

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

EVALUACION DE 24 GENOTIPOS DE SEMILLAS SIN
TESTA DE CALABAZA (*Cucurbita pepo* L.)

TESIS DE MAESTRIA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DOLORES ALICIA VASQUEZ DEL CASTILLO

SEPTIEMBRE 1999

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

**EVALUACION DE 24 GENOTIPOS DE SEMILLAS SIN
TESTA DE CALABAZA (*Cucurbita pepo* L.)**

**SOMETIDA A LA CONSIDERACION DEL
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SONORA**

POR

DOLORES ALICIA VASQUEZ DEL CASTILLO

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA**

Esta tesis se realizó bajo la dirección del Consejo Particular y aceptada como requisito para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR:



DR. JAIME J. MARTINEZ TELLEZ.

ASESOR:



M.C. JUAN M. LOAIZA VILLEGAS.

ASESOR:



M.C. SERGIO GARZA ORTEGA.

ASESOR ESPECIAL:

DR. WARID A. WARID.

Hermosillo, Sonora, Septiembre de 1999.



DEDICATORIA

Con cariño a:

Mis Padres Oscar y Alicia.

Mis hermanos María de los Angeles, Cecilia, Gerardo, Oscar, Martín, Mario y Jesús Gilberto.

A todos y cada unos de mis familiares y amigos.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Universidad de Sonora, al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas y al Departamento de Agricultura y Ganadería, por darme la oportunidad de superarme.

A todos los maestros que contribuyeron en mi formación profesional. Al Dr. Jaime J. Martínez Téllez, M.C. Juan M. Loaiza V. y al M.C. Sergio Garza O., por la disponibilidad, consejos y paciencia en la revisión del trabajo. Desde luego mi agradecimiento al Dr. Warid A. Warid por la invaluable experiencia transmitida.

Extiendo un afectuoso agradecimiento y aprecio por el interés, colaboración y apoyo al M.C. Pedro Ortega Romero, al M.C. Arturo I. Villalba Atondo y un especial reconocimiento al Dr. Alf Enrique Meling López por su valiosa contribución.

CONTENIDO

	Pág.
CARTA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
OBJETIVOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	4
Biología y utilización de las Cucurbitaceas	4
Descripción botánica y taxonómica de <i>Cucurbita pepo L.</i>	5
Usos y valor nutricional de <i>Cucurbita pepo L.</i>	7
Ecología y fitogeografía	7
Diversidad genética	8
Reserva genética	8
Colecciones de germoplasma	9
Prácticas de cultivo	9
Requerimientos de clima	9
Requerimientos de suelo y fertilización	10
Semillas de las Cucurbitáceas	10
Características	10
Producción	11
Estructura citológica	11
Composición	13

	Pág.
Testa	13
Aceite	14
Proteína	15
Aminoácidos	16
Carbohidratos	17
Análisis de imágenes	17
Definición de análisis de imágenes	17
Usos de los análisis de imágenes	18
MATERIALES Y METODOS	20
Fuente de semillas y preparación de muestras	20
Proceso de producción de calabaza con semillas sin testa	20
Germinación	20
Invernadero	21
Aclimatación	21
Transplante	21
Control de plagas y enfermedades	21
Fertilización	21
Cosecha	21
Características morfológicas de las plantas de calabaza	22
Características de los frutos de calabaza	22
Proceso de extracción y preparación de las muestras de semillas	22
Determinación de las características físicas de las semillas mediante análisis de imágenes	23
Equipo	23
Calibración del equipo	23
Longitud de las semillas	24
Ancho de las semillas	24
Perímetro de las semillas	24
Perímetro horizontal	25
Perímetro vertical	25

	Pág.
Perímetro diagonal	25
Area de las semillas	25
Índice de forma de las semillas	25
Color de las semillas (número de píxeles)	26
Determinación de los constituyentes químicos de las semillas	27
Análisis de proteína (método micro-kjeldahl)	27
Principio	27
Análisis de grasa cruda	27
Principio	27
Análisis estadísticos	28
Análisis de distribución de frecuencias	28
Análisis de las diferencias mínimas significativas	28
Correlación entre las características	29
RESULTADOS Y DISCUSION	30
CONCLUSIONES	67
LITERATURA CITADA	68
APENDICE	73

INDICE DE CUADROS

	Pag.
1. Tipos de tallos de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	74
2. Número de guías de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	75
3. Longitud de las guías de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	76
4. Primera flor masculina de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	77
5. Primera flor femenina de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	78
6. Número de frutos por planta de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	79
7. Peso de todos los frutos por planta de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	80
8. Índice de la forma de los frutos maduros por planta de las líneas de calabaza.	81
9. Análisis de regresión del tamaño de los frutos con relación a la edad.	82
10. Análisis de la varianza para las diferencias entre dos pendientes.	83
11. Número de semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	84
12. Peso de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	85
13. Peso de una semilla por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	86
14. Longitud de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	87
15. Ancho de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	88
16. Perímetro de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	89
17. Índice de la forma de las semillas por fruto de las líneas de calabaza.	90
18. Area de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	91
19. Color de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	92
20. Grasa cruda de las semillas de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	93
21. Proteína de las semillas de las líneas de calabaza con semilla sin testa.	94
22. Correlaciones simples para todas las características estudiadas.	95

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
1. Tejidos de cotiledones de semillas de Cucurbitas.....	12
2. Representación de los pixeles en una imagen.....	26
3. Fenotipos de las semillas sin testa de las líneas de calabaza (<i>Cucurbita pepo</i> L.), que ilustra diferencias en el tamaño, forma y color.....	31
4. Plantas de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L., tipo arbustivo.....	33
5. Plantas de calabaza <i>Cucurbita pepo</i> L., tipo rastrera.....	33
6. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del número de tallos de las plantas de calabaza.....	34
7. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del longitud de los tallos de las plantas de calabaza.....	35
8. Flor masculina de las líneas de calabaza con semillas sin testa (<i>Cucurbita pepo</i> L.).....	35
9. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del periodo de la primera flor masculina de las plantas de calabaza.....	36
10. Flor femenina de las líneas de calabaza con semillas sin testa (<i>Cucurbita pepo</i> L.).....	37
11. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del periodo de la primera flor femenina de las plantas de calabaza.....	38
12. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del número de frutos por planta.....	39
13. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medio del peso de todos los frutos por planta.....	40
14. Frutos de calabaza de forma redonda y elongada.....	41
15. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medio del índice de forma de los frutos maduros por planta.....	41
16. Relación de la longitud y la altura de los frutos de calabaza con respecto al tiempo (23, 55 y 80 días).....	43

	Pag.
17. Relación de la longitud y la altura de los frutos de calabaza con respecto al tiempo (23, 55 y 85 días).....	43
18. Relación de la longitud y la altura de los frutos de calabaza con respecto al tiempo (23, 55 y 94 días).....	44
19. Relación de la longitud y la altura de los frutos de calabaza con respecto al tiempo (23, 55 y 103 días).....	44
20. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del número de semillas por fruto por planta.....	46
21. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del peso de las semillas por fruto por planta.....	46
22. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del peso de una semilla por fruto por planta.....	48
23. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios de la longitud de las semillas por fruto por planta.....	49
24. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del ancho de las semillas por fruto por planta.....	50
25. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del perímetro de las semillas por fruto por planta.....	51
26. Forma de las semillas de la línea 8.....	52
27. Forma de las semillas de la línea 23.....	52
28. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del índice de forma de las semillas por fruto por planta.....	53
29. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del área de las semillas.....	54
30. Color de las semillas de la línea 4.....	55
31. Color de las semillas de la línea 21.....	55
32. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del color de las semillas.....	56
33. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del porcentaje de grasa cruda contenido en las semillas.....	57

	Pag.
34. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del porcentaje de proteína contenido en las semillas.....	58
35. Relación entre el número y la longitud de los tallos de las plantas de calabaza.	60
36. Relación entre la longitud de los tallos y el periodo de la primera flor masculina de las plantas de calabaza.....	60
37. Relación entre la primera flor femenina y el número de frutos de las plantas de calabaza.....	61
38. Relación entre la primera flor femenina y el peso de todos los frutos de las plantas de calabaza.....	61
39. Relación entre el número y el peso de todos los frutos por planta de calabaza.	62
40. Relación entre el número de semillas por fruto y el peso de las semillas por fruto de las líneas de calabaza.....	62
41. Relación entre la longitud y el ancho de las semillas de las líneas de calabaza.	63
42. Relación entre el perímetro y el área de las semillas de las líneas de calabaza.....	63
43. Relación entre el área y el color de las semillas de las líneas de calabaza.....	64
44. Relación entre el área y el contenido de grasa cruda de las semillas de las líneas de calabaza.....	64
45. Relación entre el área y el contenido de proteína en las semillas de las líneas de calabaza.....	65
46. Relación entre el contenido de grasa cruda y el color de las semillas de las líneas de calabaza.....	65
47. Relación entre el color y el contenido de proteína en las semillas de las líneas de calabaza.....	66
48. Relación entre el contenido de proteína y el contenido de grasa cruda en las semillas de las líneas de calabaza.	66

OBJETIVOS

Determinar los valores químicos y nutricionales de semillas colectadas de 24 genotipos de semillas de calabaza sin testa y hacer recomendaciones para su producción comercial.

Estudiar las principales características morfológicas del desarrollo de las plantas de dichos genotipos.

Determinar estadísticamente la relación que existe entre las principales características físicas de las semillas (color, forma y tamaño) con su composición química.

RESUMEN

Las semillas de algunas variedades de calabaza (*Cucurbita pepo* L) son altamente apreciadas, debido a su alto contenido de aceite y proteína; sin embargo, es necesario su descascare para que sean comerciales, lo cual ha llamado la atención de los productores agrícolas durante los últimos años. Por lo anterior, el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ha estado cultivando durante más de 10 años un mutante de esta especie, la cual produce semillas sin testa.

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron: 1) el estudio de las principales características morfológicas y de desarrollo de 24 líneas de calabaza con semillas sin testa y 2) la selección de las mejores líneas de acuerdo con la caracterización de sus semillas (cantidad, peso, área y color, porcentaje de proteínas y lípidos).

Para determinar las características morfológicas se utilizó un sistema digital automatizado; para estimar el contenido de proteína y lípidos se aplicaron los criterios de la AOAC (1990); mientras que la selección de las mejores líneas fue mediante el criterio de aparición de la primera flor femenina y mayores pesos, áreas, contenido de proteína y lípidos y mejor color para cada línea de semillas.

Los resultados obtenidos mostraron que las plantas estudiadas tuvieron crecimiento normal, produciendo frutos con semillas, y se confirmó la

homocigosidad de la característica testa. Los valores promedio mínimos y máximos para todas las variables medidas en todas las líneas fueron: fechas más tempranas en que se desarrollaron flores femeninas, 19-33 días; mientras que se produjeron entre 1 y 9 frutos por planta (0.86-7.9 kg/planta), con 148.3-309.3 semillas por fruto, y entre 17.5 y 51.5 g de semillas por fruto, pesando éstas 0.1-0.22 g, con un área de 70.1-119.3 mm². La mayoría de las semillas presentaron color de un rango de 3100-3400 píxeles (verde). El contenido de proteína encontrado fue de 26.2 a 34.8%, y el de grasa cruda de 20.7 a 29.8%.

De acuerdo a los resultados se concluye que las mejores líneas obtenidas fueron las: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 13, 14, 16, 20 y 22, ya que presentaron las características de mejor calidad morfológica en los frutos y sus semillas. Por lo que es posible la propagación de estas líneas y la obtención de semillas con fines comerciales.

ABSTRACT

The Departamento de Agricultura y Ganadería of the Universidad de Sonora has been developing a mutant variety of *Cucurbita pepo* L. (squash) with naked seed for a period of 10 years, because of the commercial importance that type of seed represents as nutritional value. The objectives of this work were: 1) to describe the morphologic characteristics and development of 24 lines of squash naked seed and 2) to select the best lines showing the best seed characteristics.

A computational digital system was used to get morphological characteristics of seeds in the 24 lines. Protein and lipids were determined using the AOAC (1990) techniques and the characteristics from each seed line were used as criteria to classify the better lines: i.e. seed number and weight, color, and protein and lipid contents.

The results showed a regular pattern of growth for seed and fruit development. Homozygosity for testa was also confirmed. Initial appearance of first female flowers was from 19 to 33 days. Fruit production by plant ranged from 1 to 9 with 0.86-7.9 kg of fruit/plant, and 148.3-309.3 seeds/plant, with a weight of 17.5-51.5 g/seed/fruit. The range of seed weight was 0.1-0.22 g. The seed area ranged from 70.1-119.3 mm². An interval from 3100 to 3400 pixels was registered as good color of the seeds which means a green color. The protein and oil content varied from 26.2 to 34.8% and from 20.7 to 29.8%, respectively.

Analysis of these data lead to the following conclusions. The best lines were numbers 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 13, 14, 16, 20 and 22, finally it is possible the cultivation of these lines for commercial seed production.

INTRODUCCION

El grupo de plantas con la mayoría de las especies utilizadas como alimento humano es la familia de las Cucurbitáceas. Dentro de esta familia, el género *Cucurbita* está considerado como uno de los más importantes. Cinco de sus especies *Cucurbita argyrosperma* Huber, *C. ficifolia* Bouché, *C. moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne ex Poiret, *C. maxima* Duchesne ex Poiret, y *C. pepo* L. han sido domesticadas en el nuevo mundo y por miles de años han sido cultivadas por las sociedades americanas (Andrés, 1990).

A pesar de la actual marginación de algunas de estas especies, desde muy remotos tiempos todas han contribuido a la dieta alimentaria de las comunidades rurales y de algunas comunidades urbanas en el continente americano y en muchas otras partes del mundo (Bates, *et al.* 1990).

Durante la segunda mitad de los años 80, una gran cantidad de información se ha colectado sobre el origen y la evolución de estas especies. Los límites taxonómicos y genéticos de *Cucurbita argyrosperma* y *C. pepo* se han redefinido y sus especies nativas fuertemente relacionadas se han clasificado en categorías intraespecíficas dentro de estos límites.

Como las otras especies cultivadas del género, la fruta tierna o madura y las semillas de *C. pepo*, así como en un menor grado las flores y los brotes de los tallos, se consumen en muchas regiones de su área de distribución y en otras regiones del mundo (Lira, 1991).

Las semillas de calabaza son una buena fuente de aceite y proteína. La producción mundial de semillas de Cucurbita para uso alimenticio es escaso, sin embargo, debido a que es necesario el descascare manual para obtener semillas comerciales ha sido poco el esfuerzo para mejorar la producción.

Tschermak-Seysenegg (1934) reportó una característica mutante en la cubierta de la semilla de *C. pepo* L., en la cual la cubierta de la semilla era mucho muy reducida en su grosor. La característica de semilla sin testa, permite una más eficiente extracción de aceite vegetal y la semilla puede ser consumida directamente sin necesidad del descascare. Generalmente la semilla sin testa produce todas las capas tisulares de la semilla con testa, pero el grosor de la pared secundaria se ve reducida en los tejidos exteriores (epidermis, hipodermis y esclerenquima). Cuando la semilla sin testa madura, los tejidos exteriores se colapsan, produciendo una delgada capa secundaria (Stuart and Loy, 1983).

Los contenidos de aceite generalmente se encuentran en un rango del 40 al 50% (Bemis *et al.* 1968; Jacks *et al.*, 1972; Warid *et al.*, 1993) y el contenido de proteína en un rango del 30 al 40% (Jacks *et al.* 1972). El contenido de aminoácidos de las proteínas de las semillas de calabaza, son bajas en metionina, tionina y triptófano (Bressani 1963, Robinson 1975). Lazos, 1986a, reporta que el aceite de las semillas de calabaza es altamente insaturado y semi-seco. En los Estados Unidos, Curtis (1946 y 1948) reconoce el valor potencial de las semillas de calabaza sin testa para producir una alta calidad de aceite vegetal, para utilizarse en la dieta humana.

El análisis de imágenes computarizados demuestra ser una herramienta efectiva para estudiar las expresiones genéticas como es el color, la forma y el tamaño de las semillas. El concepto de utilizar computadoras digitales para procesar imágenes tiene aproximadamente tres décadas, por lo que el Procesamiento Digital de Imágenes (PDI) ha emergido como disciplina por si misma, fundamentada en la formulación de una sólida base matemática completa (Cho *et al.*, 1993; Pratt, 1991; Russ, 1992; Watkins *et al.*, 1993). Una variedad de equipos configurados especialmente, incluyendo procesadores digitales de propósito especial y periféricos especializados de computadoras, están disponibles actualmente. Ha emergido una industria completa que involucra el desarrollo de sistemas, periféricos y software basados en computadoras que están especialmente diseñados para acceder, procesar y desplegar información contenida en imágenes. Por lo tanto, todo este soporte ha traído como consecuencia una rápida expansión y evolución de esta disciplina (Green, 1983).

Los objetivos del presente trabajo fueron: (1) estudiar las principales características morfológicas del desarrollo de 24 líneas de calabaza; y (2) analizar las semillas de calabaza, en cuanto a su contenido proteico y lipídico y correlacionar estos valores con los de color, forma y tamaño de la semilla obtenidos mediante imágenes computarizadas.

LITERATURA REVISADA

Biología y utilización de las Cucurbitaceas

Uno de los grupos de plantas con mayor número de especies utilizadas como alimento humano es la familia de las Cucurbitaceas. Dentro de esta familia, el género *Cucurbita* sobresale como una de las más importantes. Cinco de estas especies *Cucurbita argyrosperma* Huber, *C. ficifolia* Bouché, *C. moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne ex Poiret, *C. maxima* Duchesne ex Poiret y *C. pepo* L. han sido domesticadas en el Nuevo Mundo y por cientos de años has sido cultivadas por sociedades Americanas (Azurdia, C.A. 1986).

A pesar de la marginación actual de algunas de esas especies, desde remotos tiempos todas han contribuido como alimento esencial en la dieta de algunas comunidades urbanas en el continente Americano y en muchas otras partes del mundo. Con excepción de *C. maxima*, cuyo centro de origen está en Suramérica, se asume que las otras cuatro especies fueron domesticadas en Mesoamérica, aunque esto no ha sido confirmado en todos los casos (Azurdia, C.A. 1986).

Durante la segunda mitad de los 80's, se colectó una gran cantidad de información sobre el origen y evolución de estas cuatro especies. Los límites taxonómicos y genéticos de *Cucurbita argyrosperma* y *C. pepo* han sido

redefinidos y su relación más cercana con especies silvestres han sido clasificadas dentro de las categorías intraespecíficas dentro de esos límites. El resultado de esta investigación ha levantado algunas dudas acerca del origen Mesoamericano de *C. ficifolia* y *C. moschata* (Lira, R. 1990).

De acuerdo a archivos arqueológicos, *C. pepo* aparece como una de las primeras especies domesticadas. Los restos más antiguos han sido encontrados en México, en el Valle de Oaxaca (8750 AC) y en las cuevas de Ocampo, Tamaulipas (7000 a 500 AC). Su presencia en Estados Unidos también data de tiempo atrás, como lo indican los registros en Missouri (4000 AC) y Mississippi (1400 AC). Esta especie ha sido domesticada en el pasado en dos diferentes épocas y en dos diferentes regiones: en México y en el este de Estados Unidos, en cada caso se tuvo a *C. fraterna* y *C. texana*, respectivamente, como posibles progenitores (Lira, R. 1991).

Descripción botánica y taxonómica de *Cucurbita pepo* L.

Esta hortaliza es una planta herbácea, anual, monoica, erecta y después rastrera. Las hojas se sostienen por medio de peciolo largos y huecos; el limbo es grande y espinoso, de 20 a 30 x 20 a 35 cm, presentando muchas veces manchas blancas entre las nervaduras, a menudo con tres a cinco lóbulos, y con márgenes denticulados a serrados-denticulados.

Con respecto a su sistema de raíces, tanto la raíz principal como las secundarias se desarrollan ampliamente. Guenko (1983), menciona que la raíz principal puede alcanzar profundidades de más de 2 m, y las laterales

llegan a distancias de 4 a 5 m a partir de la raíz principal; esto fue corroborado mediante estudios realizados por Whitaker y Davis (1962).

Los tallos son erectos en sus primeras etapas de desarrollo y después se tornan rastreros; son tendriles y se presentan de 2 a 6 ramas: angulares (cinco bordes o filos), cubiertos de vellos y pequeñas espinas puntiagudas de color blanco, pudiendo alcanzar una longitud de 3 a 7 m (Whitaker y Davis, 1962; Guenko, 1983).

Siendo una planta monoica, presenta flores femeninas y masculinas. Las flores masculinas siempre aparecen primero, con pedicelos de 7 a 20 cm de longitud, un caliz acampanado de 9 a 12 mm, sépalos lineales de 12 a 25 x 1 a 2 mm, una corola tubular acampanada de 5 a 10 cm de longitud la cual se divide en cinco por arriba de un tercio o más de su longitud; tienen un pedúnculo muy largo y delgado, a diferencia de las femeninas, que lo tienen corto y cuyo ovario es ensanchado, globoso, ovoide, cilíndrico y raramente periforme, de caliz muy pequeño y pedicelos de 2 a 5 cm. Los pétalos de ambas flores son de color amarillo anaranjado; su polinización es entomófila, principalmente.

El fruto es muy variable en cuanto al tamaño y la forma: de superficie tersa y sólida, con frecuencia verrugoso y raramente liso, con una piel rígida que varía en el color que va de verde claro a verde oscuro completo o con manchas de color crema o verde contrastando con amarillo, naranja o ambos. La pulpa puede ser de color crema, amarilla o de un color naranja pálido. Puede ser de blando y no amargo a fibroso y amargo, tiene numerosas

semillas las cuales son alargadas o generalmente elípticas o raramente orbiculares, ligeramente aplanadas y de 3 a 20 x 4 a 12 mm.

Nombre botánico: *Cucurbita pepo* L.

Familia: Cucurbitaceae.

Género: *Cucurbita*.

Especie: pepo.

Nombres comunes. En inglés: squash, pumpkin, vegetable marrow; En español: calabaza (México), huicoy (Guatemala).

Usos y valor nutricional de *Cucurbita pepo* L.

Como las otras especies cultivadas de su género, los frutos maduros o jóvenes y las semillas de *C. pepo*, así como también las flores y los brotes jóvenes de los tallos, se consumen en muchas partes de su área de distribución y en otras regiones del mundo. El contenido nutricional de *C. pepo* es similar al que se describe para otras especies de cultivos.

Ecología y fitogeografía

Tradicionalmente, *C. pepo* se cultiva desde Norteamérica a América Central y en algunas partes de Suramérica, aunque se puede cultivar en un amplio rango de altitudes. En México, existen variedades nativas las cuales

se desarrollan bien a nivel del mar y en climas semiáridos, tal como la variedad llamada tsol en Yucatán, y otras las cuales se cultivan a altitudes mayores de los 2000 m, tal como los llamados guiches en Oaxaca. En Guatemala, los cultivares nativos, comunmente llamados guicoy, crecen en altitudes por encima de los 1000 m, mientras que los tsols crecen en las partes bajas y húmedas del Petén que está por debajo de los 500 m de altitud.

Diversidad genética

Reserva genética

La principal reserva genética de *C. pepo* está formada por el grupo de cultivares comestibles (ssp. *pepo*) y cultivares que son ornamentales (ssp. *ovifera*) así como los de taxa silvestre (*C. fraterna* y *C. texana*).

Existe un gran número de cultivares comerciales con características particulares las cuales, junto con las variedades locales refiriéndose a las que crecen principalmente en México, constituyen una extraordinaria reserva genética. Sin embargo, por lo contrario a otras especies, esta diversidad no representa una fuente importante de resistencia genética a enfermedades y a insectos, por tanto *C. pepo* (incluyendo *C. texana*) probablemente es la especie con la mayor susceptibilidad a las más importantes enfermedades virales que atacan a las especies de Cucurbita.

Colecciones de germoplasma

Los datos obtenidos del banco de genes muestran que *C. pepo* es la especie del género con el segundo más alto de las accesiones (1135). Sin embargo, esto se refiere solamente a las formas cultivadas y comestibles. Los bancos genéticos con la mayor representación de los cultivares de *C. pepo* se encuentran en los Estados Unidos, México y Costa Rica.

Prácticas de cultivo

En su área nativa de distribución *C. pepo* puede desarrollarse bien a campo abierto, en invernadero o en otros sistemas intensivos de cultivo.

Requerimientos de clima

Es una hortaliza de clima cálido, por lo cual no tolera heladas; es insensible al fotoperiodo. La temperatura para la germinación de las semillas debe ser mayor de 15°C, siendo el rango óptimo de 22° a 25 °C; la temperatura para su desarrollo tiene un rango de 18° a 35°C. Se ha comprobado que temperaturas altas (35°C) y días largos con alta luminosidad tienden a formar más flores masculinas, y con temperaturas frescas y días cortos hay mayor formación de flores masculinas (Thompson y Kelly, 1959; Whitaker y Davis, 1962; Guenko, 1983).

Requerimientos de suelo y fertilización

La calabaza prospera en cualquier tipo de suelo. El suelo deberá estar bien drenado. El pH óptimo es de 6.0 a 6.8.

Semillas de Cucurbita

Características

En 1972 se publicó la primera revisión general de las investigaciones concernientes al aceite y proteína de las semillas de calabaza, Jacks, *et al.*, 1972. Desde entonces, la mayoría de las investigaciones se han enfocado en las características y propiedades del aceite y proteína de las semillas, particularmente silvestres xerofíticas como la calabacilla loca (*Cucurbita foetidissima*). De hecho, incluso se han publicado estas investigaciones, las cuales tratan ya sea sobre las características de las cucurbitas (DeVeaux and Shultz, 1985; Jacks, 1986; Scheerens and Berry, 1986) o las que incluyen a las cucurbitas con plantas desérticas no sobreexplotadas (Hinman, 1984, 1986).

Las semillas de calabaza, *Cucurbita pepo* L. son buena fuente de aceite y proteínas. En Austria se utiliza comercialmente un mutante de semilla sin testa para aceite comestible. Whitaker (1960) hace referencia a este mutante en Europa. Curtis (1948) y Carle y Loy (1994) reportan la utilización de otro tipo de este mutante en Estados Unidos de América. En China se utiliza

otro tipo de este mutante (Yang, 1992). En México, un tipo de semilla sin testa austriaco fué estudiado por Warid *et al.* (1993). La composición química de las semillas sin testa fué reportada por Curtis (1946), Jacks *et al.* (1972), El-Gharbawi (1977) y Jacks (1986).

Producción

Puesto que la pulpa de las frutas, rica en carbohidratos es el artículo común del comercio, la producción de semillas de raramente han sido investigadas. La amplia variación en la producción de semilla ha sido notable, incluso dentro de las mismas especies, sin embargo, las silvestres que se desarrollan en zonas desérticas producen de 500 a 3000 libras de semillas por acre (Bolley, *et al.*, 1950; Curtis, 1946, Shahani, *et al.*, 1951).

Estructura citológica

Las semillas maduras de Cucurbita carecen de endosperma y el embrión llena a la semilla completamente. Los cotiledones proveen de reserva alimenticia para la germinación y son los tejidos predominantes de la semilla. Las células epidérmicas están sustentadas por células en empalizada y abundantes células parenquimatosas que contienen al alimento de reserva. Los tejidos vasculares también se encuentran presentes. Las características de los cotiledones se muestran en la Fig. 1, la cual es una micrografía electrónica de las células del parénquima que componen a los tejidos de almacenamiento de los cotiledones de algunas cucurbitas (Hensarling, *et al.*, 1974). El citoplasma consiste de dos organelos: esferosomas (cuerpos

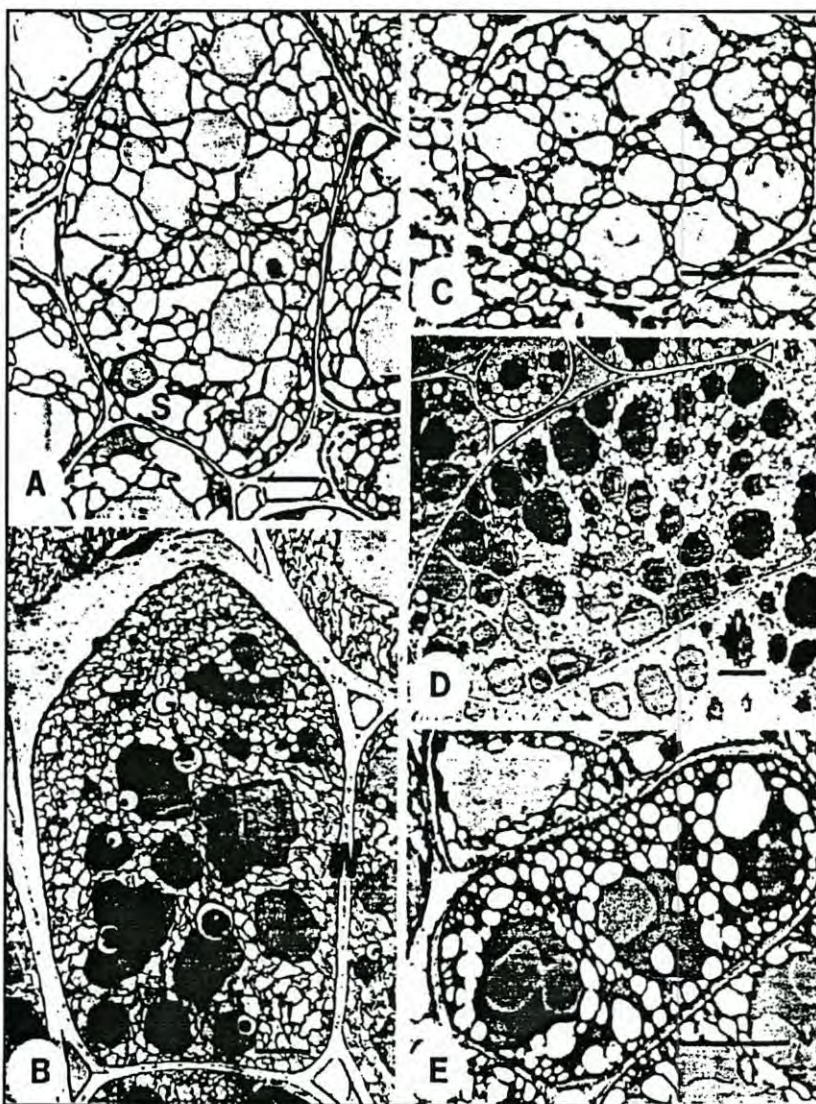


Figura. 1. Tejidos de cotiledones de semillas de *Cucurbita*. **A.** *Cucurbita feotidissima* HBK. **B.** *Cucurbita pepo*. **C.** *Cucurbita palmata* S. Wats. **D.** *Cucurbita digitata* A. Gray. **E.** *Apodanthera undulata* A. Gray. W, pared celular; P, proteina; S, esferosoma; G, globoides; X, cristaloides. La barra representa 5 mm. Hensarling *et al.* (1974), reimpresso con permiso de la American Oil Chemists Society.

lipídicos) y cuerpos de proteínas (granos de aleurona). Los granos de almidón están ausentes. Las esferosomas son de 1 mm de diámetro, que se encuentran rodeadas por membranas de unidad media (Yatsu and Jacks, 1972), y que contienen las reservas de aceite (Yatsu *et al.*, 1971). Los cuerpos de proteína son de 5-20 mm de diámetro, que se encuentran encerradas en membranas de unidad, y que proteina almacenada (Lott, 1980; Pernollet, 1978), y que abrigan o encubren a dos inclusiones: los cristaloides y globoides. Los cristaloides son depósitos de proteína almacenada (cucurbitina) y son generalmente abundantes y numerosas en las cucurbitas (Lott, 1980; Pernollet, 1978). Los globoides están compuestos normalmente de sales metálicas de ácido fítico (Lui and Altschul, 1967; Wada and Maeda, 1980). Además del fósforo debido al ácido fítico, el potasio, magnesio y algunas veces el calcio están localizados en los globoides (Lott, 1980). Esos cationes constituyen las sales metálicas del fítico en los globoides; ausentes en la matriz proteinacea del cuerpo proteico en el cual los globoides están embebidos (Lott, 1980; Lui and Altschul, 1967).

Composición

Testa. La cubierta de la semilla (testa) de las semillas normales de calabaza consisten de algunas capas de tejidos. Los genes del mutante, descrito como desnudos o de menos cubierta, afectan el desarrollo de esos tejidos. Los estudios histoquímicos (Stuart and Loy, 1983), en semillas normales y sin testa, indican que la suspensión de las paredes celulares en el mutante re-

sultaría un colapso de la mayoría de las capas de la testa. La cantidad de testa por semilla varía considerablemente (Jacks, *et al.*, 1972), desde 18% in *Cucurbita pepo* L. a 60% en *Legenaria siceraria* (Mol.) Standl. De hecho, algunas líneas de *C. pepo* tienen poca o ninguna cubierta. La cantidad de aceite y proteína en semillas descortizadas son algo menos variado. Las semillas descortizadas contienen, por peso, $49.5 \pm 2.3\%$ de aceite y $35.0 \pm 2.4\%$ de proteína.

Aceite. Los ácidos grasos insaturados predominan en los aceites (Jacks, 1986; Jacks, *et al.*, 1972). Las semillas son una fuente importante de aceite comestible, la digestibilidad en ratas apoya este hecho (Jacks, 1986).

En cuanto a los ácidos grasos insaturados Warid *et al.* (1993) reportan que el oleico 18:1, linoleico, 18:2 y linolénico 18:3 fueron significativamente diferentes en las líneas de calabaza estudiadas, y fueron las más altas, 67.59-77.03%. Esto es típico en la mayoría de las semillas de *Cucurbita* (Bemis *et al.*, 1967; Jacks *et al.*, 1972; Jacks, 1986; Carreras *et al.*, 1989; Scheerens *et al.*, 1991). En las semillas sin testa utilizadas por El-Gharbawi (1977) los contenidos de ácidos grasos fueron de 79.3%. El contenido de ácidos grasos saturados e insaturados en la variedad de semilla sin testa reportada por Black *et al.* (1980) tuvieron valores dentro del rango obtenido por Warid *et al.* (1993). Solamente el ácido linoleico (18:2) es considerado como esencial dentro de la dieta humana (Murphy, 1993; Ensminger *et al.*, 1994). El contenido de ácido linoleico reportado por Warid

et al. (1993) varió de 9.6 a 27.9%. Bemis *et al.* (1968) reporta que el contenido de ácido linoleico en semillas de 17 especies de *Cucurbita* tuvo un rango de 24 a 51%.

Proteína. Las semillas de cucurbitas descortizadas contienen por peso cerca de 35% de proteína. Tradicionalmente, las proteínas de las semillas se clasifican como globulinas y albúminas de acuerdo a su solubilidad en ciertos solventes. Las globulinas son insolubles en agua pero solubles en soluciones salinas concentradas, mientras que las albúminas son solubles en agua o en soluciones diluídas de sales. Ambas propiedades de solubilidad dependen de los valores de pH de los solventes. Bioquímicamente, a las globulinas del aceite de las semillas se les considera almacenes de proteínas, donde las albúminas se cree que son proteínas metabólicas (catalíticas).

Las albúminas no han sido investigadas tan ampliamente como las globulinas. Un estudio de la albúmina de *Cucumis sativus* L. (Youle and Huang, 1981) muestra que un cuarto de su proteína es soluble en agua y tiene un bajo peso molecular.

Las globulinas de las semillas, las cuales contienen de 70-90% del contenido total de las proteínas, presentan cerca de 18% de nitrógeno, son solubles en soluciones del 10% de sal donde cristalizan rápidamente bajo dilución, y son algo solubles en soluciones ácidas y básicas de baja fuerza iónica.

En cuanto a la composición de proteína en semillas sin testa de Cucurbitas ha sido ampliamente reportados en diversos estudios. Idouraine *et al.* (1996), indican una composición aproximada de 37.1-44.4 % de proteína en las líneas de calabaza. Curtis (1946) y El-Gharbawi (1977) utilizaron semillas sin testa de *C. pepo* en las cuales la composición de proteína fué de 29.9-33.6%.

Aminoácidos. Las proteínas suministran 9 aminoácidos esenciales: histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, teonina, triptofano y valina. Warid *et al.* (1993), reporta el contenido de aminoácidos excepto triptofano en todas las líneas de calabaza, en las cuales no tuvo diferencias significativas en histidina, fenilalanina, metionina o valina entre las líneas. Sin embargo, las líneas de calabaza fueron significativamente diferentes en otros aminoácidos esenciales. El rango fué de 3.7-4.6% para isoleucina, 7.0-8.4% para leucina, 4.2-4.9% para lisina y 1.3-1.0% para metionina.

Los análisis de la composición de aminoácidos de las proteínas totales de semilla de cucurbita y de las globulinas purificadas (Jacks, 1986; Jacks, *et al.*, 1972) indican que las semillas de cucurbita, como los aceites de semillas en general, son ricas en ácido glutámico (glutamina), arginina y ácido aspártico (asparagina). La abundancia de esos aminoácidos ricos en nitrógeno representan el 18% del contenido de nitrógeno de las proteínas de cucurbita.

De la composición de aminoácidos, las evaluaciones del valor nutricional del contenido total de aminoácidos de semillas de cucurbita y de las globulinas se calcularon de acuerdo a los estándares de la FAO/WHO, 1965. La proporción A:E, cantidad de cada uno de los a.a. esenciales relacionado con la cantidad total de aminoácidos esenciales, indica que, como la mayoría de los otros aceites de semillas, las semillas de cucurbita son deficientes en lisina y a.a. que contienen azufre (Jacks, 1986; Jacks, *et al.*, 1972).

Carbohidratos. Los materiales celulósicos de la pared celular y el ácido fítico componen el contenido total de los carbohidratos en las semillas de cucurbita.

Análisis de imágenes

Definición de análisis de imágenes

El análisis de imágenes es una técnica para interpretar compleja información visual y que provee el análisis cuantitativo requerido (Baxes, 1984; Castleman and Thompson, 1985). Puede distinguir diferencias sutiles en el color o intensidad con una precisión más grande que la del ojo humano, esto es bien adecuado para los genetistas que tradicionalmente dependen de las clasificaciones visuales.

Usos de los análisis de imágenes

El procesamiento de imágenes es una nueva herramienta en la ciencia de las plantas. Alguna de las áreas donde el análisis de imágenes se puede utilizar son: evaluación cuantitativa de enfermedades de las plantas, longitud de fibras, espesor y estructura del algodón, análisis detallado de los organelos de las células como el número de embriones somáticos en un cultivo en suspensión ó para cuantificar el desarrollo de callos de un microcultivo en crecimiento, etc. (Olofsdotter, 1993). Así también el análisis de imágenes en la ciencia de los cereales es utilizado para determinar el contenido, variedades, propiedades y daños en las semillas. La literatura ha demostrado el gran potencial del procesamiento de imágenes para la evaluación de granos. Los primeros estudios para clasificar variedades de trigo fueron hechos por Zayas, *et al.*, 1985 para medir la cantidad de fracciones de granos, lo cual es importante como un factor de calidad. Casady and Paulsen (1988) diseñaron un sistema automatizado para separar fracciones de granos. Recientemente, se ha desarrollado un sistema para distinguir entre granos rotos y enteros, utilizando un descriptor de Fourier, (Liao, *et al.*, 1994). Utilizando un sistema de proceso de imágenes como sensor y una computadora, Georg, *et al.*, 1995, desarrollaron un sistema de medición automática para pepitas rotas y enteras. El sistema presentó una precisión del 95.8% para los granos rotos.

La naturaleza de la expresión de un alelo inestable o elemento cambiante lo hace difícil para evaluarlo visualmente. El desarrollo en la variación

irregular de las flores, granos o follaje da evidencia de estos acontecimientos genéticos en un gran número de especies, (Delool and Tilney-Basset, 1984; Doodeman *et al.*, 1984; Fedoroft, 1983; Fedoroft, 1984; Fincham, 1987 y Spitters *et al.*, 1975). Los investigadores normalmente dependen de un análisis visual subjetivo para interpretar y describir esas expresiones en términos de frecuencia de mutación, el establecimiento de clases fenotípicas o para cuantificar los cambios en el estado de un elemento.

MATERIALES Y METODOS

Fuente de semillas y preparación de muestras

Se utilizaron y seleccionaron semillas sin testa de 21 líneas de calabaza (*Cucurbita pepo* L.), obtenidas en la Estación Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (Warid *et al.*, 1993, Idouraine *et al.*, 1996): 5-8-6, 96-1, 96-2, 96-3, 96-3-3-1, 96-4, 96-5, 96-6, 96-7, 96-7-2-3, 96-8, 96-10, 96-11, 96-13, 96-14, 96-15, 100-1-1, 109-5-2, 116-1-1, 116-2 y 518-9-1. Además se evaluaron, por primera vez semillas de calabaza sin testa de la misma variedad obtenidas en el Research Institute of Crop Production Prague de la República de Checoslovakia las siguientes 3 líneas: J2/96, 360 y WCR40.

Proceso de la producción de calabaza con semillas sin testa

Germinación

El 14 de febrero de 1998 se dió inicio a la germinación de las semillas en estudio utilizándose una germinadora a una temperatura de 30°C y una humedad relativa del 70%.

Invernadero

Las semillas germinadas (17 de febrero de 1998) fueron llevadas a un invernadero, aplicándose Previcur y Bavistin para el control de enfermedades.

Aclimatación

Las plántulas se sacaron al medio ambiente a un sombreadero un día antes del trasplante a campo abierto, aplicándose un antitranspirante (Ultra Gro 3-4:5-2).

Trasplante

El trasplante se realizó el día 11 de marzo de 1998 en camas de doble hilera, separadas a una distancia de 1 m.

Control de plagas y enfermedades

Se utilizaron sucesivas aplicaciones de plaguicidas durante el desarrollo de las plantas.

Fertilización

Se utilizaron sucesivas aplicaciones de fertilizantes durante el desarrollo de las plantas.

Cosecha

En total se dieron 4 fechas de cosecha: 30 de mayo, 4 de junio, 13 de junio y 22 de junio de 1998.

Características morfológicas de las plantas de calabaza

Con la finalidad de conocer el estado de crecimiento de las plantas y hacer una comparación entre las 21 líneas se tomaron datos del hábito de crecimiento (arbustiva o de guías), número y longitud de tallos. Los datos que se tomaron fueron de una sola vez en toda la población.

Además, se tomaron datos de la fecha de la primera floración tanto femenina como masculina.

Características de los frutos de calabaza

Se tomaron datos del número de frutos por planta, el peso de todos los frutos por planta, la forma de los frutos y el desarrollo del tamaño de los frutos con relación a la edad.

Proceso de extracción y preparación de las muestras de semillas

Los frutos maduros fueron descritos morfológicamente, y los datos que se tomaron fueron el número y peso de los frutos por planta. Se cortaron de forma transversal para extraer las semillas, las cuales se secaron a temperatura ambiente. Posteriormente se contó y pesó el número de semillas por fruto obtenido en cada una de las plantas. Las semillas se guardaron en bolsas de papel debidamente etiquetadas para su análisis posterior.

Determinación de las características físicas de las semillas mediante análisis de imágenes

Equipo

Para determinar las características morfológicas de las semillas de calabaza sin testa se utilizó un sistema automático de medición digital, que consiste en una video cámara Cannon RE-650MKII, un monitor VCR y una computadora 486 DX2 con monitor SVGA color. Se utilizó un software especial (CIAS), diseñado para diversos propósitos de investigación, el cual permite la manipulación y el cálculo de las imágenes que se obtienen a través de la video cámara.

Calibración del equipo

Las opciones de calibración del software utilizado nos proporciona un a calibración espacial de las cordenadas de los pixeles y la intensidad nos las proporciona en valores de escala de grises. Antes de la calibración el software nos reporta las cordenadas de X y Y en pixeles, relativo a un origen en la esquina inferior izquierda de la imágen, y las intensidades en unidades de escala de grises que van de 0 a 255. En cuanto a la calibración espacial, esta calibra la distancia y el área mediante la conversión de pixeles a las unidades de medición especificadas para el caso.

Las determinaciones de las características morfológicas de las semillas que se realizaron mediante el análisis de imágenes fueron las siguientes:

Longitud de las semillas

La medición de la longitud de las semillas mediante el análisis de imágenes se define por la búsqueda de todos los píxeles del borde de éstas. El programa selecciona los dos píxeles más alejados entre sí, definidos como (mayor X1, mayor Y1) y (mayor X2, mayor Y2). La medición de la longitud se encuentra entre la distancia de los dos puntos que definen el eje mayor. Esto se calcula:

$$\text{Longitud} = (\text{mayor X1, mayor Y1})^2 + (\text{mayor X2, mayor Y2})^2$$

Ancho de las semillas

Una vez que el eje mayor se define, el eje menor se puede calcular. Los ejes menores son los encontrados entre los dos píxeles mayores perpendiculares al eje mayor (longitud), y se define como (menor X1, menor Y1) y (menor X2, menor Y2). La medición del ancho de las semillas se encuentra entre la distancia de los dos puntos que definen el eje menor. Esto se calcula:

$$\text{Longitud} = (\text{mayor X1, mayor Y1})^2 + (\text{mayor X2, mayor Y2})^2$$

Perímetro de las semillas

El perímetro de las semillas, que se calculó mediante el análisis de imágenes, es la suma de los píxeles de los perímetros horizontales, verticales y diagonales de los bordes de las semillas. Los datos se reportan en las unidades de calibración, en este caso en mm de longitud.

Perímetro horizontal. El perímetro horizontal reporta la suma de la distancia de todos los píxeles horizontales que se encuentran en el borde de las semillas.

Perímetro vertical. El perímetro vertical reporta la suma de la distancia de todos los píxeles verticales que se encuentran en el borde de las semillas.

Perímetro diagonal. El perímetro diagonal reporta la suma de la distancia de todos los píxeles diagonales que se encuentran en el borde de las semillas. Una sola unidad de la distancia diagonal se calcula como:

$$\text{distancia diagonal} = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

donde dx es el ancho de un píxel en el eje de las x , y dy es la altura de un píxel en el eje de las y , (Figura 2).

Area de las semillas

El área que se calculó mediante el análisis de imágenes es definido como la suma de todos los píxeles presentes en las semillas. Los datos se reportan en las unidades de calibración, en este caso en mm^2 .

Indice de forma de la semilla

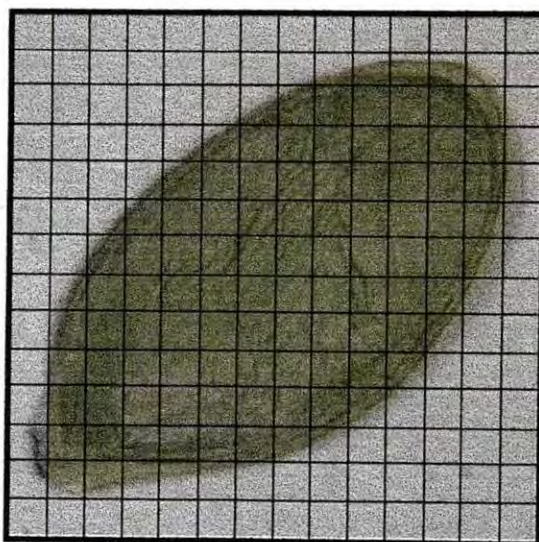
Mediante el análisis de imágenes se calculó que tan circulares son las semillas de calabaza objeto de estudio con la siguiente fórmula:

$$\text{Forma} = \frac{4p \times \text{Area}}{\text{Perímetro}^2}$$

Un círculo perfecto tiene un índice de forma de 1.000, y una línea tiene un índice de forma aproximado de 0.000. Teóricamente, el índice de forma no puede ser mayor que 1, pero debido a las limitaciones de las mediciones digitales esta regla puede romperse en casos de objetos pequeños. Para referencia, el índice de forma de un triángulo equilátero es cerca de 0.61, para un cuadrado es alrededor de 0.79 y para un pentágono de 0.86, aproximadamente.

Color de las semillas (número de píxeles)

Para medir el color de las semillas se contó, mediante el análisis de imágenes, el número de píxeles en un área dada.



□ = 1 píxel

Figura 2. Representación de los píxeles en una imagen.

Determinación de los Constituyentes Químicos de las Semillas

Análisis de proteína (Método Micro-Kjeldahl)

El contenido proteico fue analizado de acuerdo al AOAC (1990), mediante el método 984.13.

Principio. El método Kjeldahl es el más aceptado para la determinación de proteínas en alimentos. En éste el nitrógeno de las proteínas y otros compuestos orgánicos, se convierte a sulfato de amonio por medio de la digestión con ácido sulfúrico en ebullición y en presencia de un ión metálico como catalizador (cobre o mercurio). El residuo de la digestión se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico que luego se valora con una solución ácida estandarizada.

Análisis de grasa cruda (Extracción de ácidos grasos totales)

El aceite de las semillas se extrajo por duplicado, de acuerdo al método de extracción continua.

Principio. La grasa presente en un alimento se determina mediante su extracción con un solvente orgánico, que puede ser hexano, éter de petróleo ó éter etílico. El hexano y el éter de petróleo son los mejores agentes de extracción directa de la grasa en el material seco. El éter etílico es más eficiente pero tam-

bién extrae material no graso. Los otros componentes del alimento se consideran insolubles en esos solventes. Debido al uso generalizado de dichos solventes para la determinación de grasa en los alimentos y debido a que pueden estar presentes en el extracto pequeñas cantidades de otras sustancias, diferentes a la grasa, el resultado generalmente se reporta como "grasa cruda".

Análisis Estadísticos

Los datos obtenidos de las observaciones, mediciones y análisis anteriormente descritos, fueron analizados estadísticamente mediante los programas Statgraphics Plus for Windows 2.0 y Statistica '98 Edition.

Análisis de distribución de frecuencias

Se realizaron análisis de distribución de frecuencias con la finalidad de obtener los rangos de las medias y los coeficientes de variación (C.V.) de cada una de las características que se midieron. Este análisis se realizó en cada una de las líneas de calabaza con semillas sin testa.

Análisis de las diferencias mínimas significativas

Los datos se analizaron estadísticamente usando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney con una $P=95\%$ de significancia.

Correlación entre características

Las características tanto físicas como químicas de las plantas, los frutos y las semillas se correlacionaron estadísticamente en base a una sola línea. Las correlaciones simples y parciales se calcularon para:

- número de guías vs longitud de guías,
- longitud de guías vs fecha de la primera flor masculina,
- fecha de la primera flor femenina vs número de frutos por planta,
- fecha de la primera flor femenina vs peso de todos los frutos por planta,
- número de frutos por planta vs peso de todos los frutos por planta,
- número de semillas por fruto vs peso de las semillas por fruto,
- longitud de las semillas vs anchura de las semillas,
- perímetro de las semillas vs área de las semillas,
- área de las semillas vs color de las semillas,
- área de las semillas vs contenido de grasa cruda,
- área de las semillas vs contenido de proteína,
- color de las semillas vs contenido de grasa cruda,
- color de las semillas vs contenido de proteína y
- contenido de grasa cruda vs contenido de proteína.

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante el desarrollo de las 24 líneas de calabaza con semillas sin testa fueron atacadas por enfermedades de tipo viral principalmente, así como también por la cenicilla en menor grado, siendo esta última controlada satisfactoriamente. El grado de infección de virosis en las plantas fué mas o menos variable, detectándose en las líneas 23 y 24 con mayor intensidad y en la 6, 7 y 11 con menor intensidad. Sin embargo a pesar de que se presentaron estos síntomas de virosis no fue un problema grave ya que se lograron los objetivos planteados al iniciar este estudio.

En la Figura 3, se muestran las semillas de calabaza sin testa obtenidas para cada una de las líneas, las cuales presentan diferencias o similitudes en cuanto al color, forma y tamaño.

Características morfológicas de las plantas

Tipos de tallos

El tipo de tallo en las Cucurbitáceas es una característica importante para determinar la densidad de planta. De las 24 líneas seleccionadas de calabaza con semilla sin testa se obtuvo solamente una línea de tipo arbustivo correspondiente

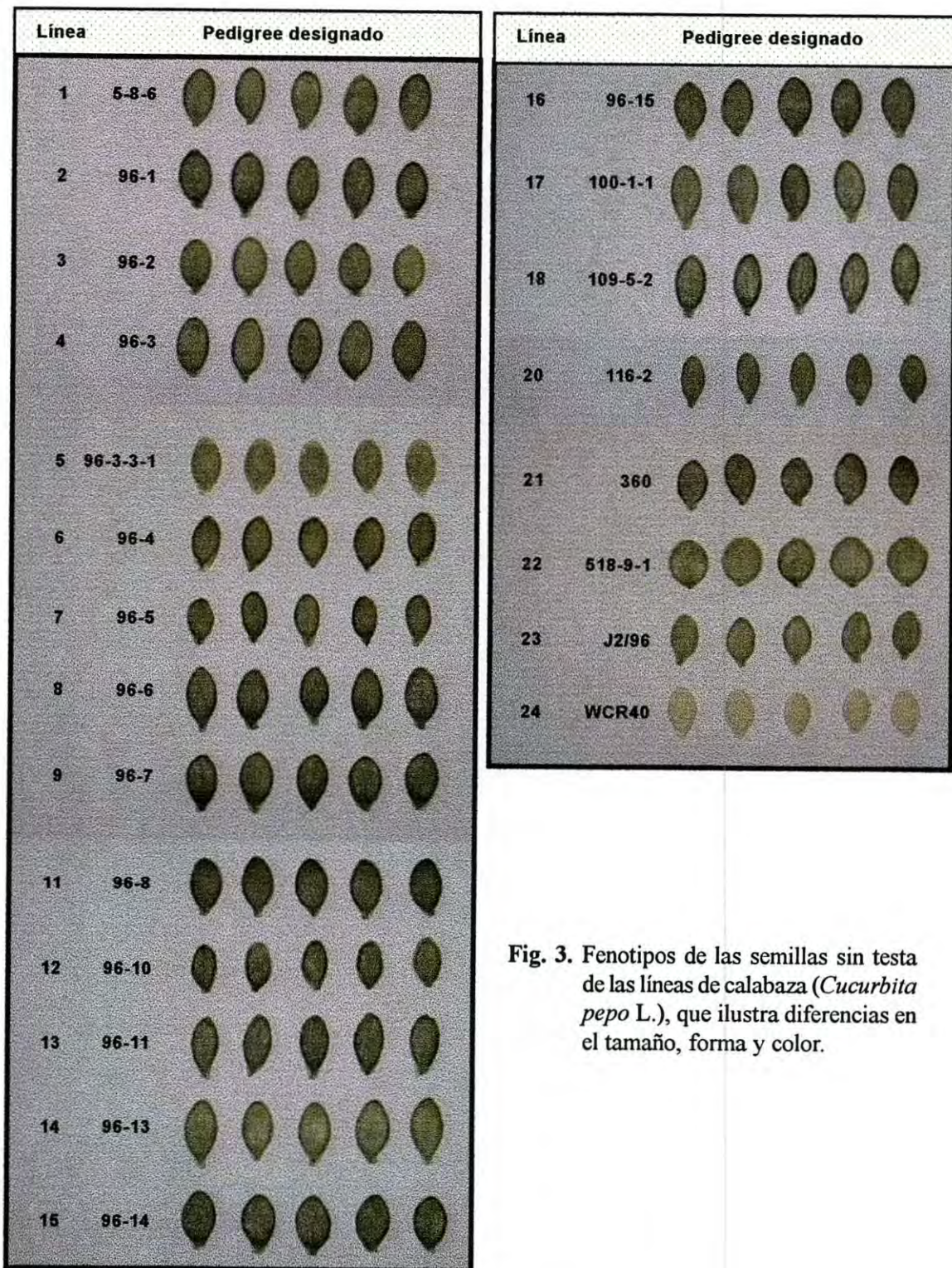


Fig. 3. Fenotipos de las semillas sin testa de las líneas de calabaza (*Cucurbita pepo* L.), que ilustra diferencias en el tamaño, forma y color.

a la línea 24 (Figura 4), una línea con 4 plantas de tipo arbustivo y una de tipo rastrera (Figura 5) y el resto de las líneas fueron del tipo rastrero (Cuadro 1). Algunas investigaciones reportan la herencia del tipo arbustivo en *C. pepo* (Denna y Munger, 1963; Sinnott y Durham, 1922; Shifriss, 1947) las cuales incluyen algunos resultados controversiales. Generalmente, se reconoce que la característica arbustiva es casi completamente dominante durante el estado de crecimiento y recesivo o no dominante durante el estado tardío (Om y Hong, 1988).

Número de tallos o guías

Se realizó una distribución de frecuencia para el número de guías de las líneas utilizadas y se observó un rango de medias de 3.0 - 13.4 guías (Cuadro 2), con un C.V. de 14.2 - 39.6%. Se observó que el mayor número de guías la presentaron las plantas de la línea 24 (línea de tipo arbustivo) y el menor la línea 10 (línea tipo rastrera). La distribución de frecuencias del número de guías de las plantas de calabaza se muestran en la Figura 6, en la cual se puede observar que la línea marcada como 24 presentó el mayor número de tallos. De las rastreras las líneas 8 y 11 presentaron el mayor número de tallos con una media de 8 y 8.5, respectivamente, observándose que no hay diferencias significativas entre las dos medias ($P < 0.05$).



Fig. 4. Plantas de calabaza *Cucurbita pepo* L. tipo arbustivo.



Fig. 5. Plantas de calabaza *Cucurbita pepo* L. tipo rastrera.

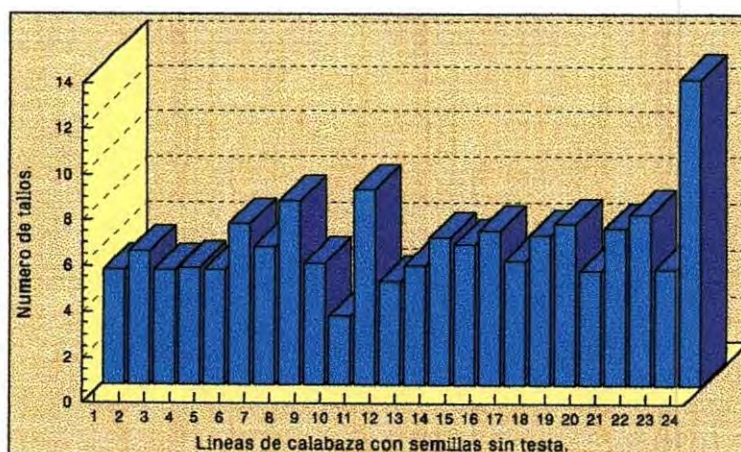


Fig. 6. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del número de tallos de las plantas de calabaza.

Longitud de tallos o guías

Se realizó una distribución de frecuencias para la longitud de las guías de las 24 líneas de calabaza (Cuadro 3). En las líneas de calabaza se observó un rango de medias de 51.0 - 210.0 cm con un C.V. de 10.1 - 41.3%. La línea 24 (línea tipo arbustiva), presenta la menor longitud de las guías y la línea 7 (línea tipo rastrera) la mayor longitud. Se realizó una comparación entre los valores medios de las líneas 2 y 11, la prueba muestra que no hay diferencias significativas al 95% de confianza. La distribución de frecuencias para la longitud de guías de las plantas de calabaza se muestra en la Figura 7.

Primera floración masculina

Se contaron los días desde el inicio de germinación hasta la aparición de la primera flor masculina (Figura 8). Se realizó un análisis de distribución de

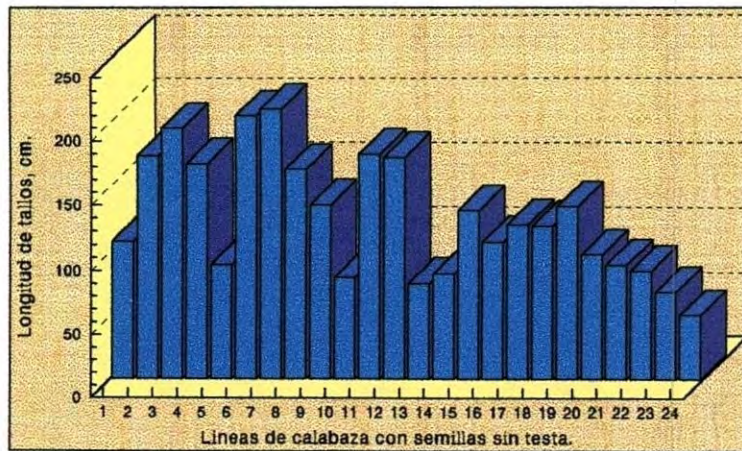


Fig. 7. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios de la longitud de los tallos de las plantas de calabaza.



Fig. 8. Flor masculina de las líneas de calabaza con semillas sin testa (*Cucurbita pepo* L.).

frecuencias en la totalidad de las líneas observándose un rango de medias de 13.5 - 31.0 días de la primera floración masculina para tener un C.V. de 5.2 - 21.8 %, (Cuadro 4). La distribución de frecuencias de las medias en días para las 24 líneas de calabaza se muestra en la Figura 9. Se observa que la línea 24 (línea de tipo arbustiva) presenta el mayor periodo del inicio de floración masculina y la línea 1 (línea de tipo rastrera), el menor periodo de iniciación, por lo tanto la prueba estadística indica que hay diferencias significativas al 95% de confianza.

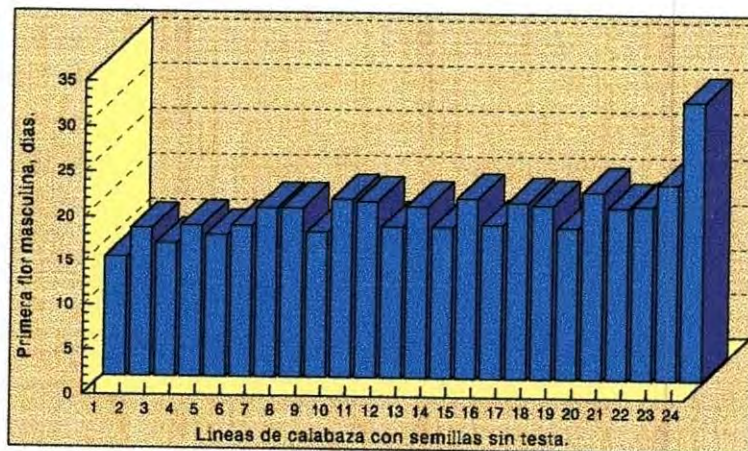


Fig. 9. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del periodo de la primera flor masculina de las plantas de calabaza.

Primera floración femenina

El periodo de la primera floración femenina (Figura 10) se determinó contando los días a partir del inicio de germinación. Se realizó un análisis de distribución de frecuencias en las 24 líneas observándose un rango de medias de 19.0 - 34.4 días de la primera floración femenina para tener un C.V. de 5.9 - 21.4 %, (Cuadro 5). La distribución de frecuencias de las medias en días para las líneas de calabaza se muestra en la Figura 11. Se observa que la línea 24 (plantas de tipo arbustivo) presentó el mayor periodo promedio del inicio de floración femenina, con 34.4 días y las líneas 3, 5 y 6 con 19 días promedio del inicio de floración femenina.



Fig. 10. Flor femenina de las líneas de calabaza con semillas sin testa (*Cucurbita pepo* L.).

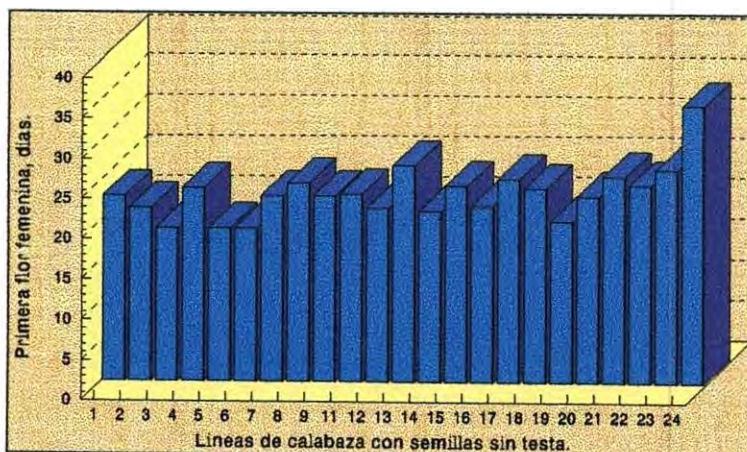


Fig. 11. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del periodo de la primera flor femenina de las plantas de calabaza.

Número de frutos por planta

De la línea 10 no se obtuvo ningún fruto por lo tanto se realizó un análisis de distribución de frecuencias de las 23 líneas restantes, observándose que el número de frutos por planta tiene un rango de 1.0 - 4.5 frutos con un C.V. de 15.7 - 63.4% (Cuadro 6). En la Figura 12 se muestra la distribución de frecuencias de las medias del número de frutos por planta para las 23 líneas en la cual se puede observar que la línea 21 tiene el mayor valor (4.5) y la línea 5 el menor promedio (1.0). Se realizó una prueba de Mann-Whitney para comparar los valores medios de las líneas 18 y 21, las cuales presentaron los mayores valores, resultando que no hay diferencias mínimas significativas entre las dos medianas al 95% de confianza. Los resultados concuerdan con los reportados por Warid *et al.* 1993, quienes reportan de 1 a 9 frutos por planta con un peso promedio de 0.47-12.67 kg y con Loy, J.B. 1990, quien evaluó 5 variedades de calabaza con

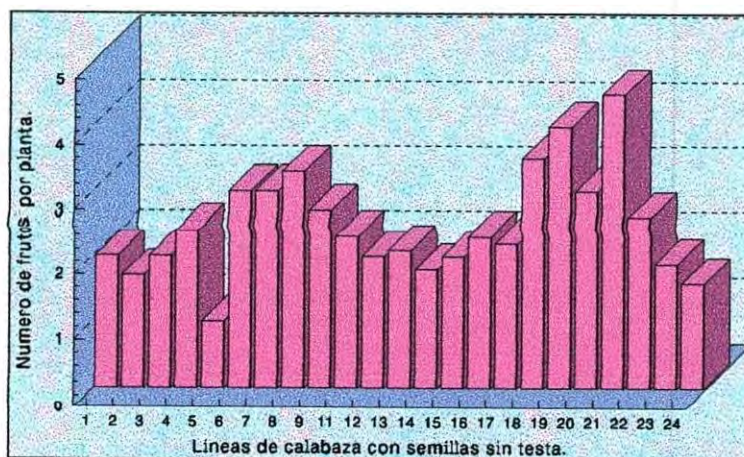


Fig. 12. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del número de frutos por planta.

semillas sin testa, reportando un número promedio de frutos por planta de 3.5 ± 0.6 a una densidad de planta de $0.8/m^2$.

Peso de todos los frutos por planta

Se realizó un análisis de distribución de frecuencias de los pesos de todos los frutos por planta en las 23 líneas que dieron frutos. El peso promedio de todos los frutos por planta se dió en un rango de 0.86 - 7.90 kg. con un C.V. de 5.0 - 78.9% (Cuadro 7). La línea 21 presentó el mayor peso promedio de los frutos (7.90 kg.) y la línea 5 el menor peso promedio de los frutos (0.86 kg.).

Se realizó la prueba no-paramétrica de Mann-Whitney para el peso de los frutos de las líneas 18 y 21, las cuales presentaron mayores valores, y se observó que no existe diferencia significativa entre las medianas al 95% de confianza. En la Figura 13, se muestra el histograma de la distribución de frecuencias de los pesos promedio por planta en los cultivares estudiados.

Los resultados son similares a los obtenidos por Warid *et al.* 1993, que reportaron un rango del peso total de frutos por planta de 0.47 a 12.67 kg con una media de 4.64 kg.

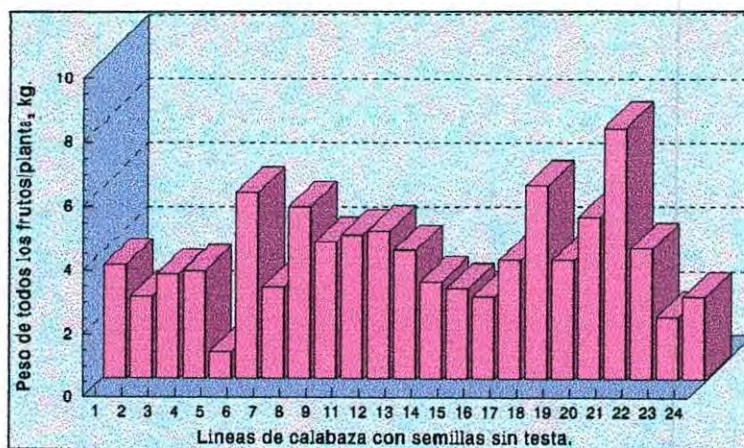


Fig. 13. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del peso de todos los frutos por planta.

Forma de los frutos maduros

Se obtuvieron frutos maduros ya sea de forma redonda y/o elongada. La forma redonda se observó en los frutos que tuvieron un índice de forma menor de 0.99 y mayor de 0.5, y los frutos con forma elongada presentaron un índice menor a 0.5. En la Figura 14 se muestra ambas formas de los frutos de calabaza. Se realizó un análisis de distribución de frecuencias de este índice de forma obteniéndose un rango de medias de 0.52 - 0.979 con un C.V. de 5.3 - 24.8% (Cuadro 8). El histograma de frecuencias de las medias para el índice de la forma de los frutos de las 23 líneas de calabaza, se muestra en la Figura 15.



Fig. 14. Frutos de calabaza de forma redonda y elongada.

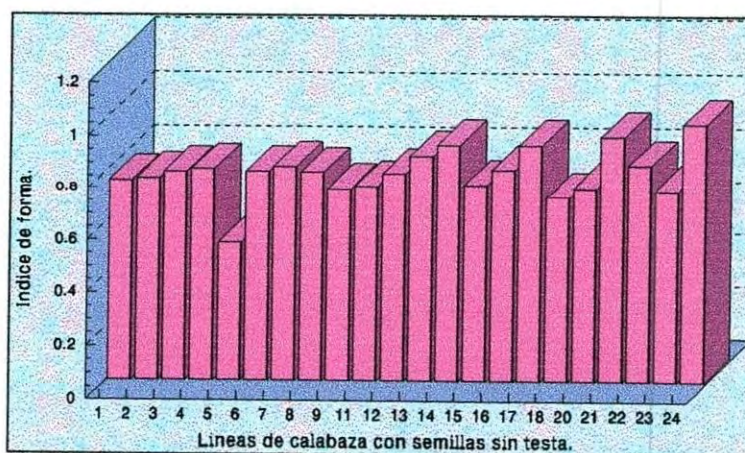


Fig. 15. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del índice de forma de los frutos maduros por planta.

Desarrollo del tamaño de los frutos con relación a la edad

Con el objeto de ver el desarrollo de los frutos durante el crecimiento se midió la altura (cm) y el diámetro (cm) de éstos a tres diferentes fechas, a los 23, 55 y 80 días, así como también se tomaron los mismos datos durante la cosecha, esto es a los 85, 94 y 103 días de crecimiento de los frutos, de tal manera que se tuvieron cuatro grupos: 23, 55 y 80; 23, 55 y 85; 23, 55 y 94; 23, 55 y 103 días.

Se realizó un análisis de regresión lineal donde la variable independiente, en todos los casos, fueron los días y la variable dependiente la altura y el diámetro. En el Cuadro 9 se muestran los resultados de los cuatro análisis de regresión. De acuerdo a estos resultados, la altura y el diámetro de los frutos no es un dato significativo con respecto al tiempo de desarrollo, como se observa en las Figuras 16-19.

Después se realizó un análisis de covarianza para probar la igualdad de las pendientes de la altura y el diámetro de los frutos a los 23, 55 y 80 días de crecimiento. El Cuadro 10, muestra el procedimiento y el resultado de este análisis. Se probó que no hay diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre las dos variables a esa edad de desarrollo.

A los 23, 55 y 85 días la diferencia entre la altura y el diámetro de los frutos no fué significativa ($\alpha=0.05$) es decir que los valores de las pendientes de ambas variables eran iguales. A los 23, 55 y 90 días la altura y el diámetro no mostraron diferencias significativas, así como también a los 23, 55 y 103 días.

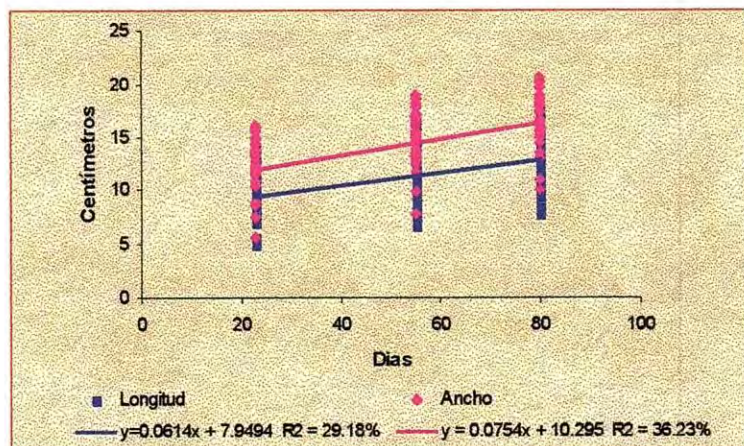


Fig. 16. Relación de la longitud y la altura de los frutos de calabaza con respecto al tiempo (23, 55 y 80 días).

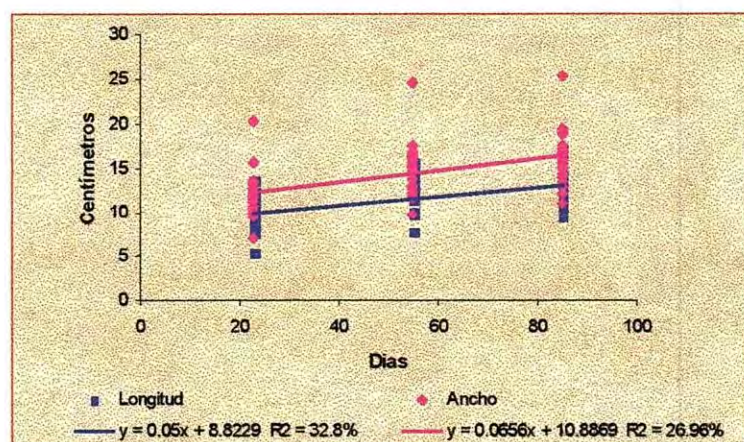


Fig. 17. Relación de la longitud y la altura de los frutos de calabaza con respecto al tiempo (23, 55 y 85 días).

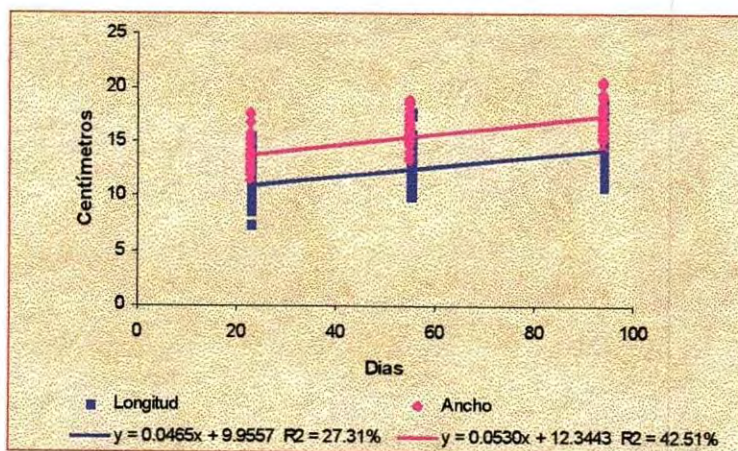


Fig. 18. Relación de la longitud y la altura de los frutos de calabaza con respecto al tiempo (23, 55 y 94 días).

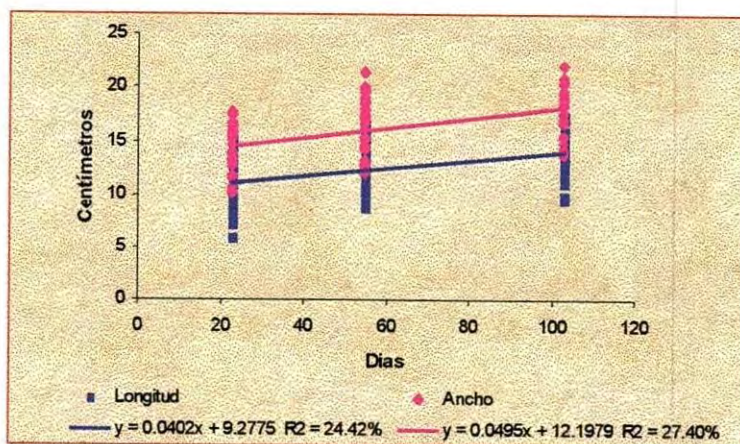


Fig. 19. Relación de la longitud y la altura de los frutos de calabaza con respecto al tiempo (23, 55 y 103 días).

Número de semillas por fruto

En el Cuadro 11 se muestran los valores promedio del número de semillas por fruto por línea, resultado del análisis de frecuencias. El rango de medias del número de semillas fué de 148.3 - 309.3, con un C.V. de 27.7 - 36.5%, respectivamente. Las líneas 11 y 21 mostraron significativamente el mayor número de semillas por fruto (309.3 ± 36.5 y 240 ± 31.9 , respectivamente), mientras que las líneas 17 y 24 el menor contenido de semillas, 160.8 ± 26.0 y 148.3 ± 27.7 , respectivamente. La distribución del número promedio de semillas para cada línea se muestra en el histograma de la Figura 20.

Uno de los mejores criterios para el requerimiento de la selección es que se tenga el mayor número de semillas en los frutos; por lo tanto se hizo una comparación entre las líneas 11 y 21 que obtuvieron el mayor número promedio de semillas, mediante la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Se probó que no existen diferencias significativas entre ellas al 95% de confianza.

Warid *et al.* 1993, obtuvieron semillas de calabaza sin testa de *C. pepo* en un rango de 16 a 393 semillas por fruto con un promedio de 136, posteriormente, Warid *et al.*, 1996 reportaron un rango de 57 a 393 semillas para el mismo cultivar.

Peso de las semillas por fruto

Los valores promedio del peso en gramos de las semillas por fruto en cada línea de calabaza se muestran en el Cuadro 12. El rango fué de 17.46 - 51.48 g con un coeficiente de variación de 11.0 - 90.5%. En la Figura 21 se puede apreciar la diferencia en cuanto al peso de las semillas por fruto en cada

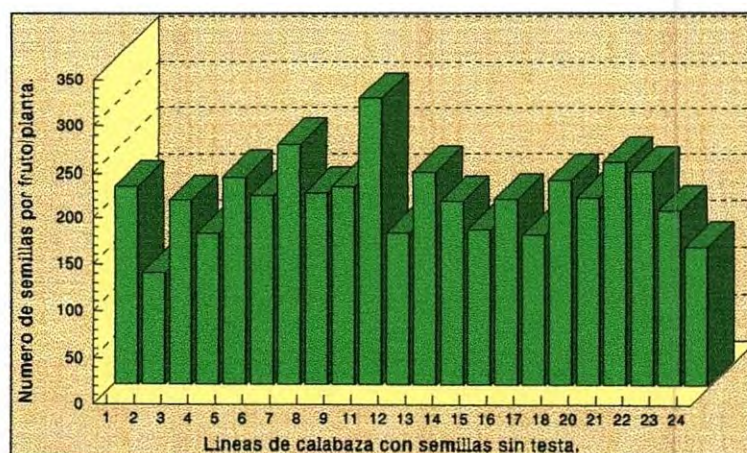


Fig. 20. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del número de semillas por fruto por planta.

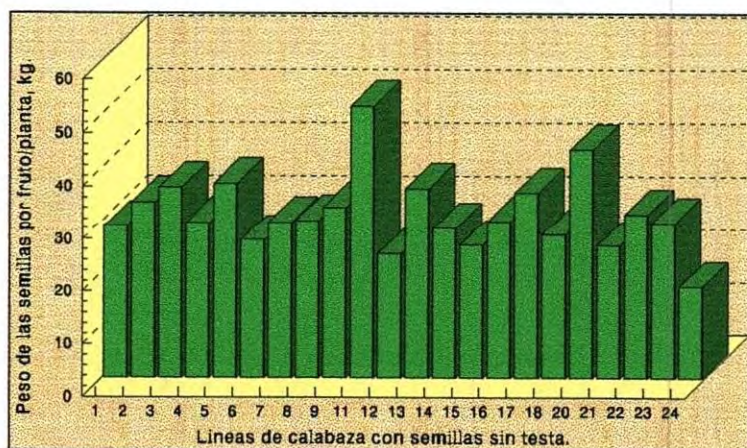


Fig. 21. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del peso de las semillas por fruto por planta.

línea de calabaza. Al igual que el número de semillas, el peso de ellas es crítico para la determinación de una selección. En este estudio, los mayores valores promedio en cuanto al peso en gramos de las semillas por frutos se observaron en la línea 11, con un peso promedio en gramos de 51.48 y la línea 20, con un peso promedio en gramos de 43.44; los valores de las líneas 12 y 24 fueron los más bajos (23.6 y 17.46 g).

Se realizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney para comparar los valores medios obtenidos en las líneas 11 y 13, las cuales obtuvieron pesos de 51.48 ± 5.87 y 36.07 ± 2.72 , respectivamente. Se observó que existe una diferencia significativa entre las medianas al 95 % de confianza.

Peso de una semilla por fruto

En el Cuadro 13 se muestran los valores medios del peso de una semilla por frutos para cada línea. En general, los pesos en gramos de cada semilla por fruto se encontraron en un rango de 0.10 - 0.22 g con un C.V. de 3.6 - 50.3%. Las líneas 3 y 4 presentaron el mayor peso promedio por semilla, seguidas de las líneas 2 y 11. No hay diferencias significativas estadísticamente entre estas líneas al 95% de confianza. El histograma de la Figura 22 muestra la distribución de los pesos en g de una semilla por fruto para cada línea de calabaza.

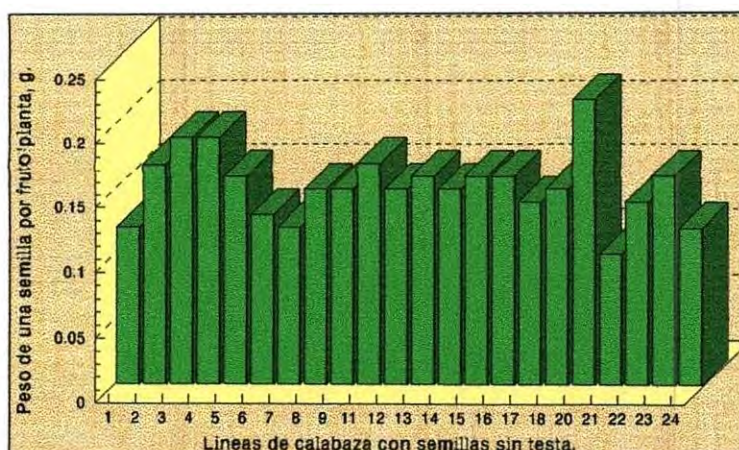


Fig. 22. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del peso de una semilla por fruto por planta.

Longitud de las semillas

Se llevó a cabo un análisis de imágenes de las semillas de cada línea de calabaza para determinar sus longitudes (en mm). Después se realizó una distribución de frecuencias de los valores medios de las longitudes, (Cuadro 14). Se obtuvo un rango promedio de 12.68 - 16.58 mm, con un C.V. de 1.2 - 10.1%. Las líneas 4 y 13 presentaron los valores máximos, 16.08 ± 0.31 y 16.58 ± 0.27 , respectivamente; las líneas 21 y 23 los menores valores, 12.68 ± 0.19 y 13.81 ± 0.27 , respectivamente.

Como los valores no siguen una distribución normal, se realizó la prueba de Mann-Whitney para comparar a las semillas de mayor longitud (línea 4) con las de menor longitud (línea 21); se observó diferencia significativa entre las líneas de menor y mayor longitud. En la Figura 23 se muestra esta distribución de frecuencias para esta característica.

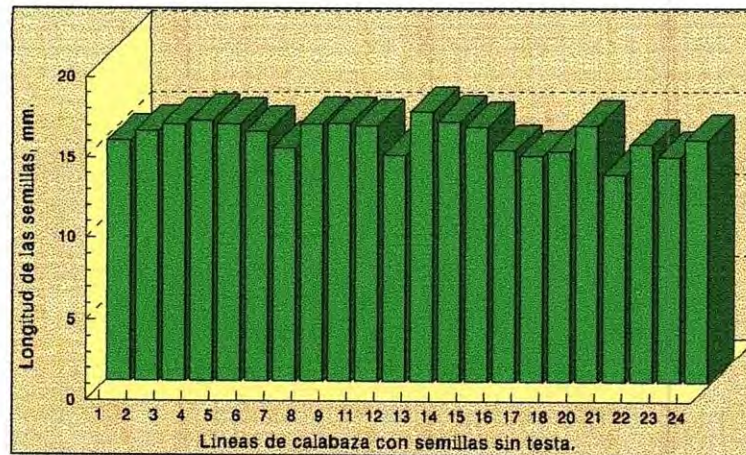


Fig. 23. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios de la longitud de las semillas de los frutos por planta.

Ancho de las semillas

Al igual que para medir la longitud de las semillas se realizó un análisis de imágenes para medir el ancho de las semillas/fruto/planta. Después se realizó una distribución de frecuencias de estos valores, obteniéndose rango de medias de 7.57 - 10.25 mm con un C.V. de 2.0 - 14.2%. Los resultados se muestran en el Cuadro 15 del Apéndice y el histograma de distribución de las medias en la Figura 24.

Las semillas de la línea 4 presentó mayores valores, 10.01 ± 0.18 con un C.V. de 6.6%. La línea 21 presentó los valores mínimos, 7.57 ± 0.15 . Haciendo una comparación entre estas dos líneas se observó que existen diferencias significativas al 95% de confianza.

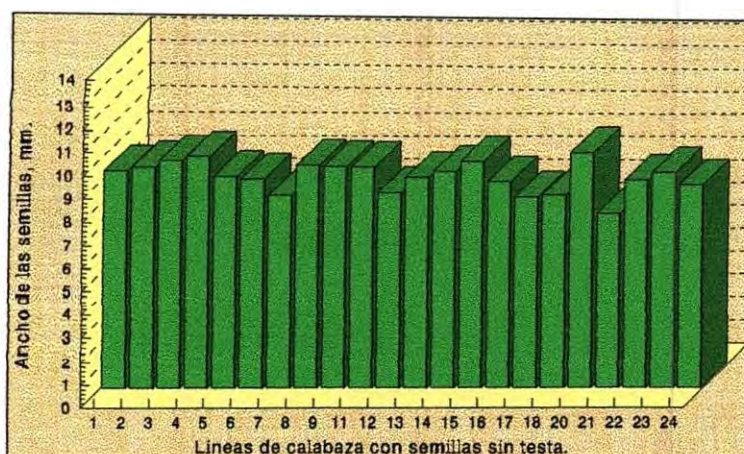


Fig. 24. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del ancho de las semillas de los frutos por planta.

Perímetro de las semillas

El perímetro de las semillas se midió mediante un análisis de imágenes. Las medias de los perímetros de las semillas, para cada línea, se muestran en el Cuadro 16. Los valores promedio se encontraron en un rango de 34.95 - 47.06 mm y un C.V. de 0.8 - 10.5%. La línea 5 presentó semillas con el mayor perímetro (47.06 mm) y la línea 21 con el menor (34.95 mm). La distribución de frecuencias de los perímetros promedio de las semillas de las 22 líneas de calabaza se muestra en el histograma de la Figura 25.

Para saber si había diferencias significativas en los perímetros de las semillas se hizo una prueba de Mann-Whitney entre las líneas de mayor (línea 3) y menor perímetro, (línea 21), observándose diferencias significativas al 95% de confianza.

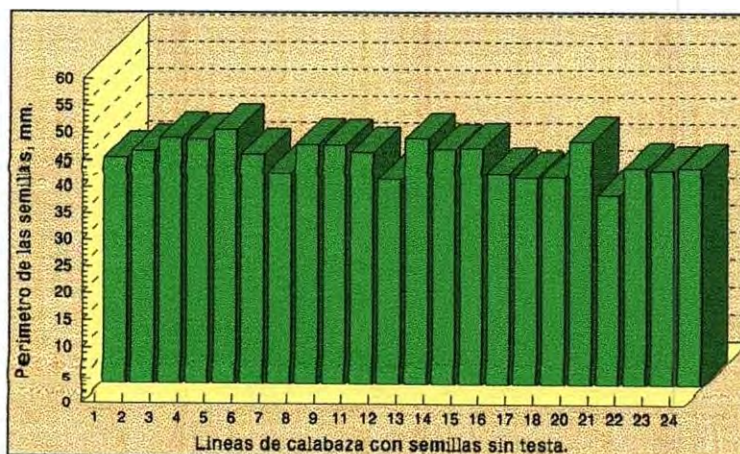


Fig. 25. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del perímetro de las semillas de los frutos por planta.

Forma de las semillas

Se realizó un análisis de imágenes para determinar la forma de las semillas. Después se hizo la distribución de frecuencias con los datos obtenidos observándose un rango de medias de 0.66 - 0.78 con un C.V. de 0.08 - 10.5%. En las Figuras 26 y 27, se muestran las diferencias en la forma que se observaron entre las líneas 8 y 23, respectivamente. La distribución de frecuencias de las medias se muestra en el histograma de la Figura 28 y los resultados del análisis de frecuencias en el Cuadro 17.

Area de las semillas

Se realizó el análisis de distribución de frecuencias para el área de las semillas (Cuadro 18), después de haber obtenido las mediciones mediante el

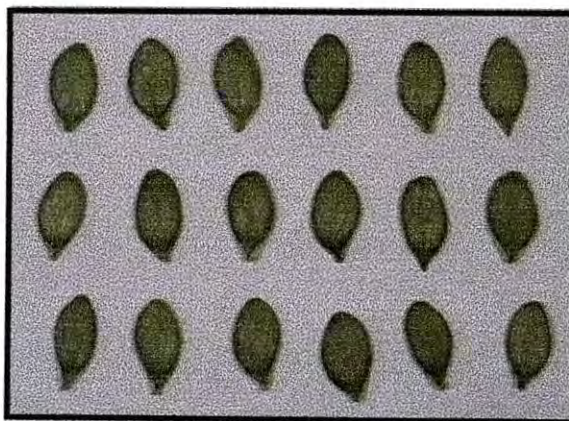


Fig. 26. Forma de las semillas de la línea 8.



Fig. 27. Forma de las semillas de la línea 23.

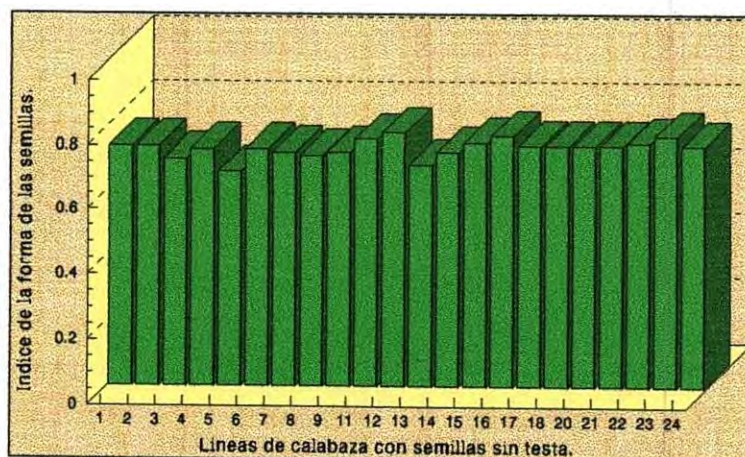


Fig. 28. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del índice de forma de las semillas.

análisis de imágenes. Se obtuvieron medias que están en un rango de 70.10 - 119.32 mm² con un C.V. de 1.7 - 21.1%, siendo la 20 la línea con mayor área y la de menor área la línea 21. En la Figura 29 se muestra el histograma de la distribución de frecuencias para los valores de las medias de las líneas de calabaza.

Se hizo una comparación estadística entre la línea 4 (117.16 ± 3.74) que tuvo una área mas grande y la línea 21 (70.10 ± 2.12) que presentó el área más pequeña. Los resultados muestran una diferencia significativa entre los valores con un 95% de confianza.

Color de las semillas

El color de las semillas en diversos estudios se ha descrito basandose en la observación visual, de tal manera que se le clasifica como verde claro, verde, verde oscuro, etc. En este estudio el color de las semillas de calabaza se determinó

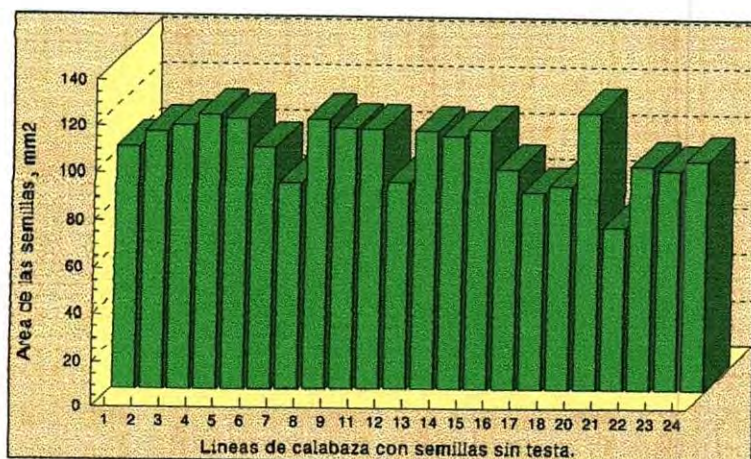


Fig. 29. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del área de las semillas.

mediante el análisis de imágenes, el cual nos dió resultados numéricos (píxeles), es decir, si el color de la semilla es de un verde claro, el número es menor que si fuese verde oscuro.

Se realizó una clasificación para el color en base al número de píxeles y a la observación visual. De 1900 a 2800 píxeles se les denominó de color amarillo a verde claro; de 3100 a 3400 píxeles, de color medianamente verde; de 3700 a 4000 píxeles, de color verde y mayor de 4300 píxeles, de color verde oscuro. En las Figuras 30 y 31 se puede visualizar la comparación de la intensidad del color de las semillas de dos líneas de calabaza.

A los resultados obtenidos del análisis de imágenes se realizó un análisis de distribución de frecuencias del número de píxeles para obtener los valores promedio para cada línea, (Cuadro 19). El rango obtenido fué de 2291 - 3900 píxeles con un C.V. de 1.7 - 21.7%. Las semillas de la línea 21 presentaron el



Fig. 30. Color de las semillas de la línea 4.



Fig. 31. Color de las semillas de la línea 21.

menor número de píxeles (2291 ± 69.5), es decir de amarillo a verde claro y en la línea 20 la de mayor número de píxeles es decir de color verde. En la Figura 32 se muestra el histograma de la distribución de las medias del número de píxeles en las semillas de calabaza.

Se realizó una prueba de Mann-Whitney para comparar el color entre las líneas de mayor y menor valor. Los resultados indicaron que existe una diferencia significativa al 95% de confianza entre estas. Los resultados concuerdan con estudios que se basaron en la observación visual del color de las semillas, Warid *et al.*, 1996, reportan líneas de semillas de *C. pepo*, que van de color verde oscuro a color verde claro.

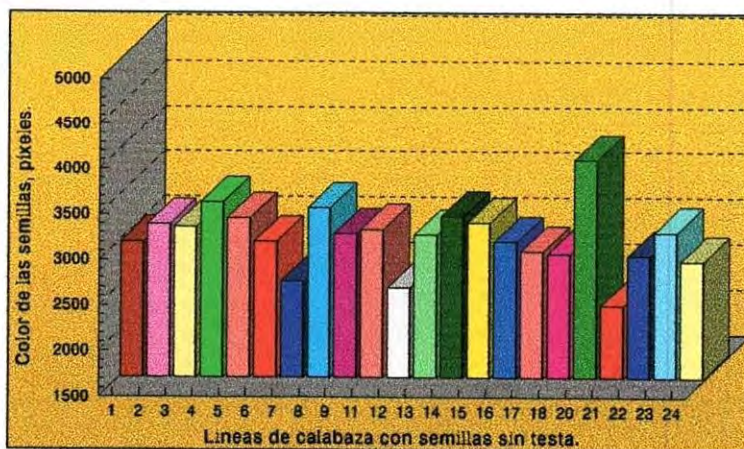


Fig. 32. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del color de las semillas.

Contenido de grasa cruda en las semillas

El contenido de grasa cruda de las semillas para las líneas de calabaza se muestran en el Cuadro 20. Se observa un rango de 20.70 - 29.89% con un C.V. de 0.7 - 29.2%. El mayor contenido de grasa se obtuvieron en las líneas 1 ($29.89\% \pm 1.62$) y 7 ($29.25\% \pm 0.35$) mientras que la línea 20 presentó el menor contenido de grasa cruda, ($20.70\% \pm 0.51$). Aunque no existe diferencia significativa entre las líneas, se observó que los C.V. son altos, probablemente debida a los tiempos de cosecha, ya que fueron diferentes, o también debidas a condiciones relacionadas con el crecimiento y fertilización. En la Figura 33 se muestra el histograma de los valores promedio de grasa cruda en las semillas de calabaza.

En semillas sin testa de calabaza (*C. pepo*), Curtis (1946) y El-Gharbawi (1977) reportan un contenido de grasa cruda de 38.7 a 48.5%, mientras que Idouraine *et al.*, 1996, obtuvieron rangos que van de 34% a 40%.

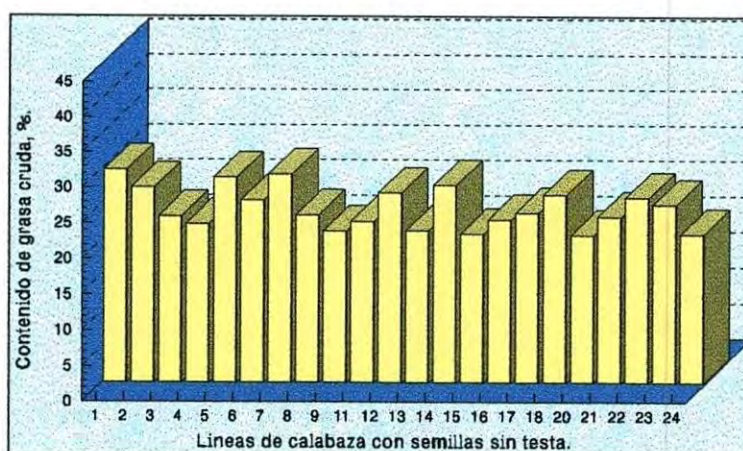


Fig. 33. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del porcentaje de grasa cruda contenido en las semillas.

Contenido de proteína en las semillas

El contenido de proteína de las semillas sin testa en las líneas de calabaza se encontró en un rango de 26.28 - 34.87%. (Cuadro 21). La distribución de frecuencias de los valores medios de proteína muestra que existe variabilidad entre las líneas, presentándose el mayor contenido en la línea 1 ($34.87\% \pm 2.33$) y menor contenido en la línea 13 ($26.28\% \pm 4.91$). Al realizar la prueba de significancia se probó que no existen diferencias significativas en el contenido proteico de ambas líneas. En la Figura 34, se muestra el histograma de la distribución de frecuencias de los valores medio del porcentaje de proteína en las semillas de las 22 líneas de calabaza.

Los contenidos de proteínas encontrados en las semillas de este estudio son similares a los valores reportados por Curtis (1946) y El-Gharbawi (1977), quienes obtuvieron una composición de 29.9 - 33.6%, pero ligeramente menores a los porcentajes que obtuvieron Idouraine *et al.*, (1996), 37.1 - 44.4% para *C. pepo*.

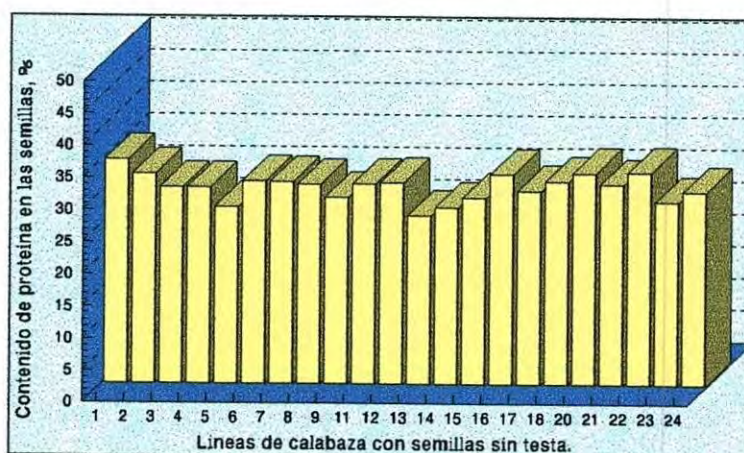


Fig. 34. Histograma de la distribución de frecuencias de los valores medios del porcentaje de proteínas contenido en las semillas.

Correlación entre características

Se realizó un análisis de regresión estadística para determinar la asociación que pudiera existir entre las características tanto físicas como químicas de las plantas, frutos y semillas en base a una sola línea, (Cuadro 22 y Figuras, 35-48).

El análisis de regresión muestra que no existe una relación significativa entre las siguientes características:

- a) entre el número y la longitud de los tallos de las plantas de calabaza,
- b) entre la longitud de los tallos y el periodo de la primera flor masculina,
- c) entre la primera flor femenina y el número de frutos,
- d) entre la primera flor femenina y el peso de todos los frutos por planta,
- e) entre el número de semillas por fruto y el peso de las semillas por fruto,
- f) entre el área y el color de las semillas,
- g) entre el área y el contenido de proteína en las semillas,
- h) entre el área y el contenido de grasa cruda en las semillas,
- i) entre el color y el contenido de proteína,
- j) entre el contenido de proteína y contenido de grasa cruda en las semillas.

El análisis de regresión muestra que existe una relación significativa entre las siguientes características:

- a) entre el número de frutos por planta y el peso de todos los frutos,
- b) entre la longitud y el ancho de las semillas,
- c) entre el perímetro y el área de las semillas y
- d) entre el área y el color de las semillas.

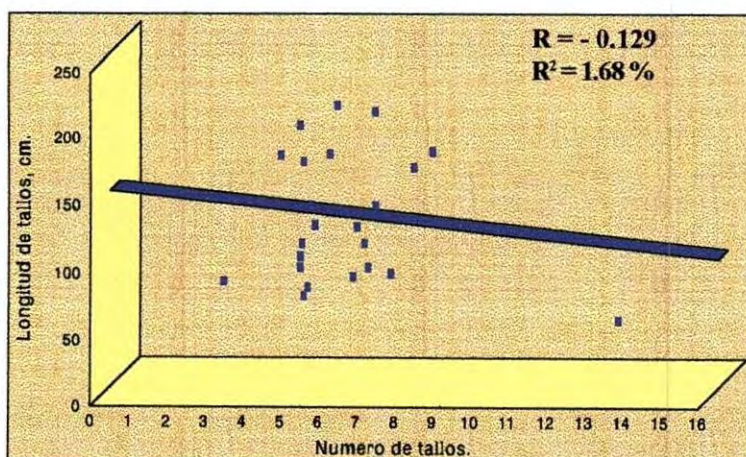


Fig. 35. Relación entre el número y la longitud de los tallos de las plantas de calabaza.

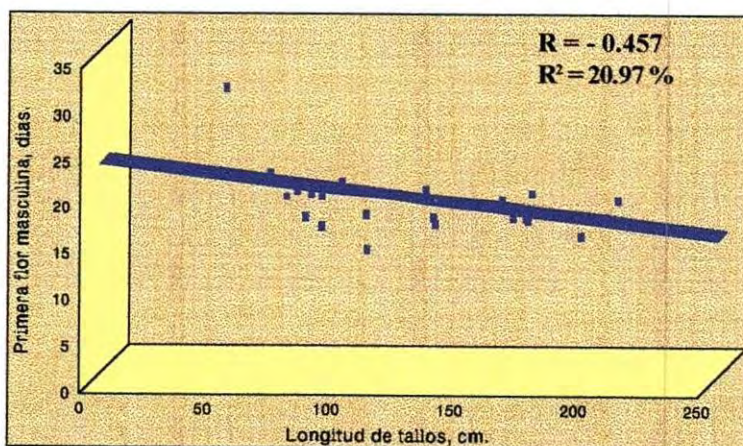


Fig. 36. Relación entre la longitud de los tallos y el periodo de la primera flor masculina de las plantas de calabaza.

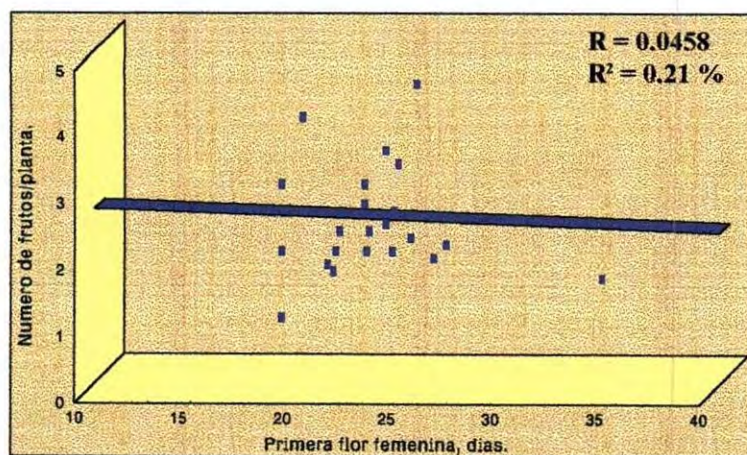


Fig. 37. Relación entre la primera flor femenina y el número de frutos por planta de calabaza.

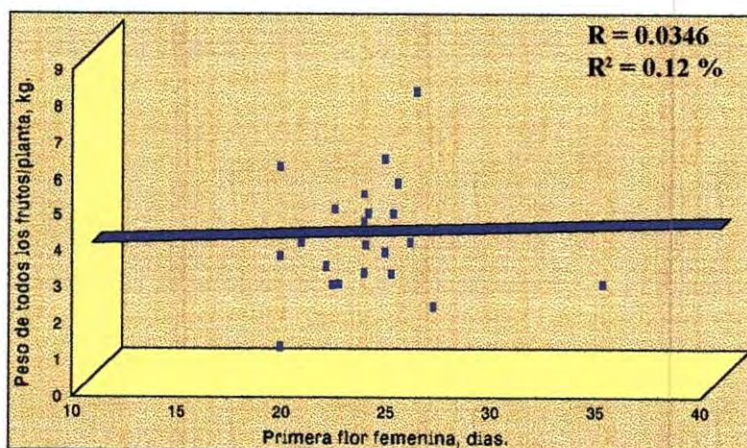


Fig. 38. Relación entre la primera flor femenina y el peso de todos los frutos por planta de calabaza.

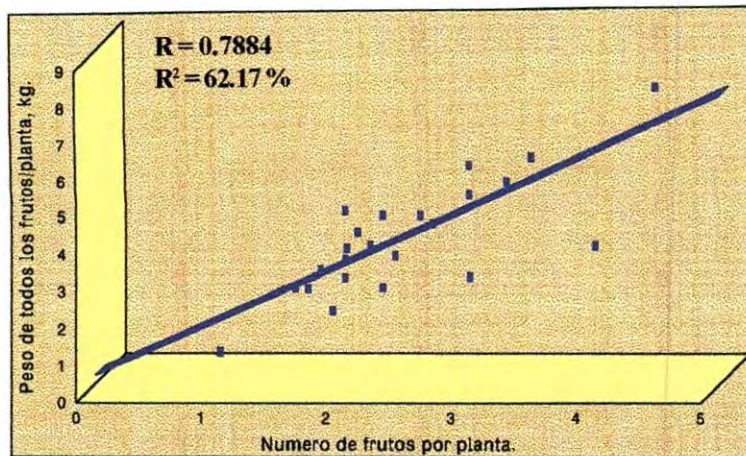


Fig. 39. Relación entre el número y el peso de todos los frutos por planta de calabaza.

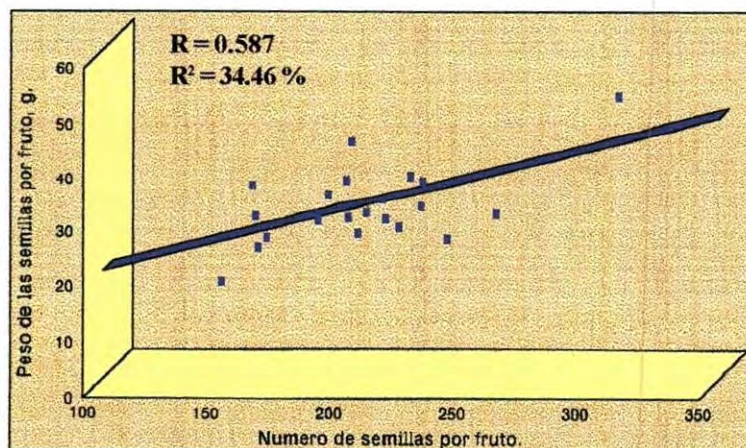


Fig. 40. Relación entre el número de semillas por fruto y el peso de las semillas por fruto de las líneas de calabaza.

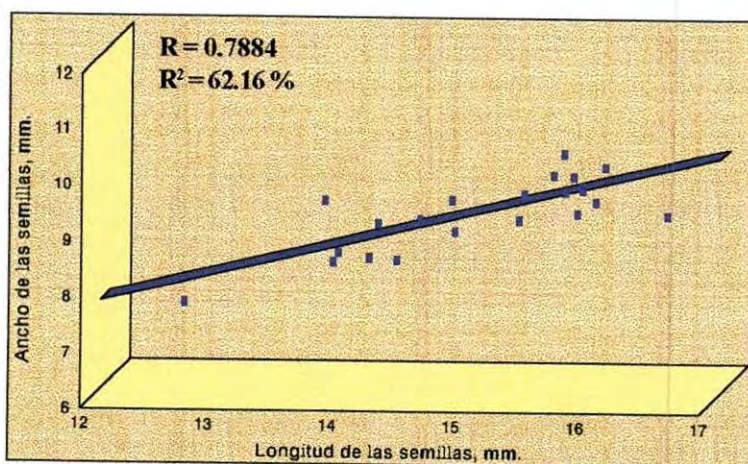


Fig. 41. Relación entre la longitud y el ancho de las semillas de las líneas de calabaza.

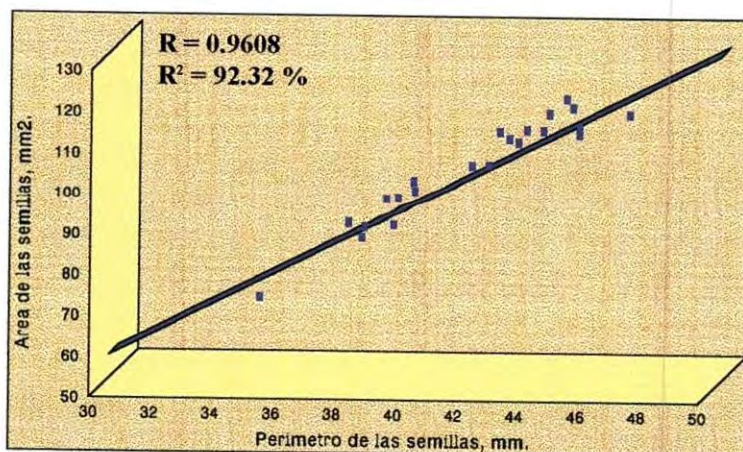


Fig. 42. Relación entre el perímetro y el área de las semillas de las líneas de calabaza.

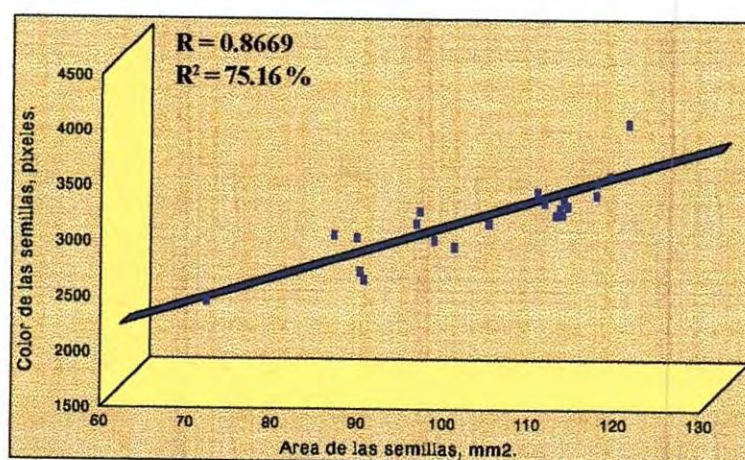


Fig. 43. Relación entre el área y el color de las semillas de las líneas de calabaza.

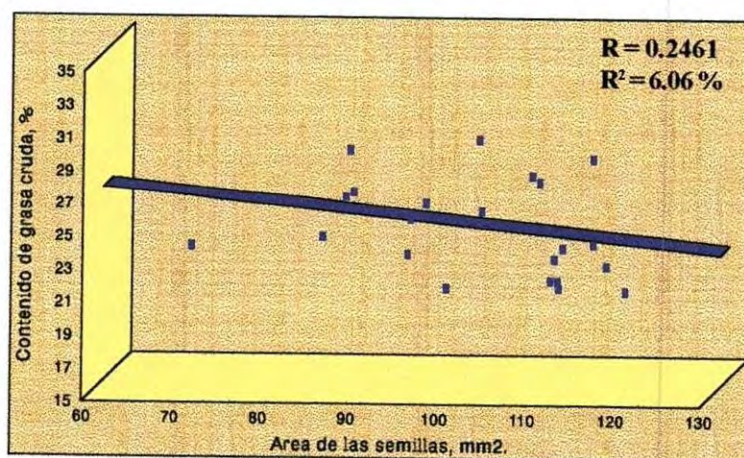


Fig. 44. Relación entre el área y el contenido de grasa cruda de las semillas de las líneas de calabaza.

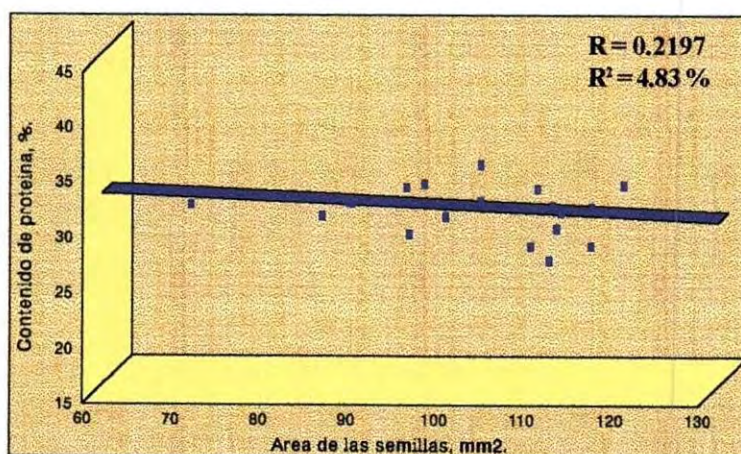


Fig. 45. Relación entre el área y el contenido de proteína en las semillas de las líneas de calabaza.

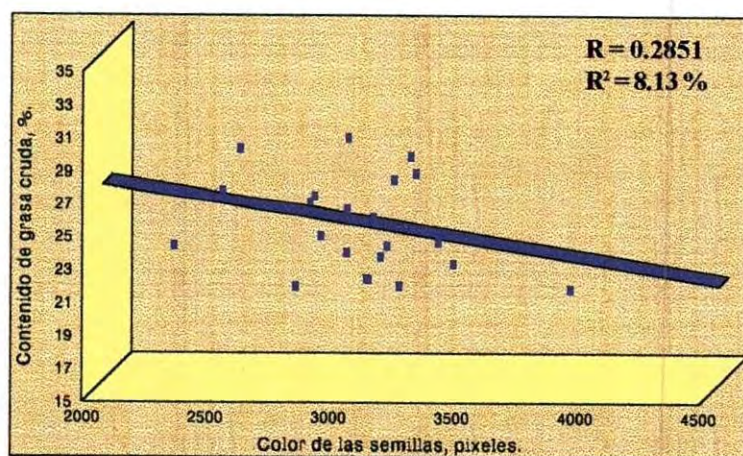


Fig. 46. Relación entre el contenido de grasa cruda y el color de las semillas de las líneas de calabaza.

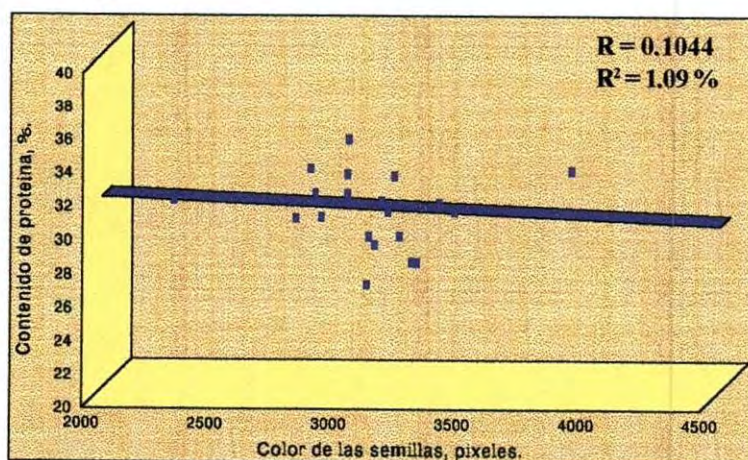


Fig. 47. Relación entre el color y el contenido de proteína en las semillas de las líneas de calabaza.

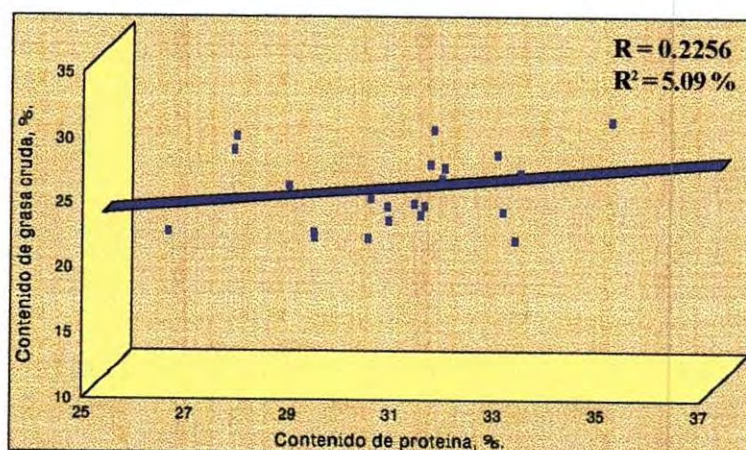


Fig. 48. Relación entre el contenido de proteína y contenido de grasa cruda en las semillas de las líneas de calabaza.

CONCLUSIONES

Se concluyó que las líneas de calabaza que tienen altos méritos a ser seleccionados, debido a uno o más características como el periodo de la primera flor femenina, el peso de las semillas por fruto, el área, el color y el contenido de grasa cruda y proteína son: (1) 5-8-6, (2) 96-1, (3) 96-2, (4) 96-3, (5) 96-3-3-1, (7) 96-5, (8) 96-6, (11) 96-8, (14) 96-13, (16) 96-15, (20) 116-2 y (22) 518-9-1.

Las semillas de las líneas seleccionadas pueden ser utilizadas ya sea para uso alimenticio ya sea para producción de aceite, para utilizarse como botana o como pasta para untar.

La producción de semillas sin testa es posible con similar rendimiento y calidad de las semillas de otros cultivos.

LITERATURA CITADA

- Andrés, T.C. 1990. Biosystematics, theories on the origin and breeding potential of *Cucurbita ficifolia*. In D.M. Bates, R.W. Robinson & C. Jeffrey, eds. Biology and utilization of the Cucurbitaceae, p. 102-199. Ithaca, N.Y., USA, Cornell University Press.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis, 15th ed.; Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA. p.
- Azurdia, C.A. and M. González. 1986. Informe final del proyecto de recolección de algunos cultivos de Guatemala. Guatemala, University of San Carlos/ICTA/IBPGR.
- Bates, D.M., R.W. Robinson, and C. Jeffrey. 1990. Biology and utilization of the Cucurbitaceae. Ithaca, N.Y., USA, Cornell University Press.
- Baxes, G. A. 1984. Digital image processing: A practical primer. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- Bemis, W.P., J.W. Berry, M.J. Kennedy, D. Woods, M. Moran, and A.J. Deutschman. 1968. Oil composition of *Cucurbitae*. J. Amer. Oil Chem. Soc. 44: 429-430.
- Black, M.J., T.H. Rhew, and S.L. Melton. 1980. Triglyceride structure of naked seeded pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo*, Var. Lady Godiva). J. Amer. Oil Chemists' Society. 57, 167A.
- Bolley, D.S., R.H. McCormack, and L.C. Curtis. 1950. The utilization of the seeds of the wild perennial gourds. J. Amer. Oil Chem. Soc. 27:571-574.
- Bressani, R. 1963. Nutritive value of pumpkin seed. Essential amino acid content and protein value of pumpkin (*Cucurbita farinosa*). J. Agric. Food Chem. 11:29-33.
- Bugg, C. E., W.M. Carson, and J.A. Montgomery. 1993. Drugs by design - using computers to design drugs. Scientific American 269: 92-98.
- Carle, R.B. and J.B. Loy. 1994. Heritability of seed size in hull-less seeded strains of *Cucurbita pepo* L. Cucurbits Genetics Cooperative. 17, 125-127.
- Carreras, M.E., E. Fuentes, and C.A. Guzman. 1989. Chemotaxonomy of seed lipids of Cucurbitaceae grown in Argentina. Biochemical Systematics and Ecology. 17, 287-291.

- Casady, W.W. and M.R. Paulsen. 1988. An automated kernel positioning device for computer vision analysis of grain. ASEA- Paper No. 88-3051.
- Castleman, K.A. and J.L. Thompson. 1985. Quantitative digital image analysis. *Sci. Computing Automat.* 22-25.
- Cho, Z.H., J.P. Jones, and M. Singh. 1993. *Foundations of medical imaging*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Curtis, L.C. 1946. The possibilities of using species of perennial Cucurbits as a source of vegetable fats and protein. *The Chemurgic Digest.* 5: 221-224.
- Curtis, L.C. 1948. The use of naked seed in *Cucurbita pepo* as a source of high quality liquid vegetable fat, as a high analysis protein, as a new confection, and as a sandwich spread. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 52: 403-406.
- Delool, R.A.H. and R.A.E. Tilney-Bassett. 1984. The inheritance of the mutable variegated leaf in *Mirabilis jalapa* L. *Euphytica* 33: 169-176.
- Denna, D.W. and H.M. Munger. 1963. Morphology of the bush and vine habits and the allelism of the bush genes in *Cucurbita maxima* and *C. pepo* squash. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 82: 370-377.
- DeVeaux, J.S. and E.B. Shultz. 1985. Development of buffalo gourd (*Cucurbita feotidissima*) as a semiarid land starch and oil crop. *Econ. Bot.* 39: 454-472.
- Doodeman, M., E.A. Boersma, W. Koomen, and F. Bianchi. 1984. Genetic analysis of instability in *Petunia hybrida*: I. A highly instable mutation induced by a transposable element inserted at the An_1 locus for flower colour. *Theor. Appl. Genet.* 67: 345-355.
- El-Gharbawi, M.I. 1977. Some chemical and physical characteristics of naked pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo*). *Lybian J. Agric.* 6: 199-203.
- Ensminger, A.H., M.E. Ensminger, J.E. Konlande, and J.R.K. Robson. 1994. Amino acids, 60-63. Fats and other lipids, 684-695. *Foods and Nutrition Encyclopedia*. Vol. 1. CRC Press.
- Fedoroff, N.V. 1983. Controlling elements in maize. In: Shapiro, J.A. Ed. *Mobile genetic elements*. Academic Press, New York, 1-63.
- Fedoroff, N.V. 1984. Transposable genetic elements in maize. *Sci. Am.* 85-98.
- Fincham, J.R.S. 1987. Transposable elements: Patterns of flower pigmentation. *Nature* 325: 390-391.

- Georg, H., N. Guth, and F. J. Bockish. 1995. Machine vision for the automatic measurement of broken grain fractions. IFAC Control Applications in Post-Harvest and Processing Technology, Ostend, Belgium.
- Green, W. B. 1983. Introduction to digital image processing. Pages 1-23 in V. N. R. C. Inc., ed. Digital Image Processing - A System Approach. Van Nostrand Reinhold Co. Inc., New York.
- Guenko, G. 1983. Fundamentos de la horticultura cubana. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Hensarling, T.P., T.J. Jacks, and L.Y. Yatsu. 1974. Cucurbit seeds: III. Ultrastructure of quiescent storage tissues. J. Amer. Oil Chem. Soc. 51: 474-475.
- Hinman, C.W. 1984. New crops for arid lands. Science. 225: 1445-1448.
- Hinman, C.W. 1986. Potential new crops. Sci. Amer. 255: 32-37.
- Idouraine, A., E.A. Kohlhepp, C.W. Weber, W.A. Warid, and J. Martinez-Tellez. 1996. Nutrient constituents from eight lines of naked seed squash (*Cucurbita pepo* L.). J. Agric. Food Chem. 44: 721-724.
- Jacks, T.J., T.P. Hensarling, and L.Y. Yatsu. 1972. Cucurbit seeds: I. Characterization and uses of oils and proteins. A review. Economic Botany. 25, 135-141.
- Jacks, T.J. 1986. Cucurbit seed protein and oil. Plant Proteins: Applications, biological effects, and chemistry. Editor: Ory, R.L. Amer. Chem. Soc. Symposium Series. 312, 249-260.
- Lazos, E.S. 1986. Nutritional, fatty acid and oil characteristics of pumpkin and melon seeds. J. Food Sci. 51:1382-1383.
- Lazos, E.S. 1986. Certain functional properties of defatted pumpkin seed flour. Plant Foods Hum. Nutr. 51: 1382-1383.
- Liao, K., M.R. Paulsen, and J.F. Reid. 1994. Realtime detection of colour and surface defects of maize kernels using machine vision. Journal of Agricultural Engineering Research, 59, 4, 99. 263-271.
- Lira, R. 1990. Estudios taxonómico y ecogeográfico de las Cucurbitáceas de Latinoamérica. 1st biannual report (Jan.-Aug. 1990). Rome, IBPGR.
- Lira, R. 1991. Estudios taxonómico y ecogeográfico de las Cucurbitáceas de Latinoamérica. 2st biannual report (Aug. 1990-Jan. 1991). Rome, IBPGR.
- Lott, J.N.A. 1980. Protein bodies. In N.E. Tolbert, ed., The biochemistry of plants. A comprehensive treatise. Vol. 1: The Plant Cell. Academic Press, New York.

- Loy, J.B. 1990. Hull-less seeded pumpkins. A new edible snack food crop. In: *Advances in new crops*. Janick and Simon ed. Timber Press, Portland. 403-407 p.
- Lui, N.S.T. and A.M. Altschul. 1967. Isolation of globoids from cottonseed aleurone grains. *Arch. Biochem. Biophys.* 121: 678-684.
- Mandell, S. L. 1979. Evolution of computers. In: *Computer and data processing concepts and applications*. West Publishing Company., St. Paul. 22-36 p.
- Murphy, D.J. 1993. Plant lipids: Their metabolism, function and utilization. *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. Edited by Leo, P.J. and Leegood, R.C. John Wiley and Sons.
- Olofsdotter, M. 1993. Image processing: A non-destructive method for measuring growth in cell and tissue culture. *Plant Cell Reports*. Springer-Verlag. 12: 216-219.
- Om, Y.H., D.G. Oh, and K.H. Hong. 1988. Inheritance of bush habit in *Cucurbita pepo* L. Vegetable Division I. Horticultural Experiment Station, Suweon 170, Korea.
- Pernollet, J.C. 1978. Protein bodies of seeds: ultrastructure, biochemistry, biosynthesis and degradation. *Phytochemistry* 17: 1473-1480.
- Pratt, W. K. 1991. Digital image processing. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Rennels, G.D. and E. H. Shortliffe. 1987. Advanced computing for medicine. *Scientific American*. 257: 154-161.
- Robinson, R.G. 1975. Amino acid and elemental composition of sunflower and pumpkin seeds. *Agron. J.* 67:541-544.
- Russ, J.C. 1992. The image processing handbook. CRC Pres, Inc., Boca Raton, Florida.
- Scheerens, J.C. and J.W. Berry. 1986. Buffalo gourd: composition and functionality of potential food ingredients. *Cereal Foods World* 31: 183-192.
- Scheerens, J.C., A.E. Ralowicz, J.L. McGriff, K.A. Bee, J.M. Nelson, and A.C. Gathman. 1991. Phenotypic variation of agronomic traits among coyote gourd accessions and their progeny. *Economic Botany*. 45: 365-378.
- Shahani, H.S. F.G. Dollear, K.S. Markley, and J.R. Quimby. 1951. Tje buffalo gourd, a potential oil seed crop of the South-western drylands. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 90-95.
- Shifriss, O.W. 1947. Developmental reversal of dominance in *Cucurbita pepo*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 50: 330-346.

- Sinnott, E.W. and G.B. Durham. 1922. Inheritance in the summer squash. *J. Heredity*. 13: 177-186.
- Spitters, C.J.T., L. Vosselman, J.M.M. Engels, W.M.M. Van Kester, and A.C. Zeven. 1975. Investigations of the inheritance of flower variegation in *Mirabilis jalapa* L. VI. Genetic system of flower variegation and speculation about its existence. *Euphytica* 24: 323-332.
- Stuart, S.G. and J.B. Loy. 1983. Comparison of tests development in normal and hull-less seeded strains of *Cucurbita pepo* L.. *Bot. Gaz.* 144: 491-500.
- Thompson, H.C. and G.N. Davis. 1962. Cucurbits. Botany, cultivation and utilization. Leonard Hill Books Ltd. England.
- Tschermak-Seysenegg. 1934. Der kurbis mit schalenlosen samen eine beachtenswerte olfrucht. *Wiener Landwirts. Z.* 84:7-15.
- Wada, T. and E. Maeda. 1980. Morphology of globoids in protein bodies and phosphorus content in various crop seeds. *Jap. J. Crop Sci.* 49: 51-57.
- Warid, A.W., J.J. Martinez, and J.M. Loaiza. 1993. Productivity of naked seed squash. *Cucurbit Genet. Coop.* 16, 58-60.
- Watkins, C., A. Sadun and S. Marenka. 1993. Modern image processing: warping, morphing and classical techniques. Academic Press, Inc., Cambridge, MA.
- Whitaker, T.W. 1960. Breeding squash and pumpkin. *Handbuch der Pflanzenzuchtung.* 6: 331-350.
- Whitaker, T.W. and G.N. Davis. 1962. Cucurbits, botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill. 300 p.
- Yang, S.L. and T.W. Walters. 1992. Ethnobotany and economic role of the *Cucurbitaceae* of China. *Economic Botany.* 46: 349-367.
- Yatsu, L.Y., T.J. Jacks, and T.P. Hensarling. 1971. Isolation of spherosomes (oleosomes) from onion, cabbage, and cottonseed tissues. *Pl. Physiol.* 48: 675-682.
- Yatsu, L. Y. and T.J. Jacks. 1972. Spherosome membranes. half unitmembranes. *Pl. Physiol.* 49: 937-943.
- Youle, R.J. and A.H.C. Huang. 1981. Occurrence of low molecular weight and high cysteine containing albumin storage proteins in oilseeds of diverse species. *Amer. J. Bot.* 68: 44-48.
- Zayas, I., Y. Pomeranz and F. S. Lai. 1985. Discrimination between Arthur and Arkan wheats by image analysis. *Cereal Chem.* 62, p. 478.

APENDICE

Cuadro 1. Tipos de tallos de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	Tipo de Tallo		
		Arbustivo	Rastrera	A&R
1	5-8-6	-	+	
2	96-1	-	+	
3	96-2	-	+	
4	96-3	-	+	
5	96-3-3-1	-	+	
6	96-4	-	+	
7	96-5	-	+	
8	96-6	-	+	
9	96-7	-	+	
10	96-7-2-3	-	+	
11	96-8	-	+	
12	96-10	-	+	
13	96-11	-	+	
14	96-13	-	-	1+4
15	96-14	-	+	
16	96-15	-	+	
17	100-1-1	-	+	
18	109-5-2	-	+	
19	116-1-1	-	+	
20	116-2	-	+	
21	360	-	+	
22	518-9-1	-	+	
23	J2/96	-	+	
24	WCR40	+	-	
Total		1	22	1

Cuadro 2. Número de guías de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media	E.E. ±	C.V. %
1	5-8-6	2	5.0	1.0	28.3
2	96-1	6	5.8	0.6	25.2
3	96-2	1	5.0	-	-
4	96-3	8	5.1	0.5	28.4
5	96-3-3-1	1	5.0	-	-
6	96-4	1	7.0	-	-
7	96-5	1	6.0	-	-
8	96-6	8	8.0	0.8	27.5
9	96-7	6	5.3	0.5	22.7
10	96-7-2-3	1	3.0	-	-
11	96-8	4	8.5	1.0	24.5
12	96-10	2	4.5	0.5	15.7
13	96-11	9	5.2	0.6	35.5
14	96-13	5	6.4	0.9	32.4
15	96-14	10	6.1	0.6	29.4
16	96-15	6	6.7	0.7	26.3
17	100-1-1	5	5.4	0.9	36.1
18	109-5-2	2	6.5	1.5	32.6
19	116-1-1	1	7.0	-	-
20	116-2	1	5.0	-	-
21	360	4	6.8	0.5	14.2
22	518-9-1	8	7.4	0.6	21.7
23	J2/96	7	5.1	0.8	39.6
24	WCR40	5	13.4	1.9	31.0

E.E. = Error Estándar

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 3. Longitud de las guías de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (cm)	E.E. ±	C.V. %
1	5-8-6	2	107.5	12.5	16.4
2	96-1	6	173.3	7.1	10.1
3	96-2	1	195.0	-	-
4	96-3	8	167.5	17.7	29.9
5	96-3-3-1	1	90.0	-	-
6	96-4	1	205.0	-	-
7	96-5	1	210.0	-	-
8	96-6	8	163.1	20.6	35.7
9	96-7	6	135.8	22.5	40.6
10	96-7-2-3	1	80.0	-	-
11	96-8	4	175.0	30.5	34.8
12	96-10	2	172.5	12.5	10.2
13	96-11	9	75.6	5.1	20.2
14	96-13	5	83.2	12.9	34.6
15	96-14	10	132.0	17.2	41.3
16	96-15	6	107.8	17.0	38.5
17	100-1-1	5	121.1	18.7	34.4
18	109-5-2	2	120.0	25.0	29.5
19	116-1-1	1	135.0	-	-
20	116-2	1	98.0	-	-
21	360	4	90.0	15.9	35.4
22	518-9-1	8	85.6	6.0	19.8
23	J2/96	7	69.0	3.9	15.0
24	WCR40	5	51.0	3.7	16.1

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 4. Primera flor masculina de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (días)	E.E. ±	C.V. %
1	5-8-6	2	13.5	0.5	5.2
2	96-1	6	16.7	0.6	8.2
3	96-2	1	15.0	-	-
4	96-3	8	17.0	0.9	14.4
5	96-3-3-1	1	16.0	-	-
6	96-4	1	17.0	-	-
7	96-5	1	19.0	-	-
8	96-6	8	19.0	1.5	21.8
9	96-7	6	16.3	0.7	10.7
10	96-7-2-3	1	20.0	-	-
11	96-8	4	19.8	1.8	18.2
12	96-10	2	17.0	1.0	8.3
13	96-11	9	19.3	0.6	9.7
14	96-13	5	17.0	0.4	5.9
15	96-14	10	20.2	1.2	18.5
16	96-15	6	17.3	0.5	7.0
17	100-1-1	5	19.8	1.2	14.0
18	109-5-2	2	19.5	1.5	10.9
19	116-1-1	1	17.0	-	-
20	116-2	1	21.0	-	-
21	360	4	19.3	0.6	6.5
22	518-9-1	8	19.5	0.7	10.6
23	J2/96	7	21.9	1.2	14.8
24	WCR40	5	31.0	0.9	6.5

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 5. Primera flor femenina de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (días)	E.E. ±	C.V. %
1	5-8-6	2	23.0	1.0	6.1
2	96-1	6	21.5	1.4	15.8
3	96-2	1	19.0	-	-
4	96-3	8	24.0	1.0	11.6
5	96-3-3-1	1	19.0	-	-
6	96-4	1	19.0	-	-
7	96-5	1	23.0	-	-
8	96-6	8	24.6	1.3	15.5
9	96-7	6	23.0	1.0	10.3
11	96-8	4	23.2	2.5	21.4
12	96-10	2	21.6	1.5	9.9
13	96-11	9	26.9	1.4	15.2
14	96-13	5	21.2	0.7	7.8
15	96-14	10	24.3	0.9	12.1
16	96-15	6	21.8	1.6	18.4
17	100-1-1	5	25.2	1.5	13.0
18	109-5-2	2	24.0	1.0	5.9
19	116-1-1	1	20.0	-	-
20	116-2	1	23.0	-	-
21	360	4	25.5	1.2	9.3
22	518-9-1	8	24.4	1.2	13.9
23	J2/96	7	26.3	1.2	11.8
24	WCR40	5	34.4	1.0	6.7

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 6. Número de frutos por planta de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media	E.E. ±	C.V. %
1	5-8-6	2	2.0	0.0	0.0
2	96-1	6	1.7	0.3	49.0
3	96-2	1	2.0	-	-
4	96-3	8	2.4	0.5	63.4
5	96-3-3-1	1	1.0	-	-
6	96-4	1	3.0	-	-
7	96-5	1	3.0	-	-
8	96-6	8	3.3	0.6	48.7
9	96-7	6	2.7	0.2	19.4
11	96-8	4	2.3	0.3	22.2
12	96-10	1	2.0	-	-
13	96-11	9	2.1	0.5	16.4
14	96-13	5	1.8	0.4	46.5
15	96-14	10	2.0	0.2	33.3
16	96-15	6	2.3	0.3	35.0
17	100-1-1	5	2.2	0.5	49.8
18	109-5-2	2	3.5	0.5	20.2
19	116-1-1	1	4.0	-	-
20	116-2	1	3.0	-	-
21	360	2	4.5	0.5	15.7
22	518-9-1	8	2.6	0.5	53.6
23	J2/96	7	1.9	0.3	37.2
24	WCR40	5	1.6	0.2	34.2

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 7. Peso de todos los frutos por planta de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (Kg)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	2	3.64	0.18	7.0
2	96-1	6	2.56	0.52	50.0
3	96-2	1	3.34	-	-
4	96-3	8	3.44	0.98	80.6
5	96-3-3-1	1	0.86	-	-
6	96-4	1	5.86	-	-
7	96-5	1	2.88	-	-
8	96-6	8	5.41	0.98	51.5
9	96-7	6	4.29	0.52	29.7
11	96-8	4	4.52	0.54	23.8
12	96-10	1	4.64	-	-
13	96-11	9	4.07	0.92	67.7
14	96-13	5	3.06	0.56	40.9
15	96-14	10	2.85	0.57	63.1
16	96-15	6	2.58	0.27	26.1
17	100-1-1	5	3.72	1.20	72.5
18	109-5-2	2	6.06	0.23	5.0
19	116-1-1	1	3.71	-	-
20	116-2	1	5.08	-	-
21	360	2	7.90	1.86	33.2
22	518-9-1	8	4.51	1.26	78.9
23	J2/96	7	1.96	0.47	63.5
24	WCR40	5	2.58	0.34	29.3

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 8. Índice de la forma de los frutos maduros por planta de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	0.763	0.049	11.1
2	96-1	8	0.771	0.014	5.3
3	96-2	2	0.795	0.045	8.0
4	96-3	17	0.805	0.036	18.7
5	96-3-3-1	1	0.520	-	-
6	96-4	3	0.797	0.032	6.9
7	96-5	2	0.815	0.045	7.8
8	96-6	17	0.794	0.023	12.0
9	96-7	13	0.733	0.023	11.6
11	96-8	5	0.744	0.055	16.5
12	96-10	2	0.780	0.070	12.7
13	96-11	15	0.857	0.028	12.7
14	96-13	8	0.900	0.079	24.8
15	96-14	13	0.748	0.017	8.4
16	96-15	8	0.805	0.029	10.1
17	100-1-1	8	0.900	0.029	9.0
18	109-5-2	5	0.702	0.037	11.7
20	116-2	1	0.740	-	-
21	360	9	0.931	0.022	7.0
22	518-9-1	17	0.824	0.016	7.9
23	J2/96	11	0.733	0.035	15.8
24	WCR40	7	0.979	0.038	10.3

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 9. Análisis de regresión del tamaño de los frutos con relación a la edad.

Número de días	Longitud				Altura			
	b	E.E.	r	R ²	b	E.E.	r	R ²
23, 55, 80	0.0614	0.00942	0.5401	29.18	0.0753	0.00985	0.6019	36.23
23, 55, 85	0.0500	0.00875	0.5727	32.80	0.0656	0.01320	0.5191	26.96
23, 55, 94	0.0465	0.00623	0.5225	27.31	0.0530	0.00540	0.6520	42.51
23, 55, 103	0.0402	0.00480	0.4941	24.42	0.0495	0.00547	0.5234	27.40

b = pendiente.

E.E. = Error estándar.

r = Coeficiente de correlación.

R² = Regresión.

Cuadro 10. Análisis de la varianza para las diferencias entre dos pendientes.

g.l.		Σx^2	Σxy	Σy^2	b	Desviaciones de regresión		
						g.l.	S.C.	C.M.
Longitud	104	57,143.34	3,508.6	738.39	0.0614	103	522.962	5.0773
Altura	104	57,143.34	4,306.6	2,221,742.39	0.0754	103	2,221,417.823	21,567.1633
						206	2,221,940.785	10,786.1203
Suma	208	114,286.68	7,815.2	2,222,480.78		207	2,221,946.357	10,734.0404
					Diferencia entre pendientes	1	5.572	5.572

Cuadro 11. Número de semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	214.0	66.0	53.4
2	96-1	10	191.7	25.0	42.0
3	96-2	2	199.0	28.8	19.9
4	96-3	13	162.1	17.5	38.8
5	96-3-3-1	1	225.0	-	-
6	96-4	3	203.7	11.1	9.4
7	96-5	3	259.7	46.8	31.2
8	96-6	16	206.9	18.8	36.3
9	96-7	11	213.6	16.8	26.0
11	96-8	4	309.3	36.5	23.6
12	96-10	1	163.0	-	-
13	96-11	19	229.8	13.2	25.0
14	96-13	5	187.6	31.5	37.5
15	96-14	13	166.6	13.6	29.4
16	96-15	9	199.8	16.4	24.7
17	100-1-1	9	160.8	26.0	48.4
18	109-5-2	3	220.3	65.6	51.6
20	116-2	1	201.0	-	-
21	360	7	240.0	31.9	35.2
22	518-9-1	14	229.2	25.9	42.2
23	J2/96	10	187.2	31.0	52.4
24	WCR40	3	148.3	27.7	32.4

E.E. = Error Estándar.**C.V. = Coeficiente de Variación.**

Cuadro 12. Peso de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (g)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	28.85	15.08	90.5
2	96-1	10	33.46	5.30	50.1
3	96-2	2	36.30	2.83	11.0
4	96-3	13	29.30	2.51	30.6
5	96-3-3-1	1	37.05	-	-
6	96-4	3	26.24	6.12	40.38
7	96-5	3	29.72	2.43	14.10
8	96-6	16	30.06	3.30	43.9
9	96-7	11	32.49	3.09	31.5
11	96-8	4	51.48	5.87	22.8
12	96-10	1	23.60	-	-
13	96-11	19	36.07	2.72	32.9
14	96-13	5	28.56	6.24	48.8
15	96-14	14	25.41	1.82	26.8
16	96-15	9	29.12	3.51	36.2
17	100-1-1	9	35.34	7.93	67.3
18	109-5-2	3	27.41	4.37	27.6
20	116-2	1	43.44	-	-
21	360	7	25.23	3.85	40.4
22	518-9-1	14	31.28	4.37	52.3
23	J2/96	10	29.64	5.58	59.6
24	WCR40	3	17.46	3.60	35.7

E.E. = Error Estándar.**C.V. = Coeficiente de Variación.**

Cuadro 13. Peso de una semilla por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (g)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	0.12	0.03	3.6
2	96-1	10	0.17	0.01	20.2
3	96-2	2	0.19	0.02	11.5
4	96-3	13	0.19	0.01	26.3
5	96-3-3-1	1	0.16	-	-
6	96-4	3	0.13	0.03	46.2
7	96-5	3	0.12	0.02	25.0
8	96-6	16	0.15	0.02	39.7
9	96-7	11	0.15	0.01	29.7
11	96-8	4	0.17	0.02	20.9
12	96-10	1	0.15	-	-
13	96-11	19	0.16	0.01	24.3
14	96-13	5	0.15	0.02	34.3
15	96-14	14	0.16	0.01	23.3
16	96-15	9	0.16	0.01	26.3
17	100-1-1	9	0.14	0.01	27.4
18	109-5-2	3	0.15	0.04	50.3
20	116-2	1	0.22	-	-
21	360	7	0.10	0.01	17.5
22	518-9-1	14	0.14	0.01	35.3
23	J2/96	10	0.16	0.01	25.7
24	WCR40	3	0.12	0.01	13.1

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 14. Longitud de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree <i>designado</i>	(n)	Media (mm)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	14.82	0.40	4.7
2	96-1	10	15.42	0.29	5.9
3	96-2	2	15.85	0.13	1.2
4	96-3	13	16.08	0.31	7.0
5	96-3-3-1	1	15.85	-	-
6	96-4	3	15.38	0.86	9.7
7	96-5	3	14.39	0.21	2.6
8	96-6	16	15.88	0.35	8.7
9	96-7	11	15.89	0.22	4.6
11	96-8	4	15.75	0.72	9.1
12	96-10	1	13.92	-	-
13	96-11	19	16.58	0.27	7.2
14	96-13	5	16.00	0.49	6.9
15	96-14	14	15.66	0.31	7.4
16	96-15	9	14.24	0.46	9.7
17	100-1-1	9	13.88	0.47	10.1
18	109-5-2	3	14.17	0.60	7.3
20	116-2	1	15.74	-	-
21	360	7	12.68	0.19	3.9
22	518-9-1	14	14.58	0.30	7.6
23	J2/96	10	13.81	0.27	6.2
24	WCR40	3	14.86	0.45	5.2

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 15. Ancho de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (mm)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	9.41	0.15	2.7
2	96-1	10	9.53	0.16	5.3
3	96-2	2	9.84	0.34	4.8
4	96-3	13	10.01	0.18	6.6
5	96-3-3-1	1	9.18	-	-
6	96-4	3	9.06	0.33	6.4
7	96-5	3	8.35	0.11	2.2
8	96-6	16	9.66	0.18	7.3
9	96-7	11	9.60	0.16	5.7
11	96-8	4	9.57	0.49	10.3
12	96-10	1	8.48	-	-
13	96-11	19	9.16	0.14	6.7
14	96-13	5	9.39	0.45	10.8
15	96-14	14	9.86	0.20	7.5
16	96-15	9	8.98	0.30	9.9
17	100-1-1	9	8.31	0.34	12.3
18	109-5-2	3	8.39	0.50	10.3
20	116-2	1	10.25	-	-
21	360	7	7.57	0.15	5.2
22	518-9-1	14	9.06	0.27	11.3
23	J2/96	10	9.39	0.42	14.2
24	WCR40	3	8.86	0.10	2.0

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 16. Perímetro de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (mm)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	41.83	0.73	3.0
2	96-1	10	43.12	0.79	5.8
3	96-2	2	45.41	0.89	2.8
4	96-3	13	45.20	0.88	7.0
5	96-3-3-1	1	47.06	-	-
6	96-4	3	42.44	0.58	10.5
7	96-5	3	39.32	0.47	2.0
8	96-6	16	44.42	0.81	7.3
9	96-7	11	44.22	0.58	4.3
11	96-8	4	42.79	0.01	9.4
12	96-10	1	37.85	-	-
13	96-11	19	45.41	0.93	9.0
14	96-13	5	43.41	0.62	8.3
15	96-14	14	43.68	0.89	7.6
16	96-15	9	39.10	1.34	10.3
17	100-1-1	9	38.30	1.16	9.1
18	109-5-2	3	38.38	1.60	7.2
20	116-2	1	44.98	-	-
21	360	7	34.95	0.81	6.1
22	518-9-1	14	40.02	0.95	8.9
23	J2/96	10	39.47	0.93	7.4
24	WCR40	3	39.98	0.18	0.8

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 17. Índice de la forma de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	0.74	0.01	1.4
2	96-1	10	0.74	0.01	2.7
3	96-2	2	0.70	0.05	9.2
4	96-3	13	0.73	0.01	2.3
5	96-3-3-1	1	0.66	-	-
6	96-4	3	0.73	0.02	5.7
7	96-5	3	0.72	0.01	2.1
8	96-6	14	0.71	0.01	5.8
9	96-7	11	0.72	0.01	4.1
11	96-8	4	0.76	0.01	1.7
12	96-10	1	0.78	-	-
13	96-11	18	0.68	0.01	6.3
14	96-13	5	0.72	0.01	3.0
15	96-14	13	0.75	0.01	4.2
16	96-15	9	0.77	0.01	2.7
17	100-1-1	9	0.74	0.01	2.7
18	109-5-2	3	0.74	0.01	4.7
20	116-2	1	0.74	-	-
21	360	7	0.74	0.01	4.0
22	518-9-1	14	0.75	0.00	2.2
23	J2/96	10	0.77	0.01	5.7
24	WCR40	4	0.74	0.00	0.7

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 18. Area de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (mm ²)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	102.86	3.33	5.6
2	96-1	10	109.53	3.59	10.4
3	96-2	2	112.2	3.76	4.7
4	96-3	14	117.16	3.74	12.0
5	96-3-3-1	1	115.57	-	-
6	96-4	3	103.01	8.90	15.0
7	96-5	3	88.02	0.85	1.7
8	96-6	14	115.65	3.56	11.5
9	96-7	11	111.58	2.99	8.9
11	96-8	4	111.27	10.06	18.1
12	96-10	1	88.45	-	-
13	96-11	18	110.83	3.47	13.3
14	96-13	5	108.69	8.55	17.6
15	96-14	13	111.72	3.90	12.6
16	96-15	9	94.59	6.26	19.8
17	100-1-1	9	84.97	5.98	21.1
18	109-5-2	3	87.61	8.04	15.9
20	116-2	1	119.32	-	-
21	360	7	70.10	2.12	8.0
22	518-9-1	14	96.63	4.81	18.6
23	J2/96	10	94.91	5.56	18.5
24	WCR40	4	99.01	4.48	9.1

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 19. Color de las semillas por fruto de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (píxeles)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	3	2991	92.5	5.4
2	96-1	10	3183	104.3	10.4
3	96-2	2	3156	106.0	4.7
4	96-3	13	3425	115.5	12.2
5	96-3-3-1	1	3251	-	-
6	96-4	3	2995	25.0	15.0
7	96-5	3	2559	24.6	1.7
8	96-6	14	3363	103.7	11.5
9	96-7	11	3080	93.8	10.1
11	96-8	4	3130	28.8	18.1
12	96-10	1	2488	-	-
13	96-11	18	3072	77.1	10.6
14	96-13	5	3273	117.0	11.6
15	96-14	14	3204	123.4	14.4
16	96-15	8	2993	105.2	9.9
17	100-1-1	9	2888	208.7	21.7
18	109-5-2	3	2863	263.1	15.9
20	116-2	1	3900	-	-
21	360	7	2291	69.5	8.0
22	518-9-1	14	2843	112.9	14.9
23	J2/96	10	3102	181.5	18.5
24	WCR40	4	2785	126.1	9.1

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 20. Grasa cruda de las semillas de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (%)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	2	29.89	1.62	7.6
2	96-1	2	27.37	1.78	9.2
3	96-2	2	23.28	0.67	4.0
4	96-3	2	22.21	1.78	11.2
5	96-3-3-1	2	29.79	0.29	1.4
6	96-4	2	25.53	5.27	29.2
7	96-5	2	29.25	0.35	1.7
8	96-6	2	23.52	3.41	20.5
9	96-7	2	21.28	0.26	1.7
11	96-8	2	22.63	0.43	2.7
12	96-10	2	26.67	0.13	0.7
13	96-11	2	21.33	0.63	4.2
14	96-13	2	27.74	0.86	4.4
15	96-14	2	20.89	0.52	3.5
16	96-15	2	22.88	0.66	4.0
17	100-1-1	2	23.89	3.41	20.2
18	109-5-2	2	23.39	3.48	18.6
20	116-2	2	20.70	0.51	3.5
21	360	2	23.30	2.72	16.5
22	518-9-1	3	25.99	2.04	13.6
23	J2/96	3	25.02	1.65	11.4
24	WCR40	2	20.85	0.21	1.4

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 21. Proteína de las semillas de las líneas de calabaza con semilla sin testa.

Línea	Pedigree designado	(n)	Media (%)	E.E. (±)	C.V. (%)
1	5-8-6	2	34.87	2.33	9.4
2	96-1	2	32.68	0.74	3.2
3	96-2	2	30.54	0.60	2.8
4	96-3	2	30.56	1.34	6.2
5	96-3-3-1	2	27.60	0.20	1.0
6	96-4	2	31.60	3.11	13.9
7	96-5	2	31.44	0.07	0.23
8	96-6	2	31.06	1.60	7.30
9	96-7	2	29.11	3.46	16.80
11	96-8	2	31.18	1.86	8.40
12	96-10	2	31.37	0.84	3.80
13	96-11	2	26.28	4.91	26.40
14	96-13	2	27.56	0.12	0.60
15	96-14	2	29.12	3.23	15.70
16	96-15	2	32.79	0.53	2.30
17	100-1-1	2	30.22	1.40	6.60
18	109-5-2	2	31.65	4.67	20.90
20	116-2	2	33.02	0.08	0.34
21	360	2	31.26	1.28	5.80
22	518-9-1	3	33.13	0.59	3.10
23	J2/96	3	28.62	2.02	12.2
24	WCR40	2	30.16	0.38	1.8

E.E. = Error Estándar.

C.V. = Coeficiente de Variación.

Cuadro 22. Correlaciones simples para todas las características estudiadas.

Correlación	Pares de características	r	r ² (%)
1	Número de guías vs. longitud de tallos	-0.129	1.68
2	Longitud de tallos vs. primera flor masculina	-0.457	20.97
3	Primera flor femenina vs. número de frutos por planta	0.045	0.21
4	Primera flor femenina vs. peso de todos los frutos por planta	0.034	0.12
5	Número de frutos por planta vs. peso de todos los frutos por planta	0.788	62.17
6	Número de semillas por fruto vs. peso de semillas por fruto	0.587	34.46
7	Longitud de las semillas vs. ancho de las semillas	0.788	62.16
8	Perímetro de las semillas vs. área de las semillas	0.960	92.32
9	Area de las semillas vs. color de las semillas	0.866	75.16
10	Area de las semillas vs. contenido de grasa cruda	0.246	6.06
11	Area de las semillas vs. contenido de proteína	0.219	4.83
12	Color de las semillas vs. contenido de grasa cruda	0.285	8.13
13	Color de las semillas vs. contenido de proteína	0.104	1.09
14	Contenido de proteína vs. contenido de grasa cruda	0.225	5.09