esquinas y Gulick, 1983). Se tienen evidencias a través de hallazgos encontrados en sitios como las Cuevas de Ocampo, Tamaulipas, que permiten afirmar que en la época prehispánica ya se cultivaban calabazas pertenecientes a la especie *C. pepo* L., desde hace 7 000 años A.C. y de *C. mixta* Pang. (*C. argyrosperma* Huber) desde 1 000 años D.C. (Whitaker, 1981). En el Perú se encontraron los restos más representativos de *C. ficifolia* (chilacayote), *C. moschata* Duch. y *C. maxima* Duch. con una edad de 3 000 años A.C. y 600 D.C. respectivamente (Whitaker y Davis, citados por Hernández, 1978) aunque en excavaciones realizadas en 1962 cerca de Tehuacán, Puebla se hallaron los restos de *C. moschata* Duch. con una edad de 5 200 a 3 500 años A.C. (Cutler *et al.*, citados por Whitaker y Bemis, 1964).

Lo anterior hace suponer que nuestro país fue el centro de origen de las calabazas pertenecientes a las especies *C. pepo* L., *mixta* Pang. (*C. argyrosperma* Huber.) y posiblemente *C. ficifolia* Bouche, ubicándose en el Perú, Bolivia y norte de Argentina como centro de origen de *C. maxima* Duch., sin embargo han aparecido otros centros de dispersión en el mundo; *C. pepo* L. tiene un centro secundario en Turquía; la India y Burma son los centros secundarios para *C. maxima* Duch.; y para *C. moschata* Duch. se encuentra un nuevo centro en China y Japón (Esquinas y Gulick, 1983).

Aparentemente *C. pepo* L. se distribuye desde el norte de la Ciudad de México hasta el sur de Canadá, teniendo una distribución similar

C. mixta Pang. (*C. argyrosperma* Huber) la cual se extiende hacia el noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos; *C. maxima* Duch. se encuentra en las porciones templadas de Perú, Bolivia, Chile y Argentina; y *C. ficifolia* en las regiones altas desde el sur de la Ciudad de México hasta Centroamérica, Colombia y Perú (Whitaker y Cutler, citados por Hurd et. al, 1971).

2.2. BIOLOGIA

La calabaza es una planta monoica de flores unisexuales y actinomorfas, con corola simpétala generalmente de cinco pétalos de color amarillo a naranja (Ruiz, 1975). En las flores masculinas hay cinco estambres que se encuentran fusionados en una columna central; las flores femeninas presentan un ovario ínfero, tricarpelar, con varias filas de óvulos anátropos en cada carpelo (Heywood, 1978). La polinización es realizada por insectos, ya que esta planta presenta adaptaciones a la polinización entomófila, como son el gran tamaño y colorido de sus flores, y la alta producción de polen pegajoso y de gran tamaño que las ha llevado a establecer una relación ecológica con abejas pertenecientes al género *Peponapis* y *Xenoglossa* (Hurd et. al, 1971).

No se conocen con exactitud los requerimientos ecológicos de las calabazas, pero en lo que respecta a la temperatura se sabe que *C. maxima* Duch. es la más tolerante a bajas temperaturas, siendo las más sensibles *C. mixta* Pang. (*C. argyrosperma* Huber) y *C. moschata* Duch. ocupando *C. pepo*, L. una posición intermedia entre ellas (Whitaker y Bohn, 1950; Whitaker, 1968).

Villaseñor (1981) cita los trabajos de Levnicova, donde establece que las semillas de calabaza germinan entre 10° y 13°C como mínimo y se desarrollan en un rango de 20 - 30°C, pasados los cuales se inhibe su actividad; generalmente la temperatura óptima se encuentra entre 25 y 26°C.

En cuanto al tipo de suelo, las calabazas pueden crecer en suelos neutros o ligeramente ácidos (Whitaker y Bohn, 1950) aunque según López (1976), pueden cultivarse en todos los tipos de suelo siempre que estén bien drenados, pues no toleran excesos de humedad. Whitaker y Davis (1962) mencionan que todas las cucurbitáceas maduran más rápido en suelos francos o franco-arenosos, sin embargo, los más altos rendimientos se obtienen en suelos pesados. Los mismos autores consideran que los suelos con buena capacidad de retención de agua y materia orgánica son deseables para el cultivo de esta planta.

2.3. TAXONOMIA Y SISTEMATICA

Las características botánicas de las calabazas permiten ubicarlas dentro de la familia Cucurbitaceae junto con el melón (*Cucumis melo*), el pepino (*Cucumis sativus*), la sandía (*Citrullus lanatus*) y el chayote (*Sechium edule*), etc.

A continuación se presenta la clasificación taxonómica descrita por Heywood (1978) para esta planta:

CLASE	: Angiospermae
SUBCLASE	: Dicotyledoneae
SUPERORDEN	: Dilleniidae
ORDEN	: Violales
FAMILIA	: Cucurbitaceae
GENERO	: <i>Cucurbita</i>

El género presenta 27 especies de las cuales cinco son domesticadas y cuatro de ellas son cultivadas en nuestro país:

C. pepo L.; *C. moschata* Duch.; *C. mixta* Pang. (*C. argyrosperma* Huber), *C. ficifolia* Bouche, esta última es conocida como chilacayote.

Las características particulares de cada una de las especies que se cultivan en nuestro país se dan a continuación:

C. pepo L. Plantas con espinas agudas, translúcidas, ásperas, rugosas o rasposas al tacto; con tallos reptantes y hojas erectas, duras y rígidas, de forma triangular a óvalo-triangular, prominentemente lobuladas y apiculadas con márgenes de forma aserrada, la corola generalmente presenta puntas erectas o con lóbulos aguzados extendidos, el tubo de la corola es estrecho en la base y extendido en la parte superior, con un cáliz poco lobulado, corto y estrecho; el pedúnculo del fruto es angulado, y expandido en el sitio de inserción, los frutos son grandes, generalmente de color naranja y acostillados; las semillas son blancas, elípticas, con márgenes ligeramente obtusos.

C. moschata Duch. ex Poir. Planta de hábito de guía, rara vez de mata. Tallo semiduro y poco anguloso, guías de pubescencia fina; hojas lobuladas poco profundas extendiéndose la lámina más allá de las nervaduras inferiores, las hojas generalmente presentan manchas plateadas en número variable y poseen pelos finos y suaves; el pedúnculo del fruto es de sección pentagonal y está extendido en el sitio de inserción al fruto; semillas con márgenes festonados, de consistencia cartilaginosa y de color distinto al cuerpo de las semillas; en el pedúnculo maduro no se desarrolla corcho, es duro, ligeramente angulado, y más a menudo ensanchado en el sitio de inserción, frecuentemente largo y delgado; el fruto es un pepo con casco no muy duro, de color opaco, carnoso, de amarillo a naranja oscuro, con fibras gelatinosas, con placentas colapsadas en la madurez, usualmente húmedas, con fibras blandas; semillas gruesas o planas óvalo-elipsoidales, ligeramente asimétricas, con inserción funicular obtusa, el cuerpo de la semilla es liso o finamente granular, áspero, de blanco sucio a café oscuro, los márgenes de las semillas son festonados, separándose en hebras, obtusas, de perfiles irregulares, delgadas o moderadamente gruesas, frecuentemente más oscuras que el cuerpo.

C. mixta Pang. Plantas de viña, pilosas, no ásperas, de casco duro; hojas amplias, cordadas u óvalo-cordadas, de ligera a moderadamente lobuladas con amplias sinuaciones obtusas, con manchas blanquecinas; flores acuminadas en el botón, con largos sépalos lineales no foliáceos y corola amarillo a naranja; androcéo columnar, generalmente largo y delgado; estigmas grandes, de amarillo brillante a naranja o verde; pedúnculo duro, pentagonal o redondeado, alargado en la inserción al fruto, esta estructura generalmente está cubierta por la formación de corcho duro que incrementa el diámetro de este órgano que usualmente es corto y muy engrosado; el fruto es un pepo de casco duro o blando, carnoso, de blanco pálido a amarillo, con granulado áspero, con fibras blandas no gelatinosas, la placenta se colapsa en la madurez; semillas gruesas óvalo-elipsoidales, ligeramente simétricas con inserción funicular obtusa; el cuerpo de la semilla es liso o hendido en varios patrones, blancas o cafés; márgenes ondulados separados en hebras, aguzadas, generalmente delgadas de color más oscuro que el cuerpo. Estudios recientes (Lira, 1995) señalan que el nombre correcto de esta especie cultivada es *C. argyrosperma* Huber.

C. ficifolia Bouche. Plantas perennes no resistentes a las heladas pero sí tolerantes al frío, de hábito de viña, con tallo duro ligeramente pentagonal; hojas cordadas, serradas, moderadamente lobuladas, con sinuaciones estrechas; flores obtusas en el botón; corola con pequeños sépalos lineales de color amarillo a naranja; tubo de la corola corto y amplio en la base; androcéo corto, grueso y columnar; estigmas pequeños, lisos, amarillo pálido; pedúnculo del fruto duro a la madurez, de redondo a ligeramente pentagonal, sin desarrollo de corcho, no alargado a moderadamente alargado en la unión con el fruto; el fruto es un pepo globular u oblongo, con casco duro, de color opaco, blanco, marfil o verde pálido; pulpa áspera, correosa, fibrosa, moderadamente seca, de color blanco; placentas persistentes con fibras carnosas, moderadamente húmedas; semillas usualmente planas, óvalo-elipsoidales, con unión funicular obtusa, ligeramente asimétrica cuerpo de la semilla liso de color

negro o blanco empañado; márgenes lisos, obtusos, regulares, delgados a moderadamente gruesos y del color del cuerpo de la semilla (Whitaker y Bohn, 1950).

2.4. VARIABILIDAD GENETICA

México es considerado el centro de origen de tres especies de calabaza (*C. pepo*, *C. mixta*, *C. moschata*) y aunque podría esperarse que las poblaciones de estas especies muestren una alta diversidad genética utilizable como fuente de germoplasma en trabajos de mejoramiento genético, son pocos los estudios que se han realizado sobre el estado actual de esta diversidad que con el progreso de otros cultivos o formas y enfoques eficientistas de la producción se ve seriamente amenazada (Esquinas y Gulick, 1983), aunque otros autores como Whitaker y Knight (1980) suponían en un tiempo que debido a las técnicas de cultivo usadas en nuestro país, la composición de las poblaciones no cambiaría sustancialmente.

Los pocos estudios que se han realizado sobre variabilidad de la calabaza han mostrado que en nuestro país hay una gran diversidad genética para *C. pepo* y *C. moschata*, y en menor escala para *C. ficifolia* y *C. mixta* (*C. argyrosperma*); teniéndose hasta el año de 1978, 500 colecciones de *Cucurbita* spp en el banco de germoplasma del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y que fueron caracterizadas morfológicamente en varios medios ecológicos (Hernández, 1978).

En 1960, Kohashi reportó que en las colecciones de calabazas existentes en la Sección de Horticultura de la Oficina de Estudios Especiales (OEE) de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) se encontraban representadas todas las especies cultivadas en México, existiendo gran variación en cuanto a grosor, fibrosidad, olor y color de mesocarpio se refiere, así como a forma y color de fruto.

Loy (1985) encontró que en *C. pepo* existe variabilidad genética para solidez de planta, ramificación lateral, producción de frutos y semillas, días de polinización a madurez de fruto, facilidad para remover la semilla y color de la testa.

2.5. GENETICA

Múltiples estudios citogenéticos sobre el género muestran que todas las especies del grupo tienen 20 pares de cromosomas (Whitaker y Bohn, 1950) pero genéticamente el grupo no ha sido muy estudiado y sólo se conocen alrededor de 30 genes, principalmente de la especie *C. pepo*.

Dentro de los genes descubiertos existen algunos que controlan características importantes desde el punto de vista agronómico, algunos de los cuales se detallan a continuación.

GEN	CARACTER CONTROLADO	ESPECIE
a	Producción de flores hembra únicamente.	<i>C. pepo</i>
B	Producción de frutos con pigmentación amarilla antes de antesis (fruto bicolor).	<i>C. pepo</i>
Bi	Alto contenido de cucurbitacina en el fruto.	<i>C. pepo</i>
bl	Color azul de fruto, recesivo a verde.	<i>C. maxima</i>
Bn	Internudos cortos en estado temprano pero largos en la madurez.	<i>C. pepo</i>
C	Fruto verde hipostático a blanco (r).	<i>C. pepo</i>
cu	Bajo contenido de cucurbitacina B.	<i>C. pepo</i>
D	Tallo verde oscuro dominante sobre verde claro.	<i>C. pepo</i>

GEN	CARACTER CONTROLADO	ESPECIE
Di	Fruto eliptico dominante sobre esférico.	<i>C. maxima</i>
Est	Contenido de esterasa.	<i>C. pepo</i>
Hr	Fruto de cubierta dura, dominante sobre blando.	<i>C. pepo</i>
I ⁺	Color de fruto uniformemente claro.	<i>C. pepo</i>
Lap	Contenido de leucina aminopeptidasa.	<i>C. maxima</i>
lt	Zarcillos laminados.	<i>C. pepo</i>
ly	Corola amarillo claro, recesivo a amarillo naranja.	<i>C. pepo</i>
M	Hojas moteadas (plateadas).	<i>C. pepo</i>
M	Hojas moteadas (plateadas).	<i>C. moschata</i>
M	Hojas moteadas (plateadas).	<i>C. maxima</i>
Ms-1	Flores macho androestériles.	<i>C. pepo</i>
Ms-2	Flores macho abortiva.	<i>C. pepo</i>
n	Semillas desnudas (cubierta transparente).	<i>C. pepo</i>
r	Fruto color blanco epistático recesivo a C.	<i>C. pepo</i>
Rd	Color rojo en parte exterior de fruto, dominante sobre verde, blanco, amarillo y gris.	<i>C. maxima</i>
ro	Hojas arrossetadas.	<i>C. pepo</i>
S	Flores macho pequeñas sin polen y flores hembra estériles.	<i>C. maxima</i>
St	Fruto variegado, consistente si está presente I ⁺ .	<i>C. pepo</i>
w	Fruto blanco dominante sobre verde a la madurez; parcialmente dominante a y.	<i>C. pepo</i>

GEN	CARACTER CONTROLADO	ESPECIE
wt	Pulpa blanca, dominante sobre el crema.	<i>C. pepo</i>
Y	Fruto color amarillo dominante sobre verde.	<i>C. pepo</i>
ys	Plántula clorótica	<i>C. pepo</i>

FUENTE: Robinson *et al*, 1976.

La resistencia a insectos es un carácter de gran importancia y poco se ha estudiado al respecto. Se sabe que la resistencia a la chinche de la calabaza está controlado por tres pares de genes de acción aditiva en *C. pepo*. Otros genes determinan la rugosidad del fruto; al parecer un sólo gen determina la dominancia sobre el liso y se cree que dos pares de genes controlan la presencia de costillas en *C. pepo* y en *C. maxima* (Robinson *et al*, 1976).

2.6. MEJORAMIENTO GENETICO

Los métodos de mejoramiento genético en diferentes plantas cultivadas han permitido obtener variedades más productivas, con mayor resistencia a plagas y enfermedades y grados de adaptabilidad más amplios; también han mejorado las cualidades organolépticas, químicas y mecánicas de los productos obtenidos de los principales cultivos de importancia para el hombre. Estos métodos, que se derivaron de procesos empíricos de selección durante miles de años han sustentado el gran éxito en el mejoramiento del maíz (Jugenheimer, 1981) y otras especies, entre las cuales se encuentran algunas oleaginosas como: el girasol, colza, cártamo, algodón, soya, ajonjolí (Robles, 1980; Röbbelen, 1975; Murray, 1972; Tallent, 1972; Knowles, 1972; Miravalle, 1972; Howell *et al*, 1972; Hammond *et al*, 1972; Yermanos *et al*, 1972).

Básicamente existen dos sistemas genotécnicos usados en la mejora de las especies cultivadas y son: la hibridación y la selección, que son aplicados tanto a plantas alógamas como autógamas con ligeras modificaciones entre sí y con las ventajas y restricciones que trae consigo el modo de reproducción de cada uno de estos grupos de plantas (De la Loma, 1982; Brauer, 1983).

La selección masal consiste en tomar la semilla de individuos seleccionados, mezclarla y sembrarla como compuesto para formar con ella una nueva población recombinada en la cual se vuelve a repetir el proceso para ir acumulando genes deseables. La selección familiar implica la prueba de progenie de una planta en lotes o parcelas individuales con el objeto de determinar la capacidad *per se* de los individuos preseleccionados. Mediante las pruebas de las progenies se pueden diferenciar las plantas cuya superioridad se debe a la variación genética más que a la ambiental; existen tres tipos de familias que se consideran en este procedimiento (Márquez, 1986):

- a) Familias de hermanos completos, donde la progenie es obtenida del apareamiento de dos individuos conocidos;
- b) Familias de medios hermanos, cuando la progenie tiene un mismo progenitor común, es decir, se conoce al progenitor paterno (medios hermanos paternos) o al progenitor materno (medios hermanos maternos);
- c) Familias de autohermanos, donde la progenie es el resultado de una autofecundación. El valor fenotípico de la familia tipifica el valor genotípico y así se constituye en la unidad de selección.

La hibridación consiste en el cruzamiento de dos individuos, variedades o especies diferentes en cuya descendencia se identifica y/o selecciona la combinación adecuada de los caracteres deseables, posteriormente los progenitores se manejan independientemente para su multiplicación realizándose por separado la evaluación de la craza F_1 . En alógamas se utilizan dos procedimientos básicos de hibridación que son la

hibridación intervarietal e interespecífica, explotándose en ambas el vigor híbrido o heterosis que es la manifestación de un aumento en vigor, crecimiento, tamaño, rendimiento o actividad de una progenie híbrida en comparación con sus progenitores. La obtención de un híbrido implica la formación de líneas autofecundadas homocigóticas uniformes que posteriormente se cruzan en combinaciones que produzcan híbridos de cruce doble o múltiple. Las líneas autofecundadas son estables con respecto a características morfológicas y fisiológicas, generalmente después de 7 u 8 generaciones de autofecundación; presentándose en las primeras generaciones una pérdida de vigor, fenómeno conocido como depresión endogámica.

Son escasos los trabajos que se han efectuado sobre mejoramiento genético de la calabaza, siendo principalmente en Estados Unidos y sur de Europa donde se han desarrollado este tipo de investigaciones. Cultivares híbridos de alta producción son ahora populares en varios países, y recientemente la técnica de cultivo de embriones y formación de anfidiploides está siendo usada para la creación de tales especies híbridas (Gröbber, 1977).

Actualmente hay controversia en cuanto a la respuesta de las calabazas a la endogamia y a la heterosis en la formación de líneas e híbridos. Diversos autores han mostrado que no hay depresión endogámica en las diversas especies de calabaza (Smith, Bushell, Cummings, Jenkins y Haber citados por Whitaker y Bohn, 1950; Allard, 1960; Haber, Scott citados por Borghi y Pironi, 1974; Nath, 1974) sin embargo, otros autores han demostrado que la depresión endogámica se manifiesta en las calabazas (Bushinfi citado por Borghi *et al.*, 1973; Borghi y Pironi, 1974). Igualmente son numerosas las referencias que indican la manifestación de heterosis en cruces intervarietales o interlineales (Curtis y Passmore citados por Whitaker y Bohn, 1950; Hutchins y Creston citados por Borghi *et al.*, 1973; Borghi y Pironi, 1974; Curtis citado por Reyes, 1976; Deijodes *et al.*, 1982; Nath, 1974).

Los trabajos realizados en México para el mejoramiento genético de la calabaza son aún más escasos. Kohashi (1960) menciona que mediante la selección y autofecundación sobre las colecciones de calabazas existentes en la Oficina de Estudios Especiales (OEE) de la Sección de Horticultura de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) se obtuvieron líneas con un alto grado de homocigosidad, hecho que se reflejó en una mayor uniformidad en forma, tamaño y calidad de fruto, con mejor calidad de mesocarpio, siendo dos líneas las sobresalientes con estas características; las líneas fueron la XII-135 *C. moschata* que segregaba aún para forma de fruto, y la XII-II *C. pepo*.

La OEE en sus adelantos en la investigación en calabaza no reportó pérdidas de vigor en siete líneas provenientes de un lote de líneas autofecundadas, así como progresos en la obtención de una línea de semillas desnudas (Kohashi, 1960).

Whitaker y Bemis (1964) hicieron una revisión de los cruzamientos interespecíficos realizados en las Cucurbitáceas y mencionan que los cruzamientos de *C. moschata* con *C. digitata* y *C. foetidissima* es exitosa, pero las plantas híbridas F_1 son estériles, con un sistema de raíces tuberoso derivado de los parentales xerófitos, generalmente estos híbridos son obtenidos mediante la técnica de cultivo de embriones. La polinización de especies xerófitas con las demás especies cultivadas fallan en el establecimiento y desarrollo de frutos y embriones, sin embargo, se ha obtenido un embrión viable del cruzamiento triple entre una especie mesófito, una cultivada y una xerófito (*C. moschata* X *C. lundelliana*) X *C. foetidissima* (Grebenscikov y Bemis, citados por Whitaker y Bemis, 1964).

La especie mesófito *C. lundelliana* es compatible con las especies cultivadas produciendo frutos y semillas, y puede originar progenies F_1 , F_2 y de retrocruza con fertilidad reducida o embriones pequeños que sólo germinan a través de la técnica de cultivo de tejidos (Whitaker y Bemis, 1964).

Los cruzamientos interespecificos entre las especies cultivadas originan en su mayor parte hibridos F_1 estériles debido a la incapacidad de las plantas para producir polen funcional. No hay evidencia de hibridación espontánea entre las calabazas aunque han estado creciendo juntas las cinco especies cultivadas por muchas generaciones (Whitaker y Bemis, 1964).

2.7. VALOR NUTRITIVO

Los frutos y semillas de las calabazas son las partes de mayor valor alimenticio, contienen cantidades sustanciales de grasas, proteínas, vitaminas y minerales y fue considerada por MacGillivray *et al*, (citados por Whitaker y Bohn, 1950) como entre los cultivos más eficientes en base a su producción libras/acre y horas/hombre de sus sustancias nutritivas. Como la calabaza es cosechada cuando madura, tiene mayor tiempo para acumular una cantidad mayor de sustancias nutritivas que la calabacita tierna, es por ello que tiene un valor alimenticio mayor que éste, aunque las porciones comestibles en libras/acre sean menores.

Esquinas y Gulick (1983) presenta una tabla comparativa sobre el valor nutritivo de los principales alimentos en 100 gr de porción comestible y mostraron que la calabaza tiene un contenido de vitamina A_1 , B_1 y niacina en U.I. mayores que la leche y el huevo; igualmente sucede para los minerales Carbón, Hierro y Magnesio.

2.8. PRODUCCION Y CULTIVO

No obstante que las calabazas tienen un alto valor nutritivo y son un cultivo bastante popular en México, no se cultivan de manera intensiva; López (1976) considera que la poca atención que se le ha dado a este cultivo se debe a que no se cuenta con variedades mejoradas que reporten altos rendimientos y frutos de buena calidad.

No obstante la gran importancia sociocultural de este cultivo, son pocos los estudios que se han realizado sobre los aspectos agronómicos de esta planta. Miranda y Velarezo (1978) mencionan que disminuyendo los períodos a floración y el período de madurez fisiológica se puede obtener precocidad, misma que reduce: el número de flores masculinas por planta, longitud y ancho de fruto, peso medio de fruto, rendimiento de fruto por planta, número de semillas por fruto y planta; igualmente con la precocidad se aumenta el número de flores femeninas y de frutos por planta. La precocidad no influye sobre el peso de 100 semillas. En el mismo trabajo se reportó que la fertilización disminuyó el período a floración femenina, aumentando su duración.

Reyes (1976) trabajó con especies de calabazas silvestres y cultivadas en unicultivo y asociada con maíz, con una densidad de plantas de 3704 plantas/Ha bajo asociación y en unicultivo, concluyendo que la floración se inició antes en unicultivo donde el número y peso de flores y frutos, el número de semillas por fruto, peso de 100 semillas, peso y tamaño de fruto fue mayor que en asociación. El mismo autor menciona una producción alcanzada de 7.15 frutos/planta en monocultivo y 1.3 bajo asociación. Obteniéndose también 3.84 frutos/planta sin fertilizante y 4.59 frutos/planta bajo fertilización.

Guzmán (1988) en su estudio sobre diversos fertilizantes en maíz y calabaza asociadas y en unicultivo concluyó que la producción total de frutos maduros, el número y el peso de frutos tuvieron respuesta a los fertilizantes según su aportación de nitrógeno en ambos sistemas de cultivo. El mismo autor menciona que el rendimiento promedio de frutos fue de 9.22 Tn/ha con pesos promedio de frutos de 1.33 Kg, encontrándose la mayor producción en el lote con fertilización química bajo condiciones de unicultivo.

Los pocos estudios que se han realizado sobre producción de calabaza no contemplan el rendimiento de semilla por hectárea que pueden obtenerse de esta planta, parámetro importante junto con la

cantidad de aceite y que se utiliza en la consideración de una planta como oleaginosa (Tiwari et al, 1974). Es por ello que los rendimientos de semilla de esta planta deben de ser equiparables a los rendimientos de las oleaginosas más comunes para poder obtener aceite en términos económicos adecuados, por ejemplo, en diversas variedades de girasol mejorado genéticamente, los rendimientos de semilla oscilan entre los 521 y 1055 Kg/ha bajo condiciones experimentales (Juseppe, 1983), existiendo otros que alcanzan más de las 2 Tn/ha (INIA, 1973 citado por Juseppe, 1983); o bien como el ajonjolí cuyos rendimientos de semilla pueden ser de 1.6 a 2.6 Tn/ha (Romero, citado por Robles, 1980).

Es de señalar que en nuestro país el cultivo de la calabaza es un elemento común y fundamental de la agricultura tradicional de subsistencia y generalmente se siembra asociado a otros cultivos como: el maíz, frijol y otras hortalizas. Los agricultores han mantenido y ampliado la diversidad genética de la calabaza al seleccionar empíricamente los materiales destinados a plantarse en el siguiente ciclo agrícola; las características consideradas al efectuar esta selección son: tamaño de los frutos, el color y sabor de su pulpa, la cantidad y tamaño de las semillas así como también su adaptación a las más diversas condiciones ecológicas; ésto aunado a la gran cantidad de preferencias, gustos, necesidades y uso de los agricultores han hecho que el tipo de sistema agrícola en el que se manejan a las especies de calabaza sean importantes reservorios de germoplasma donde es posible encontrar numerosas variantes o razas locales (Lira, 1995).

2.9. COMPOSICION QUIMICA DE LAS SEMILLAS DE CALABAZA

Considerar a una planta como la calabaza, como posible oleaginosa implica conocer qué es un aceite y cuáles las bondades que debe presentar para ser utilizado en el consumo humano, por lo que se considera pertinente aclarar estos puntos.

Los aceites son sustancias lipídicas constituidas por una mezcla natural de ésteres de ácidos grasos que a temperaturas mayores a 15°C se mantienen en forma líquida, hecho que las diferencia de las grasas, aunque ambas son acilglicéridos. Los acilglicéridos son ésteres de ácidos grasos con el alcohol trihidroxilado glicerol; dependiendo del número de grupos hidroxilo esterificados los acilglicéridos pueden ser monoacil, diacil o triacilglicéridos, estos últimos son los componentes principales de los aceites (Domínguez, 1980; Lehninger, 1980).

Los ácidos grasos son los bloques componentes de los acilglicéridos, presentan cadenas largas hidrocarbonadas con un grupo carboxilo terminal. Dependiendo de la ausencia o presencia de enlaces dobles en la cadena hidrocarbonada, los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados respectivamente. Algunos ácidos grasos saturados son el palmítico con 16 carbonos y el esteárico con 18 carbonos; dentro de los insaturados están el oleico con 18 carbonos y un enlace doble en el carbono 9, y el ácido linoleico con igual número de carbonos pero con dos dobles enlaces en la posición 9 y 12. Los ácidos grasos insaturados son más abundantes en los aceites que los ácidos grasos saturados. La mayor parte de los ácidos grasos saturados e insaturados son originados a partir del palmítico. Para la biosíntesis de este ácido graso se necesita acetil-CoA, Malonil-CoA y un sistema enzimático conocido como sistema ácido graso sintetasa, juntos forman como producto terminal al palmitoil-ACP, el que a su vez es el producto inicial de la biosíntesis de ácidos grasos. Este producto puede ser elongado por Malonil-ACP para originar estearoil-ACP, que es el sustrato específico para iniciar la primera etapa de desaturación, o sea la conversión de estearoil-ACP a oleoil-ACP (Lehninger, 1980).

El ácido palmítico y el ácido esteárico sirven como precursores de los ácidos grasos monoicos más comunes, el palmitoleico y el oleico; ambos presentan un enlace doble en la posición 9 introducido por un sistema monooxigenasa específico. Una molécula de oxígeno es el aceptor de dos partes de electrones, uno derivado de la palmitoil-CoA o de la

estearoil-CoA y el otro del NADPH. En las plantas, los ácidos linoleico y linolénico son sintetizados a partir del ácido oleico mediante una desaturación aeróbica catalizada por un sistema oxigenasa específico (Stumpf, 1980).

Los ácidos grasos juegan un papel importante para el buen funcionamiento orgánico de los mamíferos, y aunque existen algunos que no son sintetizados por los mismos animales se encuentran disponibles en grandes cantidades en las plantas de donde pueden ser tomados directamente. Un ejemplo es el ácido linoleico que constituye una fracción importante de los triacilglicéridos totales de los animales y que es importante porque compensa los excesos de colesterolina, retiene la permeabilidad de la membrana celular contrarrestando los desórdenes arterioescleróticos (Röbbelen, 1975) y es precursor de las prostaglandinas, compuestos semejantes a hormonas que en cantidades traza tienen efectos profundos sobre diversas actividades fisiológicas (Lehninger, 1980). Sin embargo existen otros como el ácido erúxico que es considerado un ácido graso relicto que puede causar arterioesclerosis y otros efectos nocivos; o como el ácido linolénico cuyos tres dobles enlaces crean inestabilidad química y cambios de sabor y color de productos elaborados, este ácido también se sospecha que es un agente carcinogénico (Röbbelen, 1975). De ahí que los trabajos sobre cantidad y calidad del aceite de las semillas oleaginosas sean tan importantes conjuntamente con los trabajos de mejoramiento genético de estos cultivos.

Son numerosos los estudios que se han realizado sobre cantidad y calidad de aceite de semillas oleaginosas (Craig y Murty, 1959; Herb *et al*, 1960; Williams y McGee, 1983; Azpiros *et al*, 1981). En el cuadro 1A del apéndice se muestran los contenidos estándar y calidad del aceite de diversas oleaginosas.

Desde que Whitaker y Bohn (1950) consideraron la posibilidad de utilizar las semillas de calabaza como fuente de aceite y proteínas,

pocos han sido los estudios bioquímicos que sobre esta planta se han efectuado, y menos aún los esfuerzos por obtener genotipos aceiteros utilizables en la industria.

En la especie relacionada *C. foetidissima* considerada como fuente potencial de aceite para zonas áridas se han determinado contenidos de aceite de 34 % (Curtis, 1947 citado por Curtis y Gómez, 1974).

Curtis (1974) realizó el análisis de aceite y proteína de 50 plantas seleccionadas y encontró que estos variaron de 25.6 a 42.8 % y de 22.2 a 31.1 % respectivamente en *C. foetidissima* (citado por Zamora, 1980).

Scheerens *et al* (1978) determinaron contenidos de aceite de 2.1 a 43.1 % de grasa cruda en las semillas completas de *C. foetidissima* con promedios de palmítico, esteárico, oleico y linoleico de 9.7, 4.5, 27.0 y 58.5 % respectivamente.

Bemis *et al*, (1967) analizaron la composición del aceite de varias especies de *Cucurbita* y encontraron que de las especies cultivadas, es en *C. mixta* donde se encuentran los mayores contenidos de aceite (37.4 %) existiendo diferencias intervarietales en la especie *C. pepo* (24.6 a 31.9 %). *C. moschata* presentó contenidos de 31.2 a 33.5 %. Otras cucurbitáceas con altos contenidos de aceite fueron *C. andreana* (39.4 %), *C. sororia* (34.1 %) y *C. palmeri* (34.5 %). Estos mismos autores encontraron que los ácidos grasos presentes en el aceite son el palmítico, esteárico, oleico y linoleico; siendo el oleico el de mayor porcentaje en las especies cultivadas, presentandose en *C. moschata* un 50 % de este ácido; algunas variedades de *C. pepo* presentaron contenidos de oleico de 47 % y otras con 45 % de linoleico, no hubo presencia de ácido linolénico salvo en una variedad procedente de Chapingo, México. En las especies silvestres de *Curcubita* igualmente encontraron que un alto porcentaje del aceite corresponde a los ácidos grasos insaturados oleico y linoleico.

Markovic y Bastic (1976) mencionan que en regiones de Austria, Hungría y ex-URSS se consume aceite de semilla de calabaza. Hay variedades que producen 42-49 % de aceite contra el 30-40 % de las variedades ordinarias. La especie a la que pertenecen estas variedades es *C. pepo*. Estos autores encontraron que el aceite de calabaza presenta los ácidos grasos palmítico, estearico, oleico y linoleico siendo este último el de mayor porcentaje en el aceite.

Kohashi (1965) estudió la composición de una línea seleccionada por sus características agronómicas tales como forma, tamaño, producción y calidad de fruto. Ella encontró que las semillas de la línea estudiada tenían un contenido de aceite de 36.8 % con una composición de ácidos grasos de palmítico (26.4 %), linoleico (1.48 %), oleico (51.57 %) y mirístico (9.65 %) encontrando diferencias significativas con otros materiales en cuanto a palmítico y oleico se refiere.

Reyes (1976) estudió algunos cambios ocurridos a nivel morfológico y fisiológico bajo domesticación en especies silvestres y cultivadas de *Cucurbita* y encontró que las semillas de las poblaciones silvestres superan en el porcentaje de proteína a las semillas de las cultivadas; mientras que la cantidad de aceite es mayor en las semillas de las especies cultivadas que en la de las silvestres. Esto parece demostrar que con la domesticación se ha reducido el porcentaje de proteína pero se ha incrementado el porcentaje de aceite.

2.10. TECNICAS DE ANALISIS DE ACEITE

Los métodos de análisis cuantitativo mediante la extracción de aceite con disolventes son métodos que destruyen las semillas y no permiten la propagación directa de las semillas cuando forman parte de un trabajo de mejoramiento para la obtención de genotipos con altos contenidos de aceite. Este problema se ha resuelto con el desarrollo de técnicas de cuantificación del porcentaje de aceite sin alterar la estructura

física y química de la semilla, ya que de esta manera se conservan íntegras para la propagación directa. Una de estas técnicas es la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de la cual hay dos variantes: la RMN de línea amplia y la RNM de pulsaciones; la diferencia básica entre ellas es que la primera aplica un campo magnético de radiofrecuencia continua a la muestra, mientras que un campo magnético de radiofrecuencia discontinuo es aplicado en la última. La técnica de RMN se basa en la movilidad de los átomos de hidrógeno en un campo magnético de tal manera que con esta técnica se mide el total de hidrógenos asociados con la matriz no polar, ya que en las semillas el hidrógeno se presenta en otros tipos de moléculas aparte del agua y del aceite: las proteínas y los carbohidratos (Tiwari *et al*, 1974). Si la medición es realizada en semillas deshidratadas la respuesta del aparato de medición es directamente proporcional a la cantidad de aceite presente en la semilla (Robertson y Morrison III, 1979).

Diversos autores (Wolf *et al*, Zimmerman, Collins *et al*, Madsen, citados por Robertson y Morrison III, 1979); Schaefer y Stejskol, 1975; Strinnivasan *et al*, 1985; Tiwari *et al*, 1974) han demostrado que las determinaciones de aceite por RMN en diversas semillas de oleaginosas son más reproducibles y estadísticamente más confiables que las obtenidas por otros métodos de análisis. Actualmente la técnica de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) es la más empleada por genetistas y mejoradores de plantas oleaginosas (Robertson y Morrison III, 1979).

Como las propiedades físicas y nutricionales de los aceites están determinadas por la composición de ácidos grasos que presentan, se han implementado muchas técnicas de análisis para composición de aceite. Dentro de los métodos de análisis más recientes se pueden considerar a los cromatográficos como los más importantes y entre estos la cromatografía de gases es la más usada para el análisis de ácidos grasos. Desde que James y Martin (citados por Craig y Murty, 1959) aplicaron por primera vez esta técnica para separar ácidos grasos volátiles de una mezcla de composición conocida, han sido numerosos los

estudios que han comprobado su sencillez y eficiencia en el análisis de ácidos grasos de aceites de diferente origen vegetal (Craig y Murty, 1959; Herb *et al*, 1960; Williams y McGee, 1983; Azpiroz *et al*, 1981; Vickery, 1980).

Por lo anterior, la Resonancia Magnética Nuclear y la Cromatografía de gases son técnicas muy efectivas en el análisis cualitativo y cuantitativo del aceite de las semillas de diversas especies de plantas.

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1. ORIGEN DEL MATERIAL BIOLÓGICO

El material estudiado comprendió dos grupos de semillas de calabaza de distinto origen. El primero consistió de material procedente de 39 localidades de doce estados del país en las cuales se identificaron las tres especies de calabaza que se cultivan en nuestro país (*Cucurbita pepo*, *C. mixta*=*C. argyrosperma*, *C. moschata*) y que desde el año de 1985 se habían captado a través del M. en C. Moisés Mendoza Rodríguez, profesor investigador del departamento de Fitotécnica de la Universidad Autónoma Chapingo. La identificación se realizó sobre características externas de la semilla según criterios de Whitaker y Bohn (1950) y con la gentil colaboración del M. en C. Rafael Lira, investigador del Instituto de Biología de la U.N.A.M.; la relación y descripción de este material se presenta en el cuadro 1.

Se desconocen los procedimientos específicos de colecta para la obtención de la semilla, así como las características particulares de cada ambiente de los sitios de origen, y sólo se ubicó la altura sobre el nivel del mar de cada localidad en la que se obtuvo una colecta determinada.

En el cuadro 1 se denota que cada colecta fué marcada con un número cuyos dos primeros dígitos denotaban la identidad federativa y los tres siguientes la localidad de procedencia, basándose en las claves de las estaciones meteorológicas consideradas por García (1986). De las colectas se tomaron de tres a seis submuestras de 100 semillas contabilizándose un total de 127 submuestras para su valoración de contenido de aceite; en el Cuadro 2 se señala más específicamente el número de submuestras procesadas de cada una de las especies colectadas y las entidades federativas en las que se obtuvieron.

Cuadro 1. RELACION DE COLECTAS DE CALABAZA USADAS EN LA DETERMINACION DE CONTENIDO DE ACEITE

CLAVE	ESPECIE	LOCALIDAD	ESTADO	ALTURA msnm	No. DE SUB- MUESTRAS
07-028	<i>C. argyrosperma</i>	Villa de Acála	Chiapas	568	3
07-004	<i>C. moschata</i>	Angel Albino Corzo	"	667	3
10-004	<i>C. pepo</i>	Ganantlán	Durango	1950	3
11-001	<i>C. moschata</i>	Abasolo	Guanajuato	1760	3
11-002	<i>C. pepo</i>	Acambaro	"	1856	3
11-025	<i>C. pepo</i>	Juventino Rosas	"	1697	3
11-035	<i>C. moschata</i>	Penjamo	"	1750	3
11-045	<i>C. moschata</i>	Salvatierra	"	1761	3
11-047	<i>C. argyrosperma</i>	San Fernando	"	2100	3
11-060	<i>C. moschata</i>	Valle de Santiago	"	1780	3
11-064	<i>C. pepo</i>	Turandácuaro	"	1915	3
13-021	<i>C. pepo</i>	Tlaxcoapan	Hidalgo	2100	3
15-015	<i>C. pepo</i>	Chapingo	México	2250	2
15-083	<i>C. pepo</i>	Cuautitlan	"	2285	3
15-084	<i>C. pepo</i>	Tecámac	"	2294	3
15-088	<i>C. pepo</i>	Texcoco	"	2253	3
16-002	<i>C. pepo</i>	Acutzio	Michoacán	2000	3
16-009	<i>C. pepo</i>	Aquila	"	1040	3
16-076	<i>C. pepo</i>	Puruándiro	"	1994	6
17-010	<i>C. argyrosperma</i>	Jonacatepec	Morelos	1300	3
17-012	<i>C. argyrosperma</i>	Miacatlán	Morelos	899	3
17-017	<i>C. moschata</i>	Tepaltzingo	Morelos	1252	6
20-033	<i>C. pepo</i>	Huajuapán de León	Oaxaca	1572	3
20-061	<i>C. argyrosperma</i>	Coyotepec	"	1600	3
21-004	<i>C. argyrosperma</i>	Acatlán	Puebla	1213	6

Cuadro 1. (continuación)

CLAVE	ESPECIE	LOCALIDAD	ESTADO	ALTURA	No. DE
				msnm	SUB- MUESTRAS
21-043	NO IDENTIF.1	Acaxtlahuácan	"	806	3
21-045	<i>C.moschata</i>	Tehuitzinco	"	1285	5
21-062	<i>C.pepo</i>	Cholula	"	2209	3
21-081	NO IDENTIF.2	Tecamachalco	"	2013	3
21-089	<i>C.moschata</i>	Teziutlán	"	1990	3
21-089*	<i>C.pepo</i>	Teziutlán	"	1990	3
24-009	<i>C.moschata</i>	Cd. Maiz	San Luis Potosí	1239	3
30-003	<i>C.moschata</i>	Ursulo Galván	Veracruz	400	3
30-049	<i>C.argyrosperma</i>	Emiliano Zapata	"	1361	3
30-088*	<i>C.argyrosperma</i>	V. Carranza	(Puebla)	500	4
30-127	<i>C.argyrosperma</i>	Tierra Blanca	Veracruz	60	2
32-010	<i>C.pepo</i>	Calera	Zacatecas	2238	3
32-012	<i>C.pepo</i>	Villa García	"	2100	3
32-015	<i>C.moschata</i>	Apozol	"	1350	3
TOTAL	3	39	12		127

*probable origen.

msnm = metros sobre el nivel del mar.

Cuadro 2. RELACION DE SUBMUESTRAS DE Cucurbita spp COLECTADAS EN DIVERSOS ESTADOS DE LA REPUBLICA

ESPECIE COLECTADA	No. DE COLECTAS	No. DE SUBMUESTRAS	ESTADO DE ORIGEN
<i>C. pepo</i>	17	53	Mich.; Pue.; Oax. ; Zac.; Gto. ; Hgo.; Edo. de Méx.
<i>C. argyrosperma</i>	9	30	Chps.; Gto.; Mor. ; Pue.; Oax. ; Ver.;
<i>C. moschata</i>	11	38	Chps.; Gto.; Mor. ; Pue.; Ver. ; Zac.; S. L. Potosí
No identificada	2	6	Pue.
TOTAL	39	127	12

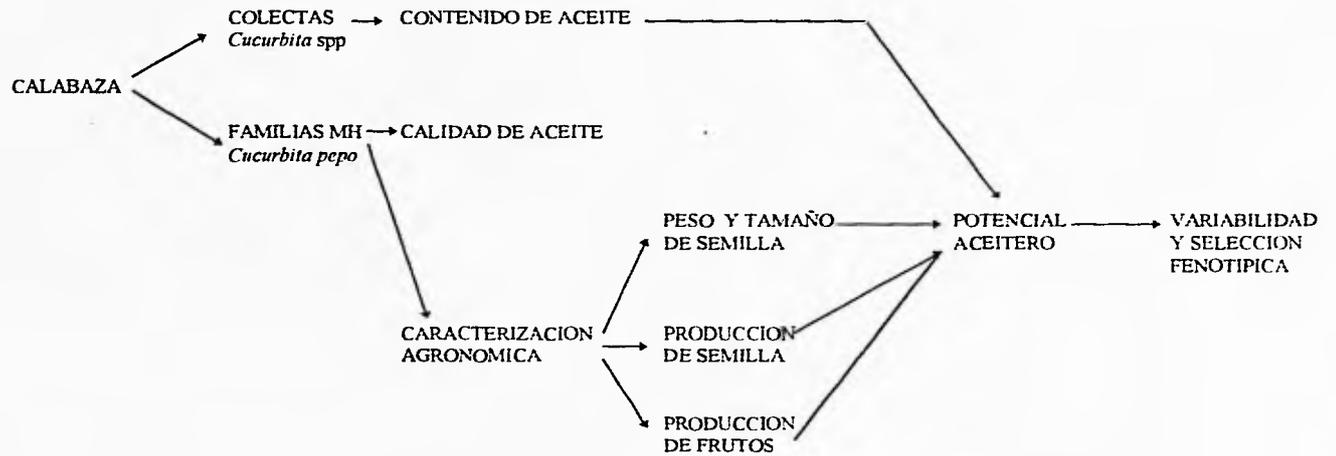
El segundo grupo consistió de submuestras de cien semillas tomadas al azar de 61 familias de medios hermanos maternos de *C. pepo* considerándose de una a tres submuestras por familia haciendose un total de 261 submuestras. Las familias utilizadas en este estudio fueron seleccionadas durante 1986 como parte del proyecto de mejoramiento genético para rendimiento de fruto y semilla de calabaza en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). El origen de este material se describe en el Cuadro 3 a partir de 1985.

Cuadro 3. ORIGEN DE FAMILIAS (MH) DE CALABAZA EVALUADAS PARA CONTENIDO Y CALIDAD DE ACEITE Y RENDIMIENTO DE SEMILLA EN CHAPINGO, EDO. DE MEXICO DURANTE 1988.

AÑO	TIPO DE MATERIAL	CRITERIO DE EVALUACION	TIPO DE SELECCION
85/86	Colectas	Adaptación a los Valles altos.	Individual
86/87	FMH ¹	Rendimiento de frutos y semillas.	Familiar
87/88	FMH	Cantidad y calidad de aceite.	Intrafamiliar

¹ Las familias evaluadas en cada ciclo agrícola son resultado de selección intrafamiliar sobre las familias del ciclo agrícola anterior.

La evaluación de ambos materiales se realizó en dos fases: la primera fue el análisis de contenido y composición del aceite de las semillas en el Laboratorio de Oleaginosas del I.N.I.F.A.P., bajo el apoyo y supervisión de la QFB. Evangelina Sevilla. La segunda fue la evaluación agronómica de las familias de medios hermanos maternos (FMH) en el lote Xaltepa X-13 del Campo Agrícola Experimental de la UACH. En el cuadro 4 se esquematiza el procedimiento seguido en la evaluación del potencial aceitero de la calabaza.



CORRELACIONES:

I) CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE FRUTO
(LARGO, ANCHO, GRUESO Y PESO DE FRUTO)

II) CARACTERÍSTICAS INTERNAS DE FRUTO
(GROSOR DE MESOCARPIO, DIAMETRO DE CAVIDAD, ALTURA DE CAVIDAD)

a) PESO Y TAMAÑO DE SEMILLA

b) RENDIMIENTO DE SEMILLA

c) SITIOS DE PRODUCCION

CONTENIDO Y CALIDAD DE ACEITE

Cuadro 4. PROCESO DE VALORACION DEL POTENCIAL ACEITERO DE LA SEMILLA DE CALABAZA (*Cucurbita spp*)

3.2. DETERMINACION DEL CONTENIDO Y CALIDAD DE ACEITE

El contenido de aceite en colectas y familias (FMH) se determinó mediante Resonancia Magnética Nuclear (RMN) en un equipo New Port Analyser MK III previa desecación de las submuestras a 80°C por un tiempo de 20 horas con la finalidad de disminuir la cantidad de humedad y evitar la interferencia de los átomos de Hidrógeno de las moléculas de agua. Posteriormente las submuestras se colocaron en desecadores de vidrio con Sílica como deshidratante, y cuando estuvieron a temperatura ambiente se pesaron y colocaron una por una en el magneto del equipo de Resonancia para determinar la lectura de la misma. Previamente se calibró el equipo de RMN al 100 % con solución de Sulfato de Cobre y con aceite de calabaza como testigo. Las lecturas proporcionadas por el aparato fueron utilizadas para la determinación del contenido de aceite mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{LM \times PT}{PM \times LT} \times 100$$

Donde:

A = porcentaje de aceite en las semillas

LM = lectura de muestra

PT = peso testigo

PM = peso muestra

LT = lectura testigo

La calidad del aceite de calabaza se determinó extrayendo la fracción lipídica de la semilla de 64 familias (FMH) de *C. pepo* que mostraron contenidos de aceite mayores al 35%, para lo cual se procedió de la siguiente manera: Se molieron aproximadamente 80 semillas de cada una de las submuestras durante 20 segundos en un molino Sten Mill y se tomaron 0.5 gramos de la submuestra sólida a la que se adicionaron 3 ml de hexano agitando por 10 segundos en Vórtex. Posteriormente se

centrifugó a 23 rpm durante 10 segundos, decantándose el sobrenadante en otro tubo de ensaye al cual se le agregaron dos gotas de Metilato de Sodio con la finalidad de obtener ésteres metílicos de los ácidos grasos. De esta solución se tomaron 2 microlitros y se inyectaron a un cromatógrafo de gases Varian modelo 3700 con detectores de ionización de flama provisto de columnas de acero inoxidable de 2 metros de longitud empacadas con Dietilén Glicol Succinato Poliéster como fase estacionaria y Chromosorb WAW 80/100 mallas como soporte, utilizando Nitrógeno como gas acarreador a 0.66 ml/seg (10 ml/15 min) con impresión automática de cromatograma. Las condiciones de trabajo fueron 180°C en las columnas y 250°C en detectores e inyectores.

El porcentaje de cada ácido sirvió de base como criterio de calidad y fue calculado por el método geométrico (Storch, 1975) conociendo el área bajo la curva del cromatograma considerado como un triángulo.

3.3. EVALUACION AGRONOMICA

3.3.1 LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DEL SITIO DE SIEMBRA

Se establecieron dos unidades experimentales de evaluación y selección en el lote Xaltepa X-13, ubicado en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, que se localiza a 90°29'30" Latitud Norte y 98°51'30" Longitud Oeste, a 2240 metros sobre el nivel del mar (Reyes, 1976; Guzmán, 1988).

Los suelos de este sitio son profundos y presentan un estrato superior con texturas medias y colores pardos, aumentando el contenido de arcilla y de estructura a medida que se profundiza. En las capas más profundas se presenta un estrato con textura gruesa; su pH es de ácido a

ligeramente alcalino, con contenidos medios de materia orgánica (Cachón et al, 1974). Por sus características estos suelos son considerados de gran productividad y con alta capacidad de retención de agua.

En cuanto al clima, García (1981) lo clasifica como del subtipo más seco de los climas templados subhúmedos con la notación C(We)(W)b(a)g en su sistema climático. La precipitación media anual es de 644.8 mm, con temperatura media anual de 15°C con poca oscilación térmica, presentándose el mes más caliente antes del solsticio de verano; las heladas se presentan generalmente de la primera quincena de noviembre a la segunda de febrero, aunque ocasionalmente se presentan algunas en septiembre-octubre y en el mes de marzo.

Una de las unidades experimentales fue sembrado el día 20 de abril de 1988, con 104 familias (FMH) seleccionadas por rendimiento de semilla; la segunda unidad experimental fue sembrada el 15 de mayo del mismo año y se sembraron 65 familias (FMH) caracterizadas por alto rendimiento de semilla y alto contenido de aceite; ambas unidades se establecieron en punta de riego, aunque dependieron básicamente de la temporada de lluvia, la primera unidad tuvo un riego adicional durante el mes de mayo, por lo que de aquí en adelante será referido como lote de punta de riego y el de fecha de siembra tardía como lote de temporal. Como se señaló anteriormente las familias evaluadas forman parte del proyecto de mejoramiento genético de la UACH y su proceso de formación se indicó en el cuadro 3.

La preparación del terreno se efectuó con tractor realizando berbecho, rastreo y surcado; los surcos se trazaron con anchos de 0.80 mts² en ambos lotes. El lote bajo riego se sembró en parcelas de 24 mts² para cada una de las familias, en cambio en el lote bajo temporal, las parcelas fueron de 15 metros. La separación de familias (FMH) se hizo mediante el intercalado de surcos de maíz de la variedad Mezcla Tropical de alto vigor de planta y resistencia al acâme.

El método de siembra fue a "*piquete de pala*" en cinco golpes, colocando tres semillas en cada uno. Como las semillas sembradas en una misma parcela provenían de un mismo fruto o familia de alto rendimiento de semilla, se consideró cada individuo seleccionado nuevamente, como una familia de medios hermanos (FMH). La distancia entre matas fue de 60 cm entre sí. En el lote bajo temporal, se realizó posteriormente un aclareo a 7 plantas por familia para mantener una densidad aproximada de 4000 plantas por hectárea que corresponden a densidades altas de población. En ambos lotes se fertilizó con Urea y Superfosfato triple de Calcio con la fórmula 80-40-00, aplicándolo a 10 cm de la base de la mata durante el último aporque.

Puesto que la calabaza es una planta altamente competitiva no se realizaron escardadas adicionales ni se requirió de un control continuo de malezas, sólo se arrancaron en dos ocasiones los tallos de maleza que sobresalían en los lotes, manteniéndose en un manejo similar al que realizan los productores agrícolas que usan métodos tradicionales de cultivo. Se trató de mantener la individualidad de las familias controlando la dirección de las guías en los primeros estados de alargamiento, dirigiéndolas hacia el interior de las parcelas.

3.3.2. CARACTERIZACION FISICA DE LAS SEMILLAS EVALUADAS POR CONTENIDO Y COMPOSICION DE ACEITE

Las semillas se caracterizaron por peso de 100 semillas tomadas al azar y midiendo el largo, ancho y grosor de las mismas. El peso de 100 semillas se obtuvo tanto en las colectas como en las familias (FMH). El tamaño de las semillas se determinó midiendo 10 semillas tomadas al azar por familia y colecta; las mediciones fueron realizadas previamente al análisis de contenido y calidad de aceite.

3.3.3. TOMA DE DATOS Y VARIABLES CUANTIFICADAS

Para la caracterización agronómica de familias (FMH) se realizaron mediciones y observaciones diversas; para estimar el porcentaje de establecimiento se cuantificó el número de plantas establecidas a 28 días después de la emergencia, usando la siguiente conversión:

$$PE = (Ple/SS) 100$$

Donde:

PE = porcentaje de plantas establecidas

Ple = número de plantas establecidas

SS = número de semillas sembradas

En el lote de temporal el aclareo se realizó después de haber obtenido este porcentaje. Cuando se inició la floración se realizó un segundo conteo para conocer la población final plantas/familias con cuyo promedio se determinó la densidad de plantas por hectárea en cada lote y por familia usando la siguiente relación:

$$DP = (PF) (FC)$$

Donde:

DP = densidad de plantas por hectárea

PF = número promedio de plantas/familia

FC = factor de conversión dependiente del tamaño de parcela o lote experimental, calculado con la relación: 10 000/tamaño de parcela útil o lote experimental.

Bajo este procedimiento, el factor de conversión fue de 417 para familias en el lote manejado bajo punta de riego y de 667 para familias en el lote bajo temporal. Para los lotes experimentales fue 457 y 10 respectivamente.

Para la estimación de la producción de frutos se contaron los frutos maduros de buen tamaño, mayores de 15 cm de longitud y en buenas condiciones de sanidad, producidos por cada familia y este valor fue dividido entre el número total de plantas para conocer la producción promedio de frutos/planta en cada uno de los lotes mediante la relación:

$$FP = F_{po}/NP$$

Donde:

FP = número promedio de frutos/planta.

F_{po} = número total de frutos producidos en el lote.

NP = número de plantas en el lote.

Se obtuvo el peso promedio de fruto (PP) y con él se estimó el rendimiento en peso de frutos por lote experimental y familia en una hectárea mediante la relación:

$$RF = (NF) (PP) (FC)$$

Donde:

RF = rendimiento en peso de frutos por hectárea.

NF = número de frutos producidos por familia o lote.

PP = peso promedio de frutos por familia o lote

FC = factor de conversión.

Como parte de la evaluación agronómica se midió el rendimiento de semilla por familia y dicha información sirvió para estimar el rendimiento de semilla por hectárea a nivel de familia y lote mediante la siguiente relación:

$$RS = (SF) (FP) (FC)$$

Donde:

RS = rendimiento de semilla (kg/ha) a nivel de familia o lote.

SF = peso promedio de semilla producido por fruto.

FP = número de frutos producidos por familia o lote.

FC = factor de conversión.

Para conocer la caracterización de fruto se midió la longitud y anchura de cinco frutos y se calculó el valor promedio de estas variables en cada familia, también se midió el grosor de mesocarpio y el tamaño de la cavidad, así como la longitud de la cavidad de cada fruto en cada familia.

3.4. ANALISIS ESTADISTICO

La dificultad para establecer repeticiones por familia, dada la necesidad de una gran extensión experimental aunada a las dificultades de manejo y a que ésta fue una evaluación preliminar no se generaron valores de los componentes de varianza que permitieran hacer las comparaciones de medias con mayor rigor estadístico, aunque sí permitió estimar las medias, desviaciones y coeficientes de variación entre familias, que de manera general, indican el grado de variación existente sin definir claramente si éste tiene orígenes genéticos o estuvo influenciado en menor o mayor grado por el medio ambiente. También se hicieron análisis de correlación entre variables, con la finalidad de determinar criterios prácticos que apoyen de manera directa o indirecta el trabajo de selección para mejorar esta especie.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. CONTENIDO DE ACEITE

Los resultados de la evaluación del contenido de aceite de las submuestras se presentan gráficamente en la figura 1, e indican que ambos grupos de materiales (colectas y familias de medios hermanos) presentaron contenidos de aceite promedios de alrededor de 40 %, con variabilidad semejante, pero con distribución de frecuencias diferente; las familias se distribuyeron normalmente, lo que sugiere que el contenido de aceite puede estar determinado por varios loci y que a la vez puede estar influenciado por el medio ambiente, por lo que las familias con bajos contenidos de aceite pudieran ser el resultado de la producción de semilla "vana", desadaptaciones al medio ambiente de producción, deficiencias en la polinización, o bien que son genotipos con ciclos tardíos de producción o poco productores de aceite.

La variabilidad genotípica (condición necesaria para tener éxito en programas de mejora genética) aparentemente es alta en las familias. Sin embargo, en este material no se pudieron fraccionar los componentes de varianza para conocer en qué magnitud el contenido de aceite es debido a efectos genéticos, principalmente por la necesidad de un número aceptable de repeticiones y controles de apareamiento y que por el hábito de crecimiento de esta planta hubiese requerido grandes extensiones de terreno y tiempo de trabajo, con lo cual no se contó en esta etapa.

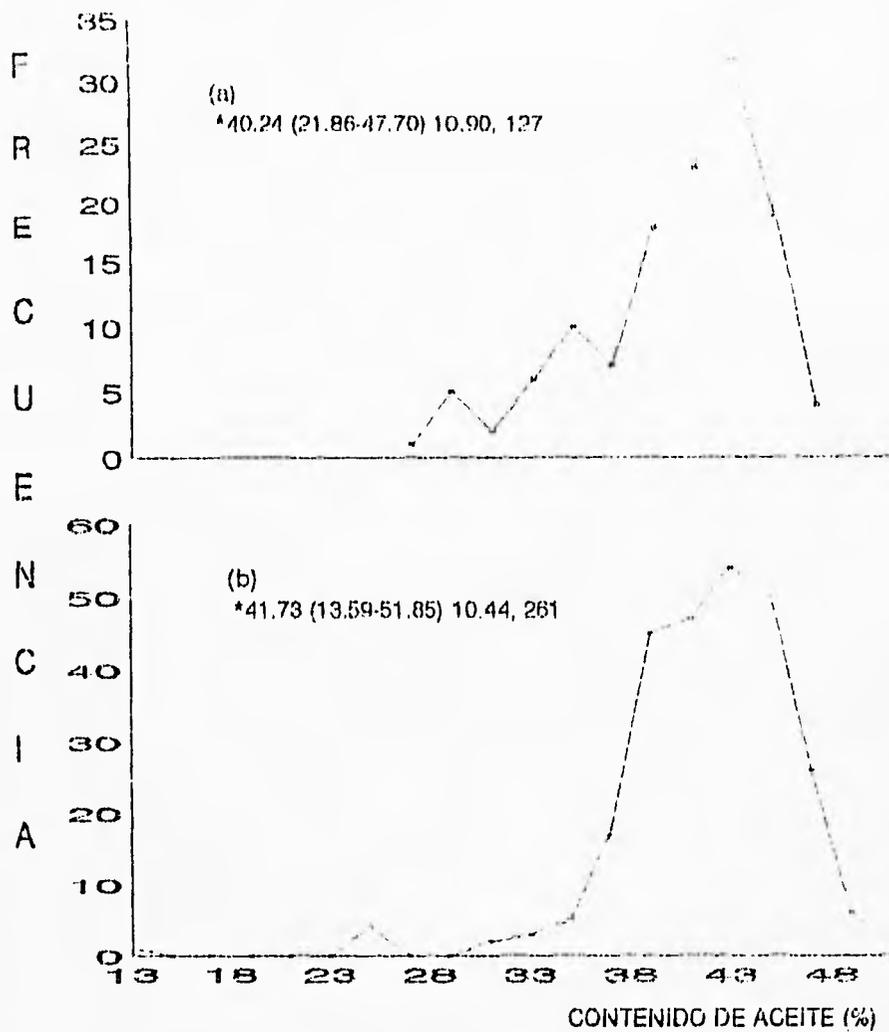


Figura 1. Distribución de frecuencias del contenido de aceite (%) en (a) colectas y (b) familias MH de calabaza: *promedio (rango) coef. de variación, número de submuestras

Por su parte las submuestras de las colectas tuvieron en términos generales, un contenido promedio de 40.24 % con una distribución de frecuencias poco ajustada al tipo normal; en este material se encontraban incluidas tres de las especies de calabaza comunmente cultivadas en nuestro país (*C. pepo*, *C. argyrosperma* y *C. moschata*), lo que explica inicialmente esta distribución, además de tener un alto coeficiente de variación derivado de la alta variabilidad interespecífica existente en estos materiales. Desde el punto de vista práctico de la explotación del recurso, este hecho es importante pues permite considerar como potencialmente aceiteras a las semillas de estas tres especies de calabaza.

Los contenidos promedio de aceite por especie colectada y su distribución de frecuencias se describen en el Cuadro 5 y Figura 2 donde se señala que *C. pepo* es la especie con el mayor contenido de aceite detectado (43.35%) y con una distribución de frecuencias semejante a la de familias (FMH) que reafirma la opinión de que el contenido de aceite es un carácter poligénico, aunque la variabilidad fue amplia. Para *C. moschata* y *C. argyrosperma* se detectaron contenidos de aceite menores (40 y 36 % respectivamente) y aunque con una distribución de frecuencias modificada al del tipo normal, mostraron mayor variabilidad, de lo que podría deducirse la existencia de variantes que presentan altos contenidos de aceite.

Los contenidos de aceite mostrados por cada especie son similares a los obtenidos por diversos autores (Earle *et al*, 1954; Kohashi, 1965; Bemis *et al*, 1966) y aunque en el presente estudio *C. pepo* presentó los mayores contenidos de aceite, esto no significa que las demás especies no puedan ser utilizadas en la obtención de aceite. Es de esperarse que en parte del material del grupo de colectas, principalmente en *C. moschata* y *C. argyrosperma*, se encuentren contenidos de aceite más altos al producirse y seleccionarse en sus propias condiciones ecológicas de producción, no ocurriendo así en Valles Altos donde presentarían fuerte desadaptación y una frecuencia alta de semillas vanas con poco aceite,

por lo que a nivel general puede considerarse a *C. pepo* como la más adecuada para la producción de aceite en Valles Altos de la Mesa Central, sin embargo para la zona Tropical y Subtropical las otras especies tendrían una respuesta específica que sólo podría conocerse al realizar trabajos de evaluación y selección en zonas ecológicas típicas para cada especie.

Cuadro 5. CONTENIDO DE ACEITE POR ESPECIE EN
COLECTAS DE CALABAZA

ESPECIE	CONTENIDO DE ACEITE	
	Promedio	43.35
	Rango	38.80 - 47.69
<i>C. pepo</i> L.	Coeficiente de variación	4.43
	No. de submuestras	53
	Promedio	35.56
	Rango	26.90 - 42.03
<i>C. argyrosperma</i> Huber	Coeficiente de variación	11.81
	No. de submuestras	30
	Promedio	39.87
	Rango	29.50 - 45.67
<i>C. moschata</i> Duch.	Coeficiente de variación	8.75
	No. de submuestras	38
NO IDENTIFICADA 1	Promedio	36.73
	No. de submuestras	3
NO IDENTIFICADA 2	Promedio	41.36
	No. de submuestras	3

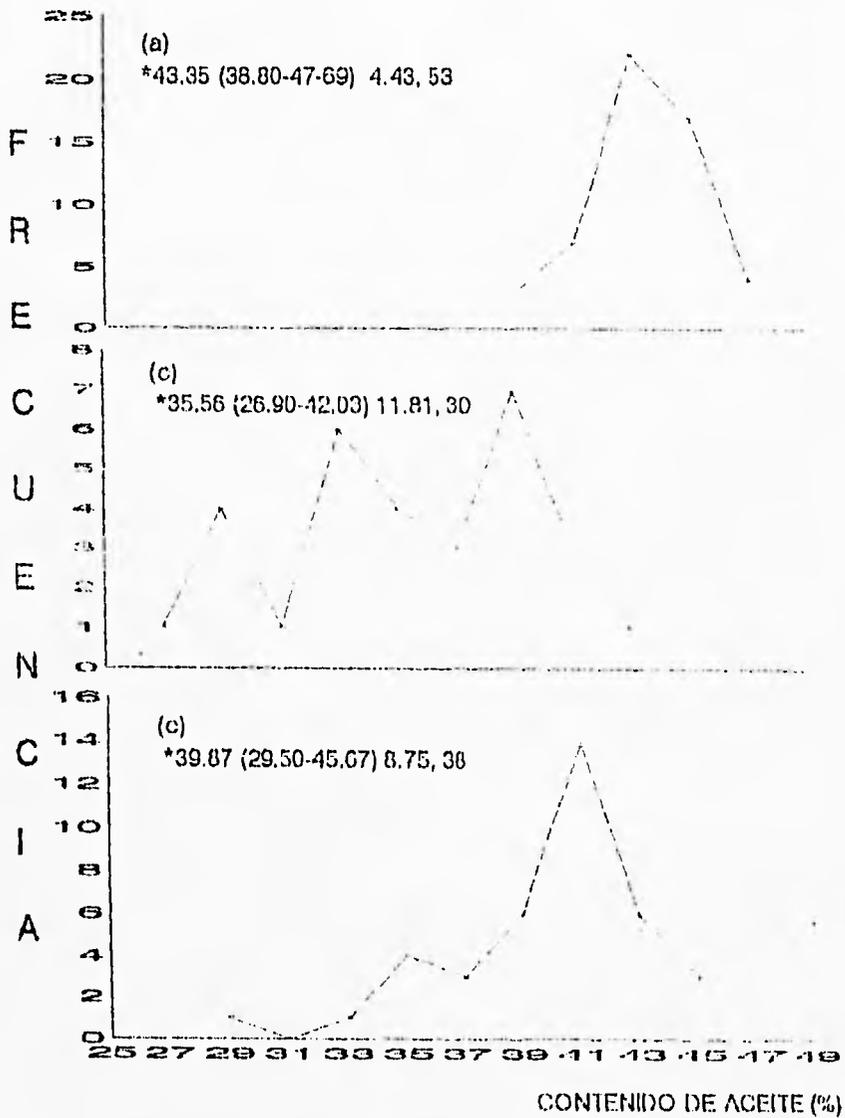


Figura 2. Distribución de frecuencias del contenido de aceite(%) en tres especies de calabaza: (a) *C. pepo*; (b) *C. argyrosperma*; (c) *C. moschata*: *promedio (rango) coeficiente de variación, número de submuestras

A éste nivel puede considerarse la existencia de amplia variabilidad fenotípica para contenido de aceite en *C. pepo* ya que si bien el contenido de aceite en las colectas alcanza valores de hasta 47.7 %, fue en las familias MH donde se encontraron valores más altos (hasta 52 %) lo que indica la existencia de variaciones, seguramente debidas a combinaciones genotípicas y diferentes grados de interacción del genotipo con el ambiente.

Los valores del contenido promedio de aceite en las familias MH fue superior al encontrado por Kohashi (1965) en una línea de *C. pepo* del determinado en la especie relacionada *C. foetidissima*, considerada como fuente potencial de aceite para zonas áridas (Curtis, 1947 citado por Curtis y Gómez, 1974; Curtis, 1972 citado por Zamora, 1980; Scheerens y Bemis, 1976). Sin embargo fue inferior al encontrado por Earle et al, (1959) quienes encontraron contenidos promedio de aceite en *C. pepo* de 46.2 %, valor que aunque supera al aquí encontrado puede considerarse dentro de los límites determinados en este grupo de materiales. También fue ligeramente inferior al contenido de aceite de las variedades de esta misma especie que se utilizan con fines aceiteros (42 - 49 %) en los países de la Europa del Este, aunque semejante a la de variedades ordinarias (30 - 40 %) que se producen en dichos países (Markovic y Bastic, 1976).

Con respecto a los cultivos oleaginosos, las semillas de las especies de calabaza evaluadas en esta investigación mostraron valores de contenido de aceite mayores a los considerados para cártamo, girasol, lino y jojoba y con contenidos promedio cercanos a los de cacahuete y colza, especies en las que se han efectuado trabajos de mejoramiento genético intenso y continuo, encaminados a aumentar sus contenidos de aceite (Röbbelen, 1975; Robles, 1980). En el cuadro 1A del apéndice se presentan valores del contenido de aceite de las semillas oleaginosas más importantes que comparadas con el contenido promedio de aceite de la semilla de calabaza refuerza la propuesta de usar las variantes de alto potencial aceitero en poblaciones semimejoradas o mejoradas en el que

los rendimientos de semilla por hectárea que se llegaran a producir serian el factor determinante.

4.2. EFECTO DEL SITIO DE ORIGEN SOBRE EL POTENCIAL ACEITERO DE LAS COLECTAS.

La altura como factor ambiental puede ser determinante en la producción de aceite, tal como sugiere Murray (1972) que sucede en girasol, ya que en función de ella cambia la cantidad de aceite en las semillas. En el cuadro 2A del apéndice se encuentra la información de las colectas evaluadas, ordenadas de forma descendente con respecto a la altura sobre el nivel del mar de los sitios de colección, con base a este cuadro se encontró que las especies de calabaza siguen un patrón de distribución con respecto a la altura, estando *C. argyrosperma* y *C. moschata* distribuidas generalmente en regiones de altitud menor a 2000 m.s.n.m, ubicándose *C. pepo* entre 1000 y 2400 m.s.n.m. Al respecto, Whitaker y Knight (1980) reportaron que *C. ficifolia* se encuentra de 1200 a 2568 m.s.n.m. ubicándose *C. argyrosperma* y *C. moschata* en tierras bajas y *C. pepo* a alturas intermedias entre éstas y *C. ficifolia*. En el mismo cuadro se observa que las colectas de *C. pepo* procedentes de regiones altas (1500-2400 m.s.n.m) tuvieron los mayores contenidos de aceite; un comportamiento similar presentó *C. argyrosperma* aunque con valores menores que en *C. pepo* y a menor altura, por su parte *C. moschata* aparentemente mostró una relación inversa.

Con la finalidad de determinar el grado de asociación entre el contenido de aceite de las colectas y la altura sobre el nivel del mar de los sitios de origen de las muestras evaluadas se hizo un análisis de correlación que proporcionó una $r = 0.40^{**}$ que indica inicialmente, un mayor potencial en el contenido de aceite en las muestras obtenidas en sitios de mayor altitud, y aunque el valor de la correlación no sea muy fuerte es posible pensar que la variación existente en estos materiales es producto de los efectos del ambiente de producción, aunque no se pueden

descartar los afectos genéticos que ya se detectaron al agrupar los valores de contenido de aceite por especie. La capacidad de depositación de aceite en semillas de colectas producidas en localidades tropicales y subtropicales pudiera estar asociada a las mayores temperaturas nocturnas que ocasionan mayores tasas respiratorias, esto ocurre en especies como el maíz donde el índice de eficiencia de acumulación de materia seca es inferior en los países tropicales (Chang, 1981).

En algunas oleaginosas y principalmente en girasol, se han encontrado correlaciones positivas entre el contenido de aceite y el peso y rendimiento de semilla (Ross y Unger, citados por Juseppe, 1983) aunque algunos autores (Feck *et al*, citados por Juseppe, 1983) no encontraron relaciones entre estas variables, e incluso otros más (Zali y Zamadi, citados por Juseppe, 1983) consideraron que es en las semillas pequeñas donde se encuentran los mayores contenidos de aceite. En el caso de la calabaza, los resultados fueron contradictorios ya que las colectas mostraron correlaciones negativas ($r = -0.45^{**}$) entre el peso de 100 semillas y el contenido de aceite mientras que en las familias esta correlación fue positiva ($r = 0.32^{**}$) aunque se presentó una relación positiva entre el rendimiento de semilla y el contenido de aceite ($r = 0.37^{**}$). El hecho de que en las colectas se presente una correlación negativa puede ser explicada en base a una mayor proporción de cáscara con respecto a la almendra, de manera que disminuye la cantidad estimada de aceite, ya que éste valor se obtiene al considerar el peso de toda la semilla; tal hecho es evidente en *C. argyrosperma* cuyas semillas en algunos cultivares presentan cáscaras con márgenes grisáceos gruesos y almendras de pequeño tamaño; la presencia de placentas y fibras adheridas a las semillas pudieron también haber afectado los valores de correlación.

El valor de correlación en el grupo de las familias entre contenido de aceite y peso de 100 semillas indican que el rendimiento de semilla depende del peso específico y éste a su vez se explica en función de las características de la semilla, particularmente del contenido de

aceite. En el caso de las FMH de *C. pepo*, las semillas tienen cáscaras relativamente delgadas y en condiciones de limpieza óptimas en contraste con las semillas de las colectas.

Los resultados obtenidos hasta esta parte de la investigación nos indican la existencia de contenidos de aceite altos, bajos e intermedios que dependen de factores genéticos, elemento fundamental para plantear en el futuro la mejora por contenido de aceite buscando formar variedades comerciales. Para ejemplificar el uso de este criterio de selección, en el cuadro 3A del apéndice se incluyen los contenidos de aceite de un grupo de familias MH de *C. pepo* seleccionadas para este fin, en las cuales además de alto contenido de aceite tuvieron altos rendimientos y pesos elevados de 100 semillas.

4.3. CALIDAD DE ACEITE EN FMH DE *C. pepo*.

El aceite de calabaza de la especie *C. pepo* mostró la composición de ácidos grasos que se detalla en el cuadro 6 y figura 3.

Cuadro. 6. COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE DE FAMILIAS MH DE *Curcubita pepo* L.

ACIDO GRASO	CARACTERISTICAS DE COMPOSICION (*)		
Palmitico	10.07	(7.07-12.56)	11.26
Esteárico	7.73	(5.08-10.13)	13.56
Oleico	35.35	(20.88-52.30)	18.37
Linoleico	46.84	(32.07-60.75)	18.10

(*)= promedio (rango) y coeficiente de variación

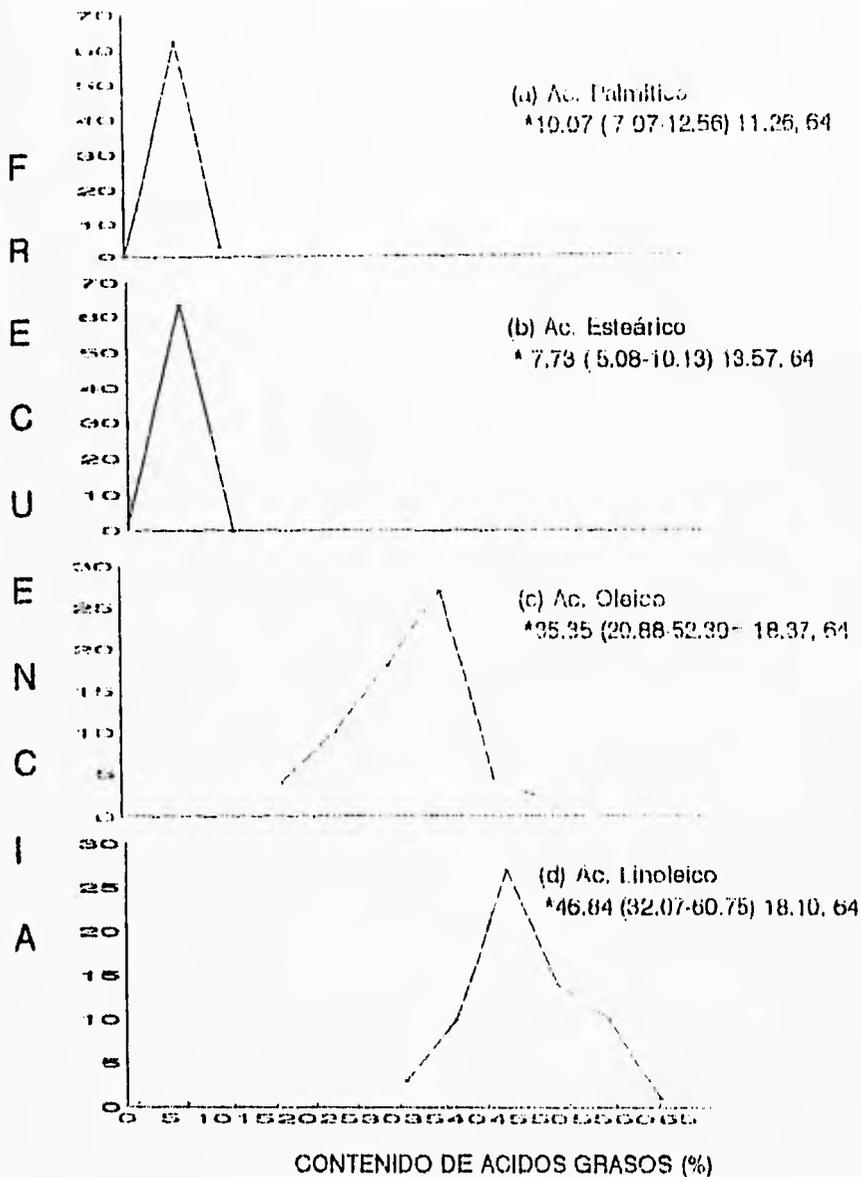


Figura 3. Distribución de frecuencias del contenido de ácidos grasos (%) en el aceite de familias MH de C. pepo:
 *promedio (rango) coef. de variación, número de submuestras

Se observa que los ácidos palmítico, esteárico, oleico y linoleico son los principales ácidos grasos presentes, con proporciones en 10.07; 7.73; 35.35 y 46.84% respectivamente, mostrando en este sentido una composición muy semejante a la reportada para soya, ajonjolí, cártamo, girasol y cacahuete (Röbbelen, 1975; Robles, 1980; Duffus y Slaughter, 1980) algunos de los cuales se detallan en el cuadro 1A del apéndice, además de ser similar a los señalados por Markovic y Bastic (1976), Bemis *et al* (1967) y Earle *et al* (1959) en cultivares de *C. pepo*, habiendo mínimas diferencias en relación a la especie *C. foetidissima* considerada como fuente potencial de aceite para zonas áridas (Curtis y Gómez, 1974; Scherens, *et al* 1978; Vasconcellos *et al*, 1980; Vasconcellos y Berry, 1982); no se detectó la presencia de linolénico o mirístico, componentes indeseables en aceites comestibles, que se hallaron presentes en algunas líneas de *C. pepo* estudiadas por Bemis *et al* (1968) y Kohashi (1965).

Por otro lado, las bondades nutritivas de un aceite están determinadas por el contenido de ácidos grasos insaturados, principalmente oleico y linoleico que son considerados como esenciales para el cuerpo humano. El aceite de calabaza analizado, presentó un balance de estos componentes (35.35 % de oleico y 46.84 % de linoleico) con rangos que varían entre las familias estudiadas de 21 a 52 % para oleico y de 32 a 61 % para linoleico. La tendencia observada en las curvas de frecuencia de los ácidos grasos (figura 3) y los valores de sus coeficientes de variación permiten considerar la posibilidad de efectuar mejoramiento genético por selección para calidad de aceite bajo el supuesto de un mayor valor de las componentes de varianza genética con respecto al efecto ambiental sobre esta característica. Al respecto se ha encontrado que *C. foetidissima* presenta una gran variación para composición de ácidos grasos, existiendo la posibilidad de realizar selección para mono o polinsaturación principalmente debida a oleico y linoleico (Scherens *et al*, 1978) los cuales muestran alta heredabilidad en sentido estrecho ($h^2 = .87$ y $.90$ respectivamente) lo que sugiere la presencia de un número pequeño de genes implicados en la síntesis de

ambos ácidos grasos (Gathman y Bemis, 1983); para otras plantas como maíz, cártamo y colza se han reportado valores de heredabilidad de alta a moderada (Harwood, 1975; Knowles, 1975; Kondra y Thomas, 1978) y en el caso de cacahuete se ha determinado que el alto contenido de oleico se debe a la presencia de alelos recesivos en dos loci (Moore y Krauft, 1989) mientras que en soya un alelo dominante de herencia sencilla es el causante del alto porcentaje de linolénico (Wilcox y Cavins, 1987).

No se han realizado aún estudios sobre la heredabilidad de los ácidos grasos presentes en el aceite de las especies domésticas de *Cucurbita*, pero de manifestar un modo de herencia similar al de las plantas arriba mencionadas existirá la posibilidad de realizar selección para la obtención de variedades productoras de aceite con un alto grado de poliinsaturación contribuido principalmente por el linoleico, el cual es deseable por que compensa los excesos de colesterolina, es precursor de las prostaglandinas y retiene la permeabilidad de la membrana celular contrarrestando los desórdenes arterioescleróticos con lo que ayuda a disminuir los riesgos de ataques cardiacos (Stamler, 1979; Coscia, 1982).

Como una forma del conocimiento de las perspectivas de usar el aceite de calabaza (*C. pepo*) en la alimentación humana, en los cuadros 4A y 5A del apéndice se enlista una relación de familias sobresalientes por sus contenidos de ácidos grasos oleico y linoleico respectivamente para indicar el grado de variación existente; con dichos valores se hizo la estimación del coeficiente de correlación entre estos ácidos grasos, de la que se obtuvo un coeficiente de correlación $r = -0.66^{**}$ y un valor de predicción (figura 4) para el contenido de ácido linoleico obtenido por regresión lineal con los siguientes valores:

$$Y = 79.99 - 0.94 X$$

Donde:

Y = contenido de ácido linoleico estimado

X = contenido de ácido oleico determinado en las muestras.

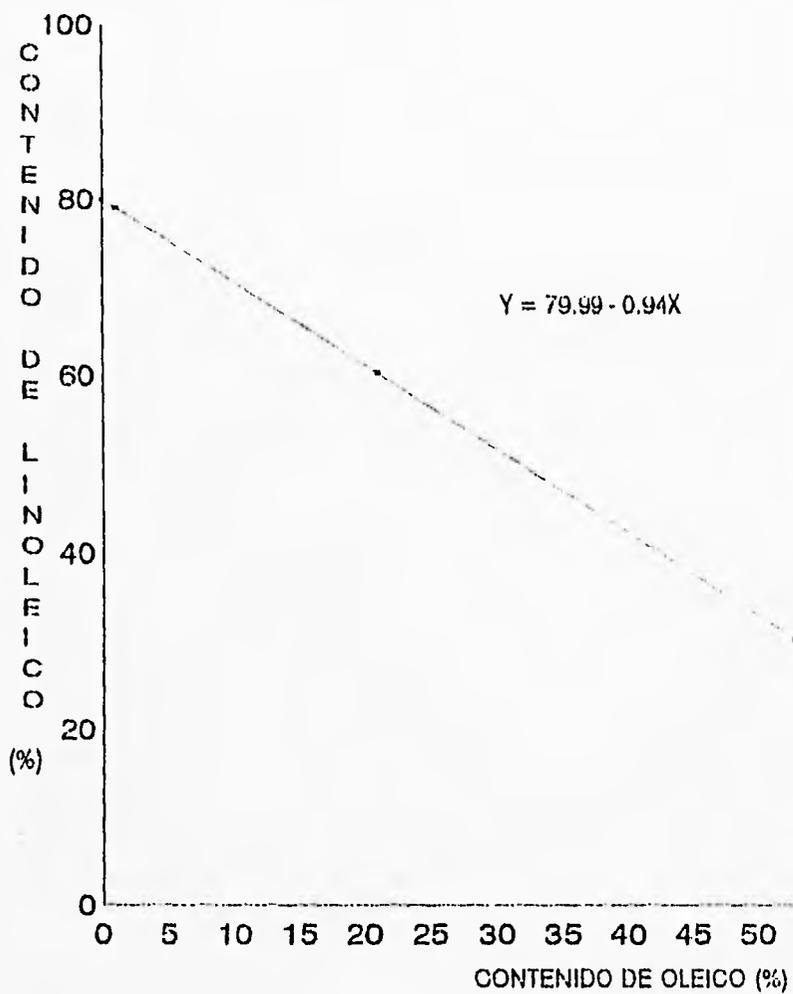


Figura 4. Línea de regresión del contenido de ácido linoleico vs contenido de ácido oleico en familias MH de C. pepo

Igualmente el ácido palmítico y el oleico correlacionaron negativamente entre sí ($r = -0.43^{**}$). Al respecto numerosos autores han encontrado una correlación inversa mayor ($r = -0.97$) de estos mismos ácidos en la especie relacionada *C. foetidissima* y en numerosas especies vegetales (Scherens et al, 1978; Harwood, 1975; Gatham y Bemis, 1983).

Estos resultados son explicados en base a las rutas metabólicas implicadas en la biosíntesis de cada ácido graso, ya que la formación de linoleico es a partir de oleico y éste se forma por la desaturación de ácidos grasos saturados (Lehninger, 1980; Stumpf, 1980; Harwood, 1975) así como por los cambios que experimenta la semilla conforme alcanza la madurez como sucede en cacahuate (Sanders, 1980a; Sanders, 1980b). Estas correlaciones tendrían implicaciones sobre los objetivos del mejoramiento genético porque no sólo el contenido de oleico o linoleico sería el criterio para la obtención de variedades aceiteras sino que también se tendría que considerar la velocidad de conversión de oleico a linoleico, seleccionando aquellos genotipos cuyas semillas retrasarán o acelerarán éste proceso.

La composición de ácidos grasos y el alto nivel de insaturación mostrado por el aceite de calabaza (cercana al 80 %) determinado por oleico y linoleico, así como la ausencia de ácidos grasos indeseables (linolénico, erúcico, etc.) lo hacen ideal para consumo humano desde un punto de vista nutricional, sin embargo, hay otro aspecto importante no evaluado en el presente estudio, que es la caracterización física del aceite, que determinará su aceptación, facilidad de industrialización y comercialización, por lo que se sugieren estudios contemplando estos aspectos, así como la caracterización por contenido y composición protéica y de los atributos nutricionales de la pasta obtenida como subproducto de la extracción del aceite.

4.4. CARACTERIZACION FISICA DE SEMILLAS EN FAMILIAS MH DE *C. pepo* Y COLECTAS

4.4.1. TAMAÑO DE SEMILLA

Los resultados de la caracterización física de las semillas, realizadas con base a largo, ancho y grosor de semilla se presentan en el Cuadro 7. Se observa que los valores obtenidos difieren de manera importante en las tres especies estudiadas existiendo variabilidad en ellas. *C. argyrosperma* mostró las semillas de mayor tamaño y el grupo de familias MH de *C. pepo* los tamaños más pequeños. Los valores de dimensiones de semillas y de coeficientes de variación en FMH fueron bajos con respecto a las colectas de *C. pepo* debido principalmente a que son variantes adaptadas a Chapingo, Estado de México, en lo que parece una manifestación de desadaptación que es muy típica en variedades o ecotipos introducidos de especies alógamas como el maíz. Probablemente también ocurra una disminución del tamaño de semilla porque al seleccionar para mayor producción de semilla por fruto se podría estar sacrificando el tamaño de semilla.

4.4.2. PESO DE 100 SEMILLAS

La distribución de frecuencias del peso de 100 semillas en colectas y familias se muestra en la Figura 5; en la que se puede denotar que las familias no presentan un efecto notable de merma de vigor inducida por la endogamia; por lo que en el supuesto de que existe variación genética para el peso específico de las semillas y del contenido de aceite, se prevé el avance genético para estos caracteres una vez que se implementen metas específicas de mejora para estos fines.

**Cuadro 7. DIMENSION DE SEMILLA EN TRES
ESPECIES DE CALABAZA**

ESPECIE	DIMENSIONES DE SEMILLA		
	LARGO (mm)*	ANCHO (mm)*	GROSOR (mm) *
<i>C. pepo</i> ¹	10.6 (8.2-12.4) 8.3, 65	4.4 (3.1-5.3) 3.1, 65.	1.2 (0.8-1.5) 13.7, 65
<i>C. pepo</i> ²	21.3 (14.2-25.6) 11.0, 27	9.1 (8.0-15.4) 15.3, 27	-----
<i>C. moschata</i> ²	18.7 (15.8-25.2) 16.7, 32	9.5 (7.8-11.4) 10.3, 32	-----
<i>C. argyrosperma</i> ²	24.2 (20.7-26.3) 8.2, 20	9.9 (6.8-13.5) 22.1, 20	-----

* promedio (rango) coeficiente de variación, número de submuestras.

1) familias MH 2) colectas

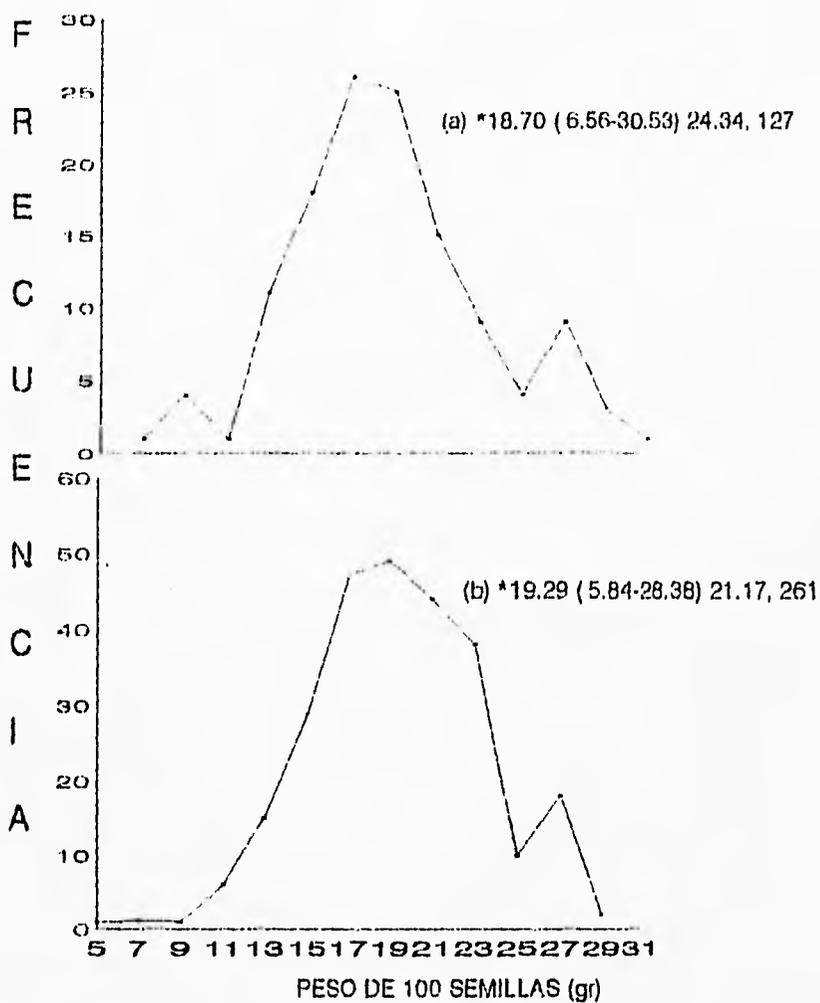


Figura 5. Distribución de frecuencias del peso de 100 semillas en (a) colectas y (b) familias MH de calabaza: *promedio (rango) coef. de variación, número de submuestras

Con respecto al peso de 100 semillas, particularmente para el grupo de las colectas se observa que su variación fue más alta y con una tendencia a distribuirse normalmente, y que pudo deberse a que las muestras de semilla tenían fuertes diferencias morfológicas por corresponder a diferentes especies, esto se indica en el Cuadro 8 donde se observa que *C. argyrosperma* presenta las semillas de mayor peso, que alcanzan hasta los 30.5 gr por 100 semillas, valores superiores a los presentes en las demás especies.

Cuadro 8. CARACTERIZACION POR PESO DE 100 SEMILLAS EN TRES ESPECIES DE CALABAZA

ESPECIE	PESO DE 100 SEMILLAS (*)			
<i>C. pepo</i> ¹	19.29	(5.84-28.38)	21.17,	263
<i>C. pepo</i> ²	16.36	(9.09-21.91)	18.06,	53
<i>C. argyrosperma</i> ²	21.84	(10.56-30.53)	19.11,	30
<i>C. moschata</i> ²	18.43	(13.08-29.28)	19.77,	38

(*) promedio (rango) coeficiente de variación, número de submuestras.

1) familias MH 2) colectas

El detalle gráfico del peso volumétrico se muestra en la Figura 6 que permite inferir la existencia de una base genética variable dentro de cada una de las especies y que se manifiesta en la presencia de diferentes cultivares con pesos variables de cien semillas, hecho que permitiría esperar que al integrar germoplasma de especies superiores por peso de semilla, el mejoramiento para rendimiento pudiera ser más rápido si se logra vencer las barreras reproductivas.

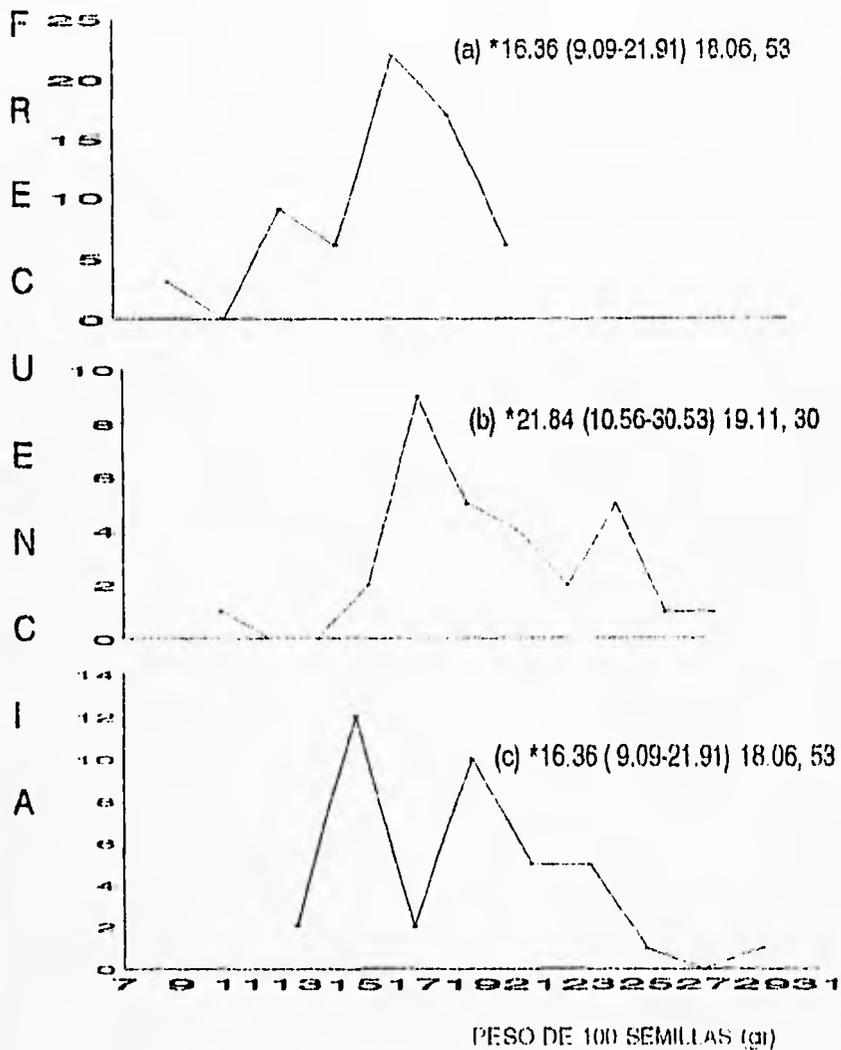


Figura 6. Distribución de frecuencias del peso de 100 semillas (g) en tres especies de calabaza: (a) *C. pepo*; (b) *C. argyrosperma*; (c) *C. moschata*: * promedio (rango) coef. de variación, número de submuestras

Al obtener los valores de correlación entre el peso de 100 semillas de las FMH y otras variables, se encontró una correlación positivas ($r = 0.61^{**}$), así como con el contenido de aceite ($r = 0.32^{**}$). Lo cual parece indicar que el peso específico de semilla depende del tamaño de semilla y del material depositado en ella, a su vez el rendimiento depende del peso específico de la semilla, de manera que existe la posibilidad de que al seleccionar para rendimiento y tamaño de semilla directamente se selecciona también para contenido de aceite, hechos que concuerdan con lo manifestado por Reyes (1976) de que la selección consciente sobre tamaño de semilla en las especies domésticas de calabaza también fue una selección inconsciente sobre el contenido de aceite. Sin embargo puede señalarse que en el futuro el mejoramiento de semilla y contenido de aceite, el tamaño y el peso de almendra serán más importantes que el peso volumétrico de semilla (almendra más cáscara).

4.5. CARACTERIZACION AGRONOMICA

4.5.1. RENDIMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS EN LOTES EXPERIMENTALES

Actualmente no hay datos consistentes en México sobre la estimación de los rendimientos de frutos y semillas por hectárea que se obtienen de esta planta. En algunos trabajos como el de Guzmán (1988) se encontraron que los valores de producción varían de acuerdo a los sistemas de cultivo (monocultivo o asociado con maíz) así como del tipo de fertilización usada en los mismos, alcanzando valores de hasta 28.5 Tn de frutos con 680 Kg de semilla por Hectárea en asociación con maíz; el mismo autor encontró mejores resultados cuando utilizó combinaciones de fertilización química y biológica.

Con el fin de contar con datos complementarios sobre el potencial productivo, en el presente estudio se obtuvieron los rendimientos estimados a partir de 1081 frutos cosechados en condiciones de riego y 425 bajo condiciones de temporal como parte de la evaluación de 104 y 65 familias FMH de *C.pepo* respectivamente. Los resultados integrados en el Cuadro 9 muestran rendimientos de frutos y semillas inferiores a los reportados, y que pueden explicarse en función del efecto negativo de alta densidad, la cual proporciona una población suficientemente representativa para separar de la variabilidad disponible, a aquellos individuos que presentan en mayor grado los caracteres por mejorar; la alta densidad de plantas usada probablemente disminuyó la producción de frutos por hectárea, aunque también otra causa probable fue debida a que la extracción de semilla se hizo prematuramente y ello no permitió el llenado de la misma; al respecto deberá realizarse un trabajo específico para determinar los cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos que se presentan durante la asimilación de materia seca en la semilla después de que el fruto se separó de la planta.

Ya que los resultados encontrados para producción de frutos/planta, fueron similares en ambos casos, puede considerarse que la calabaza es una planta altamente competitiva aun bajo limitaciones de disponibilidad de agua en el suelo. Las diferencias entre los pesos de fruto así como de rendimiento de semilla pueden ser explicados en base a las diferencias entre fechas de siembra que hubo entre ambos lotes, ya que el lote de riego, tuvo un ciclo más largo que el de temporal y por lo consiguiente mayor tiempo para la maduración de frutos y llenado de semilla hasta el momento de la extracción.

No debe descartarse la posibilidad de una sobrestimación o subestimación del rendimiento de semilla, Mendoza (comunicación personal, 1988) obtuvo para un grupo de familias un rendimiento de 1500 Kg/Ha en densidades inferiores a 2000 plantas/Ha, y los rendimientos en diversas regiones varían de 150 a 750 Kg/Ha (INIA-SARH, 1984), por lo que al hacer una estimación de la producción de frutos y semillas en áreas

pequeñas se cae en el riesgo de estimación sesgada, por lo que un trabajo específico deberá ser la evaluación en diferentes sitios con superficies de muestreo mayores. Sin embargo la causa más importante de la baja productividad pudo inducirse por la alta densidad de población que redujo la productividad por planta.

Con relación al porcentaje de emergencia, en el Cuadro 9 se observa que las pequeñas diferencias entre los porcentajes de establecimiento (3.1%) pudieron deberse principalmente a una mayor compactación del suelo en el lote bajo temporal. En el caso de Chapingo, Edo. de México se considera que para calabaza un 80 % de establecimiento de campo es satisfactorio, pues nunca germinan todas las plantas de las semillas depositadas (Mendoza, comunicación personal, 1988).

Para que un cultivo sea considerado como oleaginoso es importante el porcentaje de aceite que presenta su semilla, pero también lo es el rendimiento de semilla por hectárea que se pueda obtener del cultivo (Tiwari *et al.*, 1974); al respecto y como ya se mencionó con anterioridad, la semilla de calabaza presenta contenidos de aceite semejante al de las oleaginosas más importantes que lo harían adecuado para la extracción con fines alimenticios; en cuanto a los rendimientos de semilla (cuadro 9), estos se encuentran abajo de los obtenidos por Juseppe (1983) en 18 híbridos de girasol que registraron rendimientos que variaban de 521 a 1055 Kg/Ha, así como de otros autores también citados por Juseppe (1983), aunque es importante considerar que tanto el contenido de aceite como el rendimiento de semilla en girasol ha sido modificado a través del mejoramiento genético consistente (Röbbelen, 1975; Robles, 1980; Murray, 1972; Durand y Alexander, citados por Juseppe, 1983), mientras que para calabaza los trabajos de mejoramiento con este enfoque no han sido frecuentes.

Las poblaciones de plantas alógamas como la calabaza pueden ser consideradas mezclas de híbridos formados aleatoriamente con lo que

Cuadro 9. CARACTERISTICAS PROMEDIO POR FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS (FMH) DE CALABAZA (*C. pepo*)
EVALUADAS EN RIEGO Y TEMPORAL EN CHAPINGO, EDO. DE MEXICO DURANTE 1988.

CONDICION DE SIEMBRA	FMH EVALUADAS	PLANTAS EMERGIDAS (%)	DENSIDAD DE POBLACION (PLANTAS/Ha)	R E N D I M I E N T O			
				No. DE FRUTOS/PLANTA	No. DE FRUTOS/Ha	FRUTOS (Tn/Ha)	SEMILLA (Kg/Ha)
RIEGO	104	67.37	4204	1.03	4330	15.24	341.29
TEMPORAL	65	70.46	4250	1.13	48.03	14.75	213.01

se generan plantas de altos, intermedios y bajos rendimientos de semilla, por lo que al identificar individuos o grupos de individuos superiores es probable obtener otros más rendidores, de manera que pueden considerarse las variaciones en el rendimiento por familia como un indicador de las posibilidades de mejoramiento genético al detectar y seleccionar las familias más sobresalientes.

4.5.2. RENDIMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS DE FAMILIAS MH CONTRA POBLACION ORIGINAL

En el apartado anterior se presentó la experiencia relacionada con la estimación del rendimiento de frutos y semilla de calabaza por lote; sin embargo las variaciones de los valores por familia pueden aclarar un poco el origen de la variación observada y de ahí la variación genética entre las familias. Para tal fin se presentan los datos del Cuadro 10 para rendimiento de frutos y semillas por familia.

En la parte de materiales y métodos se aclaró que previo al análisis de cantidad y calidad de aceite se obtuvieron los rendimientos por familia del material analizado, de las cuales se derivaron las familias evaluadas agrónomicamente en condiciones de riego y temporal. Como la mayor parte de los caracteres cuantitativos son fuertemente influenciados por el medio ambiente, los resultados obtenidos muestran que probablemente las condiciones ambientales más drásticas que se presentaron durante el ciclo de 1988, así como el manejo que se hizo del cultivo en alta densidad causaron que las medias fenotípicas para rendimiento de semilla por fruto disminuyeran en cerca de 50 % en condiciones de temporal y en 25 % en condiciones de riego con respecto al material original, sin embargo se puede considerar como respuesta positiva a la selección realizada el hecho que el valor límite inferior haya sido mayor a 30 gr, no obstante los valores máximos fueron bajos en comparación con los superiores del material original.

Cuadro 10. RENDIMIENTO DE FRUTOS Y SEMILLAS DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS (FMH) DE CALABAZA
(*C. pepo* L.) EVALUADAS EN RIEGO Y TEMPORAL EN CHAPINGO, EDO. DE MEXICO (1988)

CONDICION DE EVALUACION		R E N D I M I E N T O				
		No. DE FRUTOS POR PARCELA	PESO DE FRUTOS Kg	SEMILLA/FRUTO Gr	TOTAL DE FRUTO (Tn/Ha)	TOTAL DE SEMILLA (Kg/Ha)
RIEGO	PROEMDIO	10.49	3.52	78.82	15.36	344.78
	RANGO	(3-13)	(2.0-4.6)	(31.08-120.00)	(8.75-20.12)	(136.00-524.9)
TEMPORAL	PROMEDIO	7.53	3.07	44.35	15.42	310.31
	RANGO	(2-13)	(2.6-4.4)	(24.80-173.00)	(12.86-22.10)	(124.56-868.9)

Los cambios observados en las curvas de distribución de frecuencias para el rendimiento de semilla por fruto (Figura 7), aparentemente indican un efecto de selección, donde la depresión endogámica pudo jugar un papel fundamental debido principalmente a la disminución del tamaño de población, aunque el hecho de haberse mantenido en polinización libre haya permitido la formación de híbridos en la generación subsiguiente que redujeron los efectos esperados por endogamia.

Un hecho importante a considerar en el mejoramiento genético es la presencia de variabilidad que permita obtener variedades productoras con altos rendimientos por hectáreas en las familias evaluadas; se ha detectado un rango de producción potencial de semillas por hectárea entre familias, algunas de las cuales se espera alcanzarían a producir más de 600 Kg de semilla por hectárea y sobre las cuales se podría continuar la selección intrafamiliar para la obtención de un compuesto de subfamilias más rendidoras, población de las que se podría obtener aceite en términos comerciales, ya que como se señaló con anterioridad las semillas de calabaza contienen un 40 % de este componente; en el caso de familias que resultaran ser híbridos de alta heterosis podría buscarse la reproducción de híbridos específicos de alto rendimiento por medio de la derivación de líneas, lo cual es una meta a largo plazo y que se ha aplicado a otras cucurbitáceas para obtener híbridos de: sandía, melón, pepino y también calabaza (Gröbbsen, 1977; Nath, 1974; Hernández, 1978).

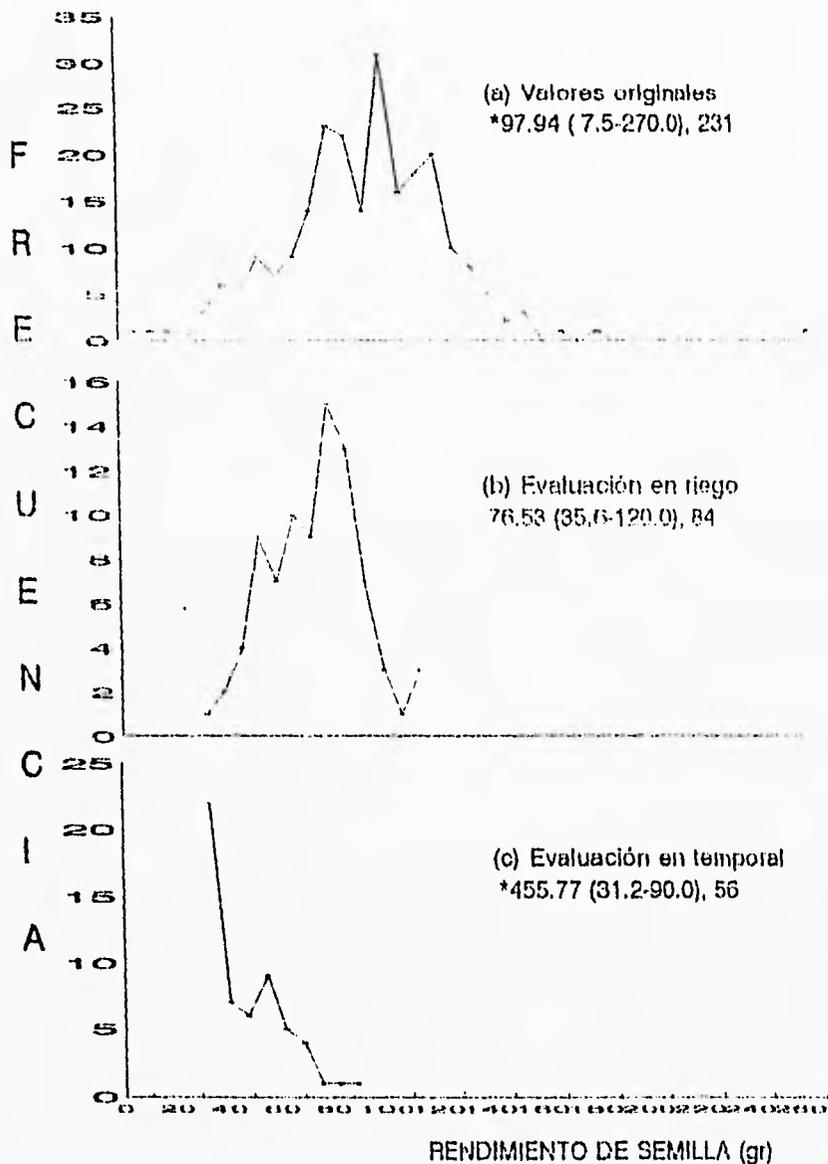


Figura 7. Distribución de frecuencias del rendimiento de semilla por fruto en familias MI-I de calabaza evaluadas bajo dos condiciones de producción después de un ciclo de selección: *promedio (rango) coef. de variación, número de submuestras

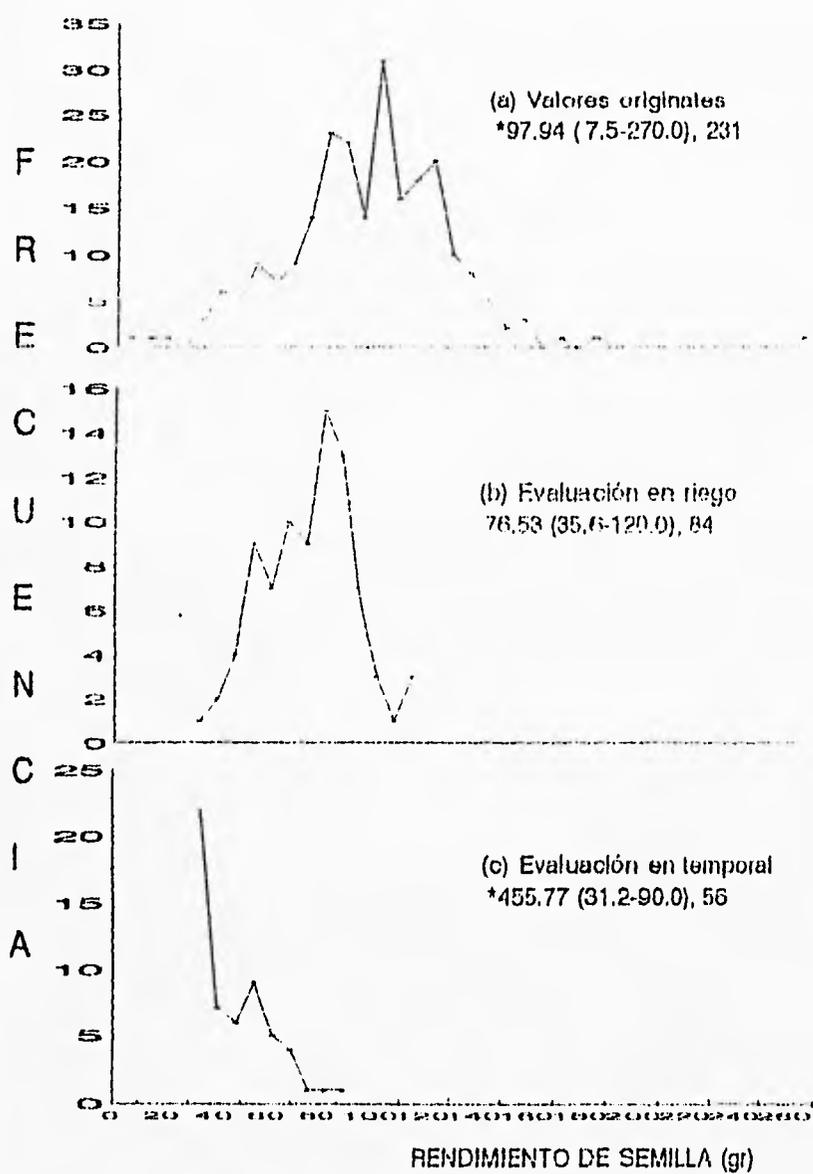


Figura 7. Distribución de frecuencias del rendimiento de semilla por fruto en familias MI-I de calabaza evaluadas bajo dos condiciones de producción después de un ciclo de selección: *promedio (rango) coef. de variación, número de submuestras

Al igual que el rendimiento de semilla, las familias también mostraron valores promedio variables de fruto aunque no tan amplios como en la población original (Cuadro 10) pero que al convertirse en rendimientos por hectárea hace que las diferencias sean más claras y dan idea de que es factible realizar mejoramiento genético por selección. Será necesario evaluar si el rendimiento puede ser mejorado por aumento en peso unitario o por aumento en el número de frutos producidos por planta, características que dependen en buena parte del ambiente de producción, de las posibilidades de polinización, época de madurez, etc, aunque finalmente también es esencial el potencial genético de las poblaciones mejoradas. Este enfoque sería fundamental si a la planta se le llegara a ubicar como planta forrajera y de producción de frutos para dulce o verdura.

Por otro lado, la continuación del trabajo de selección para rendimiento de semilla o fruto dependerá de hacer una evaluación de los efectos de diferentes niveles de selección practicados a la fecha, mediante la estimación del avance genético en material seleccionado y recombinado.

4.5.3. CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE FRUTOS

Los valores de las características morfológicas de frutos tomadas en consideración en el presente estudio (largo, ancho de fruto, grosor de mesocarpio, diámetro y altura media de la cavidad) para los dos lotes de evaluación (riego y temporal) se muestran en el cuadro II, donde se aprecia que los frutos procedentes del lote de riego presentan rangos de valores más amplios, aunque en términos generales ambos grupos presentan valores de largo ligeramente mayores a los de ancho, lo que sugiere que en promedio la forma de fruto es de tipo oblonga, que se caracteriza por ser hasta dos veces más larga que ancha (según criterio de selección y clasificación de forma de fruto usada a lo largo del trabajo de selección previa).

**Cuadro 11. DIMENSIONES GENERALES DE FRUTO DE FAMILIAS MH DE
CALABAZA (*C. pepo*)
EVALUADAS BAJO DOS CONDICIONES DE SIEMBRA
(Chapingo, Méx. 1988)**

CARACTERISTICAS	CONDICIONES DE SIEMBRA	
	RIEGO	TEMPORAL
Ancho de fruto (cm)	14.38-37.08	12.06-23.50
Largo de fruto (cm)	15.04-37.24	16.63-36.60
Grosor de mesocarpio (cm)	1.63- 4.15	1.10- 3.55
Diámetro de cavidad (cm)	8.80-18.00	8.67-16.50
Atura media de cavidad (cm)	-----	4.22-15.83

La ligera reducción de dimensiones de frutos obtenidos en siembra de temporal, sugiere la idea de que el ambiente de restricción reduce particularmente el grosor de fruto aunque induce un mayor alargamiento, que pudo estar relacionado con una menor fecundación debido a que durante la floración la presencia de insectos polinizadores pudo ser menos activa o con población reducida, también es posible que hayan influido las bajas temperaturas durante la formación de semilla. Lo anterior también puede ubicarse como un efecto de la selección en cuanto a la forma de fruto en el que los rangos de variación obtenidos para largo y ancho de fruto indican que es posible se pueda realizar selección para tamaño y afinar aún más la forma de los mismos, preliminarmente se ha observado que frutos medianos y chicos de forma redonda producen mayor cantidad de semilla (Mendoza, comunicación personal, 1988) Para las características internas, en ambos lotes se observaron frutos con mesocarpio no mayor de 2 a 4 cm de grosor, lo que sugiere la posibilidad de efectuar también selección para este rasgo, el cual debe estar regido

genéticamente aunque no se encontraron referencias bibliográficas que apoyen esta opinión.

4.5.4. ANALISIS DE CORRELACION ENTRE LAS DIVERSAS VARIABLES AGRONOMICAS EVALUADAS

El análisis de correlación entre las variables agronómicas cuantificadas parece indicar que el rendimiento de semilla se encuentra poco relacionado con el peso de fruto ($r = 0.293^{**}$), y con la longitud media de la cavidad ($r = 0.275^{**}$), la cual a su vez mostró correlaciones inversas con el diámetro de la cavidad de ($r = -0.342^{**}$) y con el ancho de fruto

($r = -0.365$) aunque positivas con el largo de fruto ($r = 0.370^{**}$). Otras correlaciones importantes que se determinaron fueron : entre el peso de fruto con ancho y largo de fruto así como con el grosor de mesocarpio ($r = 0.412^{**}$, $r = 0.230^{**}$ y $r = 0.322^{**}$ respectivamente); del ancho de fruto con el largo ($r = -0.556^{**}$), ancho de fruto y grosor de mesocarpio ($r = 0.679^{**}$) y ancho de fruto con diámetro de cavidad ($r = 0.679^{**}$) así como del diámetro de cavidad con el largo de fruto.

Estas correlaciones aunque significativas no resultan relevantes de manera directa para aumentar la productividad en semilla y no permiten hacer inferencias definitivas sobre las características que debe presentar un fruto altamente rendidor de semilla, pero indican que probablemente en frutos de bajo o intermedio peso unitario, con cavidades pequeñas, de forma elíptica a esférica es donde se podrían lograr los mayores rendimientos de semilla y frutos siempre y cuando se aumente el número de frutos por planta. Aunque para la construcción de índices de selección específicos no sólo deben considerarse las características fenotípicas de fruto, sino que deben de incluirse el fenotipo de la planta, fruto y semilla, lo cual con los elementos y conocimientos actuales no pudieron discernirse con claridad.

4.6. MANEJO AGRONOMICO

Por la ausencia de información para manejo de la calabaza en monocultivo y particularmente para manejo bajo condiciones experimentales y de mejoramiento genético se implementó el uso de unidades experimentales en tamaño y forma dependientes de un razonamiento empírico para obtener mejores resultados, para lo cual se considera pertinente discutir las ventajas y desventajas que presentó el manejo realizado en el presente estudio.

4.6.1. TAMAÑO, FORMA Y DELIMITACION DE PARCELA

Las familias se ensayaron en anchos de parcela equivalentes a tres surcos de 85 cm cada uno, usando maíz a densidades comerciales como barrera aledaña a cada parcela de calabaza; para los objetivos del presente estudio estas medidas resultaron adecuadas, sin embargo es más conveniente utilizar cinco surcos de ancho en 10 ó 15 metros y tres líneas de maíz de barrera para mantener aisladas lo más posible las familias. En las parcelas apenas se acomodaron 10 y 15 plantas, por lo que sería conveniente aumentar el largo de las parcelas a 10 ó 15 metros lineales en trabajos de comparación de avance genético o evaluación de tratamientos que requieran más precisión experimental usando pocos tratamientos. El manejo de guías para delimitar las familias no parece haber sido adecuado, pues se dañaron las guías fructíferas; quizás sólo manteniendo camino para toma de datos, cortando guías de parcelas contiguas, resulte lo más apropiado, o poniendo barreras de maíz en cabeceras de parcelas, lo que lógicamente incrementaría el tamaño de área experimental y las dificultades para toma de datos.

4.6.2. DENSIDAD DE POBLACION

Las altas densidades de población traen como consecuencia la baja producción de frutos por planta, pero por otro lado una planta alógama con alta heterocigosidad requiere de una buena cantidad de plantas por observación (mayor de 50) para detectar diferencias genéticas; en el caso de la calabaza la dificultad estriba en tener una gran cantidad de terreno uniforme con las facilidades de hacer experimentación, lo cual resulta difícil de lograr, aunque para fines de selección puede ser conveniente seguir seleccionando con una densidad mayor de 3 000 plantas por hectárea, para esperar una mayor competitividad en el material seleccionado y esperar que las variedades formadas pueden aprovecharse bajo ambientes restrictivos o bajo esquemas intensivos de producción. Las dimensiones y manejo de la unidad experimental junto con la alta densidad de población, que fue del doble o triple de densidad usual (1500-2000 plantas/ha), deben considerarse como efectos inductores de baja productividad de frutos y semilla por lo que en el futuro deberá precisarse la densidad de población adecuadas.

4.6.3. FECHAS DE SIEMBRA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

La calabaza para semilla en el Valle de México resulta ligeramente tardía para manejarse estrictamente en temporal, por lo que mientras no se tengan variedades más precoces, sólo su siembra bajo punta de riego a inicios del mes de Mayo puede asegurar su producción al reducir el riesgo de heladas tempranas con la aplicación de un sólo riego; así lo demuestran los resultados de producción bajo riego y temporal, ya que aunque fueron muy similares puede puntualizarse que bajo el manejo que se dio, con un riego se puede anticipar y asegurar la producción. Un enfoque específico del mejoramiento genético en la Mesa Central sería la reducción del ciclo para obtener poblaciones precoces.

4.7. DISCUSION GENERAL

Desde el punto de vista bioquímico, la calabaza puede considerarse una planta de alto potencial oleaginoso en México debido principalmente a que sus semillas presentan altos contenidos de aceite (40 %) rico en ácidos grasos insaturados (oleico y linoleico) que lo hacen adecuado para la alimentación humana; aunque quedaría pendiente la caracterización fisicoquímica del aceite y la solución a los problemas de extracción, refinado, estabilización y conservación que definirán con claridad la perspectiva económica de este cultivo.

Por los resultados obtenidos, aparentemente en *C. pepo* L. se encuentran las mayores posibilidades de obtención de aceite en la Mesa Central, aunque es necesario hacer un análisis más riguroso sobre las diferencias en contenido y calidad de aceite en las demás especies de calabaza que por su parte también mostraron contenidos de aceite aceptables, y que en su oportunidad deberán realizarse estudios más precisos con mayor cantidad de muestras y orígenes en sitios apropiados de producción.

La utilización de la semilla de calabaza como fuente potencial de aceite puede proporcionar una nueva alternativa de consumo para un amplio sector de la población mexicana, principalmente en aquella deficiente en el consumo de grasa *per capita*, cubriéndose de esta manera tal necesidad. Aunque para lograr esto, es necesario conocer si su extracción y posterior refinación es rentable de manera que sea atractiva para el inversionista, pero también que su costo comercial sea accesible a la mayoría de la sociedad.

El uso de la calabaza como oleaginoso también proporcionaría nuevas alternativas a los pequeños productores de esta planta ya que abriría para ellos un nuevo mercado a través de la industria aceitera y de alimentos procesados; igualmente es importante, el hecho de que bajo este

enfoque se rescataría a la calabaza del desplazamiento de que ha sido objeto por parte de otros cultivos y la podría colocar en un sitio de importancia mayor al que ya ocupaba en la economía de la población mexicana prehispánica.

En el aspecto agronómico aún cuando los rendimientos no fueron altos debido principalmente a las condiciones ambientales imperantes durante el ciclo agrícola de 1988 (sequía extrema y heladas tempranas) y quedaron abajo de los rendimientos obtenidos para la mayor parte de los cultivos oleaginosos, los bajos rendimientos mostrados por los materiales evaluados permiten considerar al aceite como un subproducto muy importante en un proceso de aprovechamiento integral en el que se puede obtener pasta residual con alto valor proteico utilizable como forraje, y mediante la selección de tipos apropiados puede ser posible la obtención de variedades rendidoras de semilla y aceite que mediante la determinación de prácticas apropiadas de manejo pueden incrementar los beneficios económicos de los productores.

El mejoramiento genético para la obtención de variedades oleaginosas de calabaza puede ser realizado mediante la selección de genotipos aceiteros de buena calidad como los mostrados en la tabla 2A del apéndice, en donde algunos genotipos además de tener altos contenidos de aceite presentan altos rendimientos de semilla, lo que es una condición deseable particularmente si la heredabilidad (h^2) es moderadamente alta (20%); esto permitiría esperar avance genético, aunque ello dependerá del procedimiento de control del apareamiento gamético, lo cual hasta ahora ha sido difícil de controlar por los problemas de aislamiento y eficiencia de cruzamiento manual debido al hábito de crecimiento y de polinización de esta planta.

Tratar de llegar a la obtención de un genotipo aceitero de calabaza implica impulsar los estudios que sobre esta planta se hagan, entre las cuales se incluirían además de la evaluación del potencial aceitero del avance genético logrado en los materiales aquí estudiados, la

continua evaluación de germoplasma para incorporar genes que a nivel regional determinen tipos más productivos; otra fase sería el estudio del uso de los residuos resultantes de la extracción de aceite (desde el fruto hasta la pasta residual) aunado a los estudios de digestibilidad, deodorización y blanqueo que se realizan sobre el aceite. Igualmente será importante seguir estudiando los métodos y manejo de siembra de la calabaza para obtener avances más rápidos en la producción de esta planta, complementandolo con el conocimiento ancestral que tienen los campesinos sobre la manera de cultivarla que a conducido a aumentar y mantener la diversidad genética de las diversas especies de esta planta, que antiguamente fue piedra angular en las relaciones socioeconómicas de los pueblos mesoamericanos y que actualmente está relegada al plan de los cultivos marginales de autoconsumo, por no ser compatible con los métodos agrícolas implicados en la modernización de la agricultura mexicana, pero que es uno de los tantos valores autóctonos que nos han permitido sobrevivir y apoyar un desarrollo menos desigual en el aspecto humano y socioeconómico; por los elementos aquí mencionados, resulta importante insistir en la necesidad de redescubrir y rescatar una fuente de potencial alimenticio para el pueblo mexicano.

V. CONCLUSIONES

Las muestras de semillas evaluadas en este estudio indican que las especies de calabaza (*C. argyrosperma*, *C. moschata* y *C. pepo*) pueden considerarse por su contenido y calidad de aceite como potencialmente aceiteras, particularmente las semillas de *C. pepo* que tuvieron características similares a las de las semillas de las mejores especies oleaginosas.

Se encontró variabilidad inter e intraespecífica para contenido de aceite y peso de cien semillas; aparentemente *C. pepo* presenta los mayores contenidos de aceite y *C. argyrosperma* los mayores pesos y tamaños de semilla.

El contenido de este aceite estuvo correlacionado positivamente con el rendimiento y peso de semilla, aunque esta correlación se altera por la proporción cáscara-almendra en especies subtropicales.

Desde un punto de vista nutricional, el aceite de *C. pepo* es adecuado para consumo humano dada la presencia de ácidos grasos insaturados en alto grado (80 %) contribuido por el ácido oleico y linoleico principalmente.

El ácido oleico y el linoleico estuvieron correlacionados negativamente. Existiendo alta variabilidad para cada uno de estos ácidos grasos.

Desde el punto de vista agronómico, los rendimientos de semilla obtenidos durante 1988 en las semillas (FMH) de *C. pepo* fueron bajos (341 Kg/Ha en riego y 219 Kg/Ha en temporal), aunque se detectaron familias con mayor capacidad (600 Kg/Ha en temporal y 730 Kg/Ha en riego).

La producción de frutos fue de 15.2 Tn/Ha; sin embargo se detectaron familias capaces de producir hasta 29.0 Tn/Ha.

Aunque los resultados de este trabajo en calabaza resulten preliminares, fue posible confirmar la existencia de potencial aceitero, de rendimiento de semilla y fruto, que aún no se ha explotado para la obtención de aceite comestible, ya que podría ser mejorado por métodos genotécnicos adecuados que a largo plazo permitirían obtener variedades oleaginosas o con otros usos específicos en alimentación humana y pecuaria.

BIBLIOGRAFIA

- Allard, R.W. 1960. Principles of plant breeding. Wiley. New York: 485 p.
- Azpiros, R.H.S.; E. Sevilla; C. Jacinto. 1981. Informe anual del laboratorio central de oleaginosas. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. I.N.I.A. Laboratorio Central de Calidad. México: 229p.
- Bemis, W.P.; J.W. Berry; M.J. Kennedy; D. Woods; M. Moran; A.J. Deutschman Jr. 1967. Oil composition of *Curcubita*. Jour. Am. Oil. Chem. Soc. 45: 429-430.
- Brauer, O. 1983. Fitogenética aplicada. Limusa. México:518p.
- Borghi, B; T. Maggiore; G. Boggini; F. Bonali. 1973. Inbreeding depression and heterosis in *Cucurbita pepo* L. evaluated by means of diallel analysis. Genetica Agraria. 27: 415-432.
- Borghi, B; W. Pironi. 1974. Evaluation of heterosis in *Cucurbita pepo* L. Proceeding of the 7th Congress of Eucarpia. Budapest. In "Heterosis in plant breeding". Jannesy, A. and F.G.H. Lupton Edts. Budapest: 219-226.
- Cachón, L.E; G.H. Nery; H.E. Cuánalo. 1974. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Rama de suelos. E.N.A. Chapingo, México.
- Comercio Exterior. 1986. 36 (12): 1121-1127.
- Coscia, A. 1982. Economía de las oleaginosas. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires: 162p.

- Craig, B.M; N.L. Murty. 1959. Quantitative fatty acids analysis of vegetables oil by Gas-Liquid Chromatography. Jour. Am. Oil. Chem. Soc. 36: 549-552.
- Curtis, L.C.; C.H. Gómez. 1974. *Cucurbita foetidissima*. Una fuente potencial de aceite y proteína en zonas áridas. Bol. Tec. 4. Centro Nacional de Investigación para el Desarrollo de Zonas Aridas (C.N.I.Z.A.). Saltillo, Coahuila. Méx.: 13p.
- Chang Zen-Hu. 1981. Corn yield in relation to photoperiod, night temperature and solar radiation. Agricultural Meteorology 24:253-262. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.
- De la Loma, J.L. 1982. Genética general y aplicada. U.T.E.H.A. Méx.: 752p.
- Deijodes, S.D.; Premnath; U.V. Sulladmath. 1982. Hibrid vigor in pumpkin (*C. moschata* Poir). In Genetica Agraria 36(1-2) Div. Univ. Agric. Sci. India.
- Domínguez, X.A. 1980. Química Orgánica. C.E.C.S.A. Méx.: 543p.
- Duffus, C; C. Slaughter. 1985. Las semillas y sus usos. AGT Ed. S.A. Méx: 188p.
- Earle, F.R.; E.H. Melvin; L.H. Mascon; C.H. Van Etten; I.A. Wolff. 1959. Search for new industrial oils I. Selected oils from 24 plants. Jour. Am. Oil Chem. Soc. 36: 304-307.
- Esquinas Alcazar, J.T.; Gulick. 1983. Genetics resources of pumpkin, squash and wild relatives; a global report. International Board for Plant Genetic Resources. Roma.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. U.N.A.M., Méx.

- Gathman, A.C; W.P. Bemis. 1983. Heritability of fatty acid composition of buffalo gourd seed oil. *The Jour. of Heredity* 74: 199-200
- Grob, R.L. 1977. *Modern practice of Gas Chromatographic*. Reinhold. New York.
- Gröbben, G.J.H. 1977. *Tropical vegetables and their genetic resources*. Tindall and Williams Eds. Roma.
- Guzmán; S.J.C. 1988 Efecto de la fertilización con efluentes de un digestor anaeróbico en malz (*Zea mays*) y calabaza (*Cucurbita pepo*) asociado y en unicultivo bajo condiciones de temporal. Tesis U.A.Ch. Chapingo, Méx.: 180p.
- Hammond, E.G.; W.R. Fehr; H.E. Snyder. 1972. Improving soybean quality by plant breeding. One of seven papers presented at the Symposium "The Plant Geneticist's Contribution Toward Changing Lipid and Amino Acids Composition of Oilseed". *Am. Oil Chem. Soc. Meeting, Houston, May, 1971*. In *Jour. Am. Chem. Soc.* 37: 127-129.
- Harwood, J.L. 1975. Fatty acid biosynthesis. In "Recent advances in the Chemistry and Biochemistry of plant lipids". T. Galliard and E.I. Mercer, eds. Academic Press, London:43-93.
- Herb, S.F.; P. Magidman; R.W. Riemenschneider. 1960. Analysis of fats and oils by Gas-Liquid Chromatographic and by Ultraviolet Spectrophotometry. *Jour. Am. Oil Chem. Soc.* 37: 127-129.
- Hernández, B.G. 1978. Cucurbitáceas. En "Análisis de los recursos genéticos disponibles a México". Cervantes, S.T. Edt. SOMEFI. Chapingo, Méx.: 492p.
- Heywood, V.H. 1978. *Flowering plant of the world*. D.M. Moore; I.B.K. Richardson Edts. Oxford University. London: 980p.

- Howell, R.W.; C.A. Brem; R.H. Rinne. 1972. The plant geneticist's contribution toward changing lipid and amino acid composition of soybeans. One of seven papers presented at the Symposium "The Plant Geneticist's Toward Changing Lipid and Amino Acid Composition of Oilseeds". AOCS. Meeting, Houston. May, 1971. In Jour. Am. Oil Chem. Soc. 49: 30-32.
- Hurd, P.D.; E.G. Linsley; T.W. Whitaker. 1971. Squash and gourd bees (*Peponapis*, *Xenoglossa*) and the origin of the cultivated Cucurbita. Evolution 25: 218-234.
- INIA. 1984. La milpa: sistema tradicional para producir maíz asociado con frijol y calabaza en la península de Yucatán. Centro de Investigación Agrícola de la Península de Yucatán. Méx.: 65p.
- Jugenheimer, R.W. 1981. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. Limusa. Méx.: 841p.
- Juseppe, C.F.J. 1983. Evaluación de dieciocho híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L) por su rendimiento, contenido y calidad de aceite. Tesis U.A.Ch. Chapingo, Méx.; 190p.
- Knowles, P.F. 1972. The plant geneticist's contribution toward changing lipid and amino acid composition of Safflower. One of seven papers presented at the Symposium "The Plant Geneticist's Contribution Toward Changing Lipid and Amino Acid Composition of Oilseeds". AOCS. Meeting, Houston, May 1971. In Jour. Am. Oil Chem. Soc. 49: 16-19.
- Knowles, P.F. 1975. Recent research on safflower, sunflower and cotton. Jour. Am. Oils Chem. Soc. 52: 374-376.
- Kohashi, S.J. 1960. Mejoramiento genético de la calabaza (*Cucurbita* spp) en México. Proc. Carib. Region Soc. Hort. Scien. 4: 16-19.

- Kohashi, S.Y. 1965. Análisis del aceite de semillas de *Cucurbita pepo* Línea XII-12. Tesis U.N.A.M. Mex. 21p
- Kondra, Z.P.; P. M., Thomas. 1978. Comparison of heritabilities derived from single F₁ seed populations and bulk seed from F₁ plant populations for oleic, linoleic and linolenic acid in oilseed rape. *Euphytica* 27: 645-647.
- Lehninger, A.L. 1980. Biochemistry. Worth Publisher Inc. New York: 1104p.
- Lira, S.R. 1995 Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de importancia económica. Systematics and ecogeographic studies on crop genepools. 9. International Plant Genetic Resources Institute and Instituto de Biología, UNAM, México: 279p.
- López, F. 1976. Sin título, mimeografiado proporcionado por el Dr. R. Ortega Paczka. Centros Regionales, Chapingo .Méx.
- Loy, B. 1985. Improving seed yields in hull-less seed strain of *Cucurbita pepo* pumpkins. *Hort. Sci.* 20 (2).
- Markovic, V.V.; L.V. Bastic. 1976. Characteristic of pumpkin seed oils. *Jour. Am. Oil Chem. Soc.* 53: 42-44.
- Márquez, S.F. 1986. Genotécnica Vegetal I. A.G.T. Ed. S.A. Méx. 357p.
- Mendoza, R.M. 1988. Comunicación personal.
- Mendoza, R.M. 1989. Comunicación personal.
- Miranda, C.S.; C.A. Velarezo. 1978. Cambios ocurridos con la precocidad en cuatro especies cultivadas. Avances en la Enseñanza y la investigación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.: 392-

- Miravalle, J.R. 1972. The plant geneticist's contribution toward changing lipid and amino acid composition of Cottonseed. One of seven papers presented at the Symposium "The Plant Geneticist's Contribution Toward Changing Lipid and Amino Acid Composition of Oilseeds". AOCS. Meeting, Houston, May 1971. In Jour. Am. Oil Chem. Soc. 49: 36-37.
- Moore, K.M.; D.A. Knauft. 1989. The inheritance of high oleic acid in peanut. The Jour. of Heredity 80 (3): 252-253.
- Murray, L.K. 1972. Breeding for lipid and amino acid composition in sunflower. One of seven papers presented at the Symposium "The Plant Geneticist's Contribution Toward Changing Lipid and Amino Acid Composition of Oilseeds". AOCS. Meeting, Houston, May 1971. In Jour. Am. Oil Chem. Soc. 49:
- Nath, P. 1974. Breeding techniques in cucurbitaceous crops. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 34A-SABRAO Proc.; 1228-1231. In "Breeding Researches in Asia and Oceania". Ed. S. Ramanujam y R.D. Iyes. India. 1328p.
- Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. 1960. Adelantos para la investigación. SAG. Méx.
- Poehlman, J.M. 1986. Mejoramiento genético de las cosechas. Limusa. Méx.: 453p.
- Reyes, T.S. 1976. Estudio de algunos cambios morfológicos y fisiológicos ocurridos bajo domesticación en *Cucurbita pepo*. Tesis Maestría. Genética. Colegio de Postgraduados. E.N.A. Chapingo, Méx.
- Röbbelen, G. 1975. Screening for oils and fats. In "Crops Genetics Resources for today and tomorrow. Ed. by O.H. Frankel and J.G. Hawken. Cambridge University Press. New York: 231-245

- Robertson, J.A.; W.H. Morrison III. 1979. Analysis of oil Content of sunflower seed by wide-line NMR. Jour. Am. Oil. Chem. Soc. 56: 961-964.
- Robinson, R.W.; H.M. Munger; T.W. Whitaker; G.W. Bohn. 1976. Genes of the Cucurbitaceae. Hort. Science 11(6):554.568.
- Robles, S.R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Limusa. Méx.: 675p.
- Ruíz, O.M. 1975. Tratado elemental de Botánica. ECLALSA. Méx.
- Sanders, T. H. 1980a. Effects of variety and maturity on lipids class composition of peanut oil. Jour. Am. Oils Chem. Soc. 57: 12-15.
- _____ 1980b. Fatty acids composition of lipid classes in oils from peanuts differing in variety and maturity. Jour. Am. Oils Chem. Soc. 57: 12-15.
- Schaefer, J; E.O. Stejskol. 1975. Carbono-13 nuclear magnetic resonance analysis of intact oilseeds. Jour. Am. Oil Chem. Soc. 52: 358-359.
- Scheerens, J.C.; W.P. Bemis; M.L. Dreher; J.W. Berry.1978. Phenotypic variation in fruit and seed characteristics of buffalo gourd. Jour. Am. Oil Chem. Soc. 52: 358-359.
- Storch de Gracia y Asensio, 1975. Fundamentos de la cromatografía de gases. Alhambra. Madrid: 209p
- Stamler, J. 1979. Populations studies . In "Nutrition lipids and coronary heart disease". R. Levy, B. Rifkind, B. Dennis and N. Ernst Eds. Raven Press N.Y: 25-88.
- Strinnivasan, V.T.; B.B. Singh; P.K. Chidambareswaran; V. Sundaram. 1985. Cottonseed oil estimation by Pulsed Nuclear Magnetic Resonance Technique. Jour. Am. Oil Chem. Soc. 62(6): 1021-1025.

- Stumpff; P.K. 1980. Biosynthesis of saturated and unsaturated fatty acids. In "The Biochemistry of plants. A comprehensive treatise. Vol. 4. Lipids Estructure and funtion". P.K. Stumpff and E.E. Conn Eds. New York: 693 p.
- Tallent, W.H. 1972. Improvised High-Erucic oilseeds: chemical or genetically?. One of seven papers presented at the Symposium "The Plant Geneticist's Contribution Toward Changing the Lipid and Amino Acid Composition of Oilseeds", AOCS, Meeting, Houston May 1971. In Jour. Am. Oil Chem. Soc. 51: 104-109.
- Tiwari, P.N.; P.N. Gambhir; T.S. Rajan. 1974. Rapid and no destructive determination of seed oil by pulsed nuclear magnetic resonance technique. Jour. Am. Oil. Chem. Soc. 51: 109-109 .
- Vickery, J.R. 1980. The fatty acid composition of oil from ten plant families whit particular reference to cyclopropene and dihydrosterculic acids. Jour. Am. Oil Chem. Soc. 57: 87-91.
- Vasconcellos, J.A.; J. W. Berry; C. W. Weber. 1980. The properties of *Cucurbita foetidissima* seed oil. Jour. Am. Oils Chem. Soc. 57: 310-312.
- _____ . 1982. Characteritics of laboratory-processed *Cucurbita foetidissima* seed oil. Jour. Am. Oils Chem. Soc. 59 (2): 79-84.
- Villaseñor, M.H.E. 1981. Evaluación de los genotipos de calabacita (*Cucurbita pepo*) en dos densidades de población y tres épocas de aplicación de fertilizantes. Tesis UCh. Chapingo, México.
- Whitaker, T.W.; G.W. Bohn. 1950. The taxonomy, genetics production and uses of the cultivated species of *Cucurbita*. Economic Botany 4: 52-79.

- Whitaker.; G.N. Davis. 1962. The Cucurbits: Botany, cultivation and utilization. Leonard Hill Ltd. London: 250p.
- _____.; W.P. Bemis. 1964. Evolution in the genus *Cucurbita*. *Evolution* 18: 553-559.
- _____. 1968. Ecological aspect of the cultivated *Cucurbita* Hort. Science 3(1): 9-11.
- _____.; R.J. Knight. 1980. Collecting of cultivated and wild, *Cucurbita* in Mexico. *Economic Botany* 34: 312-31
- _____ 1981. Archeological *Cucurbita*. *Economic Botany* 35: 460-466.
- Wilcox, J. R.; J. F. Cavins. 1987. Gene symbol assigned for linolenic acid mutant in the soybean. *The Jour. of Heredity* 78: 410.
- Williams, M.G.; J. MacGee. 1983. Rapid determination of free fatty acids in vegetable oils by gas-liquid Chromatography. *Jour. Am. Oil Chem. Soc.* 60(8): 1507-1509.
- Yermanos, D.M.; S. Emstreet; W. Saleeb; C.K. Huszar. 1972. Oil content and composition of the seed in the world collection of sesame introductions. One of seven papers presented at the Symposium "The Plant Geneticist's Contribution Toward Changing the Lipids and Amino Acid Composition of Oilseed", AOCS, Meeting, Houston, May 1971. In *Jour. Am. Oil Chem. Soc.* 49: 20-23.
- Zamora, D.M.R. 1980. Evaluación de Calabacilla Loca (*Cucurbita foetidissima* HBK) bajo riego y temporal con materiales nativos e introducidos en Navidad, N.L. Tesis Univ. Aut. Agr. "Antonio Narro". Saltillo, Coah. Méx.: 48p.

A P E N D I C E

Cuadro 1A. CONTENIDO TOTAL DE ACEITE Y COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DE LOS PRINCIPALES ACEITES VEGETALES

NOMBRE BOTANICO	NOMBRE COMUN	ACIDOS GRASOS (%)				CONTENIDO DE ACEITE (%)
		SATURADOS	OLEICO	LINOLEICO	LINOLENICO	
<i>Linnun usitatissimum</i>	Linaza	6-16	13-36	10-25	30-60	30-40
<i>Carthamus tinctorius</i>	Cártamo	5-10	13-37	57-59	0	20-38
<i>Helianthus annuus</i>	Girasol	9-17	14-72	33-72	0	20-40
<i>Gossypium hirsutum</i>	Algodón	12-25	20-44	35-54	0	20-38
<i>Arachis hipogaea</i>	Cacahuete	9-30	40-66	20-38	0	38-50
<i>Zea mays</i>	Maíz (embrión)	8-18	23-49	34-56	0	24-32
<i>Glycine max</i>	Soya	10-18	22-30	50-60	5-9	13-24
<i>Brassica campestris</i>	Colza*	4-14	14-29	12-24	110	35-40
<i>Brassica napus</i>						
<i>Ricinus comunis</i>	Higuerilla	1-2	1	4	0	40-55
<i>Olea europea</i>	Olivo	10	83	7	0	12-15
<i>Elaeis guineensis</i>	Palma (grano)	75-85	10-18	1-2	0	58
<i>Elaeis guineensis</i>	mesocarpio	40-45	39-47	5-11	0	30-40
<i>Cocos nucifera</i>	Copra	90	5-8	1-2	0	63

*Contiene 40-54 % de ácido erúxico.

Fuente: Duffus y Slaughter, 1985.

Cuadro 2A. CONTENIDO PROMEDIO Y PESO DE 100 SEMILLAS DE DIVERSAS
 ESPECIES DE CALABAZA OBTENIDAS EN DIFERENTES LOCALIDADES DE
 MEXICO

ALTURA (m. s. n. m)	CLAVE DE ORIGEN	ESPECIE	CONTENIDO DE ACEITE	PESO DE 100 SEMILLAS (gr)
2353	15-088	<i>C. pepo</i>	43.99	16.97
2294	11-084	"	46.95	16.49
2285	15-083	"	45.00	18.53
2250	15-015	"	42.52	20.72
2238	32-010	"	41.69	15.83
2209	21-062	"	46.04	15.45
2100	13-021	"	40.97	16.46
2100	11-047	<i>C. argyrosperma</i>	34.25	16.69
2100	32-012	<i>C. pepo</i>	40.90	9.22
2013	21-081	No identificada	39.98	27.28
2000	16-002	<i>C. pepo</i>	42.98	16.26
1994	16-076	"	43.64	13.13
1190	21-089	<i>C. moschata</i>	41.36	15.17
1950	10-004	<i>C. pepo</i>	43.65	17.43
1915	11-064	"	40.84	20.13
1856	11-002	"	43.67	17.51
1780	11-060	<i>C. moschata</i>	38.52	20.95
1761	11-045	" "	41.69	19.71
1760	11-035	" "	36.26	22.43
1760	11-001	" "	39.11	23.91
1697	11-025	<i>C. pepo</i>	44.44	13.14
1600	20-061	<i>C. argyrosperma</i>	40.22	18.87
1572	20-033	<i>C. pepo</i>	43.54	18.96
1361	30-049	<i>C. argyrosperma</i>	31.59	28.98
1350	32-015	<i>C. moschata</i>	42.18	23.17
1300	17-010	<i>C. argyrosperma</i>	36.33	15.75
1285	21-045	<i>C. moschata</i>	42.30	19.56
1252	17-017	" "	36.06	16.81

continuación.... Cuadro 2A

ALTURA (m. s. n. m)	CLAVE DE ORIGEN	ESPECIE	CONTENIDO DE ACEITE	PESO DE 100 SEMILLAS(gr)
1239	24-009	<i>C. moschata</i>	37.65	15.09
1213	21-004	<i>C. argyrosperma</i>	34.37	20.81
1004	16-009	<i>C. pepo</i>	43.01	19.73
899	17-012	<i>C. argyrosperma</i>	34.45	20.33
806	21-043	No identificada	36.73	26.24
667	07-004	<i>C. moschata</i>	44.60	14.48
568	07-028	<i>C. argyrosperma</i>	40.95	21.54
500	30-088	" "	32.28	21.82
400	30-003	<i>C. moschata</i>	41.59	13.45
60	30-127	<i>C. argyrosperma</i>	39.04	26.81

Cuadro 3A. RENDIMIENTO DE SEMILLA POR FRUTO Y PESO DE 100 SEMILLAS EN FAMILIAS (MH) DE CALABAZA (*C. pepo*) ORDENADAS POR ALTO CONTENIDO DE ACEITE

CLAVE DE FAMILIA	CONTENIDO DE ACEITE (%)	RENDIMIENTO DE SEMILLA (gr)	PESO DE 100 SEMILLAS (gr)
75	51.85	115.0	22.64
206	49.49	90.0	16.48
177	49.32	120.0	21.94
183	48.83	47.5	17.36
155	48.29	75.0	15.07
6	47.77	57.5	14.76
182	47.74	112.5	16.20
67	47.35	-----	21.19
154	47.27	72.5	12.53
211	46.94	125.0	25.99
188	46.94	122.5	24.30
131	46.92	97.5	16.07
128	46.89	85.0	18.05
249	45.93	105.0	21.54
165	45.81	95.0	16.50
42	45.70	55.0	18.61
87	45.62	90.0	18.56
7	44.99	82.5	23.71
4	44.91	105.0	21.14
139	44.87	157.5	22.17

Cuadro 4A. CONTENIDO DE ACEITE Y DE ACIDO LINOLEICO EN
 FAMILIAS DE CALABAZA (*Cucurbita pepo* L.)
 ORDENADAS POR CONTENIDO DE ACIDO OLEICO

CLAVE DE FAMILIA	CONTENIDO DE OLEICO (%)	CONTENIDO DE LINOLEICO (%)	CONTENIDO DE ACEITE (%)
63	39.42	42.39	40.00
108	39.42	43.48	46.37
258	39.44	42.97	42.88
228	39.52	44.99	46.36
83	39.54	42.02	43.55
244	39.55	44.13	46.70
225	39.55	45.03	46.64
106	39.57	40.62	45.45
92	40.12	41.65	43.99
257	40.50	42.81	44.68
203	41.09	37.78	45.33
259	41.19	41.51	42.40
47	41.27	41.04	43.00
118	41.75	39.14	46.94
208	41.97	40.04	44.05
28	44.36	37.95	38.03
42	44.72	39.97	45.70
224	44.98	38.12	45.59
246	47.59	35.85	41.12
226	48.75	33.50	46.37
162	52.30	32.07	45.34

Cuadro 5A. CONTENIDO DE ACEITE Y DE ACIDO OLEICO EN
 FAMILIAS DE CALABAZA (*Cucurbita pepo* L.)
 ORDENADAS POR CONTENIDO DE ACIDO LINOLEICO

CLAVE DE FAMILIA	CONTENIDO DE LINOLEICO (%)	CONTENIDO DE OLEICO (%)	CONTENIDO DE ACEITE (%)
223	50.59	30.89	43.03
211	50.82	31.57	46.94
104	50.99	30.70	43.66
253	51.13	29.39	41.70
177	52.00	30.81	49.32
154	52.18	29.63	47.27
163	53.05	31.70	46.86
173	53.49	31.64	45.34
139	53.73	26.97	44.87
39	54.12	29.11	43.21
91	54.25	27.76	39.35
260	54.35	24.78	38.44
84	54.55	28.78	43.06
256	55.44	25.53	40.18
213	55.53	26.45	42.85
254	56.12	28.12	39.36
6	56.25	23.40	47.77
261	57.22	23.43	42.48
127	59.75	23.11	45.26
69	60.75	20.88	41.65