

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

MAESTRÍA EN PROTECCIÓN VEGETAL

**VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LINURON, ATRAZINA Y
SIMAZINA EN GERMOPLASMA AVANZADO DE CALABAZAS**

(*Cucurbita* spp.)

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

P R E S E N T A:

EXAÚ VICENTE GONZÁLEZ

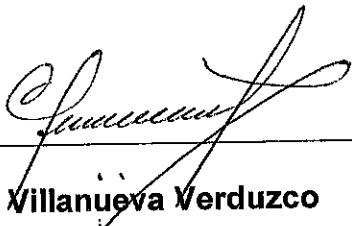
CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, MAYO DE 2008.

**VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LINURON, ATRAZINA Y SIMAZINA
EN GERMOPLASMA AVANZADO DE CALABAZAS**

Tesis realizada por el Ing. **Exaú Vicente González**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada y aceptada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

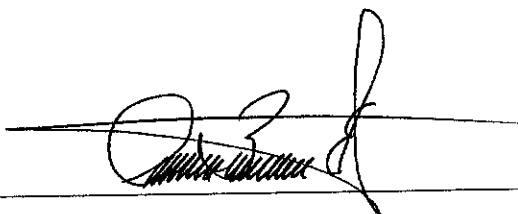
DIRECTOR:


Dr. Clemente Villanueva Verduzco

ASESOR:


Dr. Marcelo Acosta Ramos

ASESOR:


Dr. Andrés Bolaños Espinosa

Chapingo, Estado de México. Mayo, 2008.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por financiar mis estudios de maestría.

A mi alma mater, la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme todas las facilidades durante toda mi formación académica.

Al Programa de Estudios de Postgrado en Protección Vegetal por el apoyo y los conocimientos aportados a través de su plantilla de profesores.

Al Dr. Clemente Villanueva Verduzco por su valiosa dirección y sus atinadas sugerencias durante la realización de este trabajo de investigación.

A mis asesores, Dr. Marcelo Acosta Ramos y Dr. Andrés Bolaños Espinosa, por sus aportaciones durante la revisión de este trabajo de investigación. Al Dr. Mateo Vargas por su valiosa asesoría en la parte estadística.

Al MC. Alexander Pérez Miceli por sus aportaciones para el desarrollo de este trabajo de investigación y sobretodo por sus valiosos consejos.

A los técnicos C. Maximino Ramírez Ayala y C. Agustín Vicente por apoyarme en la fase de campo para la realización de este trabajo de investigación.

A los compañeros y amigos de la maestría, Evaristo, Enrique, Cundapí, El Colima, Oscar, entre otros. Gracias por compartir conmigo esos momentos vividos.

DEDICATORIA

A mis padres: Humberto Vicente Serrano y Enedina González López por ser mis consejeros inmediatos durante todos mis retos en la vida. A ustedes por compartirme sus humildes experiencias en valiosos consejos que me han servido en mi vida profesional.

A mi hermana: Dilcia Vicente González por ser cómplice de mis logros.

Sinceramente: Exaiú.

BIOGRAFÍA DEL AUTOR

Exaú Vicente González nació el 25 de abril de 1977 en la colonia Villa Hidalgo municipio de Villaflores, Chiapas. Los estudios de primaria y secundaria los realizó en esta misma localidad y fue en el periodo 1994-1997 cuando cursó la Preparatoria Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo. En 1997 ingresa a la especialidad en esta misma institución y finaliza en el 2001 como Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia. Del 2005 al 2007 realizó sus estudios de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal, en el Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

La parte laboral lo ejerció como catedrático en la Escuela Preparatoria "Jaime Sabines Gutiérrez" durante el periodo comprendido del 2002 al 2005.

Actualmente se encuentra laborando como Coordinador de la Campaña del Manejo Fitosanitario de los Cítricos en Chiapas.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen y distribución.....	3
2.2 Clasificación taxonómica.....	4
2.3 Descripción botánica por especie de calabazas.....	5
2.4 Requerimientos ecológicos.....	12
2.4.1 Temperatura.....	12
2.4.2 Luz.....	12
2.4.3 Humedad.....	13
2.4.4 Suelo.....	14
2.5 Importancia de la calabaza.....	14
2.6 Principales usos de las calabazas.....	17
2.7 Grupo de herbicidas inhibidores fotosintéticos.....	22
2.7.1 Modo de acción.....	23
2.7.2 Atrazina.....	24
2.7.3 Simazina.....	26
2.7.4 Linuron.....	28
2.8 Resistencia a herbicidas.....	30
2.8.1 Tipos de resistencia.....	30
2.8.2 Desarrollo de resistencia.....	31
2.8.3 Selectividad de herbicidas.....	33
2.9 Mejoramiento genético en calabazas.....	39
3. MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1 Material vegetal.....	43
3.2 Localización.....	43
3.3 Tratamientos y diseño experimental.....	44
3.4 Siembra y aplicación de tratamientos.....	47
3.4.1 Preparación del sustrato.....	47
3.4.2 Siembra.....	48

3.4.3 Aplicación de los tratamientos químicos.....	50
3.5 Variables respuestas evaluadas.....	50
3.6 Manejo del cultivo.....	51
3.6.1 Transplante.....	51
3.6.2 Riegos.....	53
3.7 Polinización.....	55
3.8 Control de plagas y enfermedades.....	56
3.9 Cosecha de frutos.....	57
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
4.1 Primer experimento (2006).....	58
4.1.1 Germinación y respuesta en plántula.....	58
4.1.2 Daño por herbicidas y porcentaje de plantas resistentes.....	61
4.1.3 Dinámica de daño y frecuencia de plantas resistentes a herbicidas.....	64
4.1.3.1 Dinámica del porcentaje de daño.....	64
4.1.3.2. Frecuencia de plantas resistentes a herbicidas.....	69
4.2 Segundo experimento (2007).....	71
4.2.1 Germinación y respuesta en plántula a los 20 dds.....	71
4.2.2 Respuesta en plántula a los 30 dds.....	74
4.2.3 Respuesta en plántulas a los 50 dds.....	76
4.2.4 Daño por herbicidas y porcentaje de plantas resistentes.....	78
4.2.5 Dinámica de daño y frecuencia de plantas resistentes a herbicidas.....	81
4.2.5.1 Dinámica de daño.....	81
4.2.5.2. Frecuencia de plantas resistentes a herbicidas.....	84
4.2.6 Frecuencia de plantas resistentes a herbicidas en selecciones en peat moss y en suelo.....	86
4.2.6.1 En peat moss y suelo (alta densidad de población).....	86
4.2.6.2 En suelo.....	89
5. CONCLUSIONES.....	92
6. APÉNDICE.....	94
7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Superficie sembrada, cosechada y valor de la producción de 12 hortalizas del año agrícola 2006 en México.....	15
Cuadro 2	Composición de seis hortalizas en 100 gramos de porción comestible.	16
Cuadro 3	Composición de 100 g de diferentes partes comestibles de la planta de calabaza (<i>Cucurbita pepo</i> L.).....	17
Cuadro 4	Comportamiento de las triazinas en diferentes componentes del suelo.....	25
Cuadro 5	Estudios sobre resistencia a herbicidas en calabazas (<i>Cucurbita</i> spp.) realizados por diferentes autores en Chapingo, México.....	42
Cuadro 6	Germoplasma de calabazas (<i>Cucurbita</i> spp.) seleccionado en peat moss, utilizado en el primer y segundo experimento en la verificación de la resistencia a herbicidas. Chapingo, México, 2006 y 2007.....	44
Cuadro 7	Escala cualitativa para valorar grado de control y daño al cultivo.	51
Cuadro 8	Cantidad de fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva en el cultivo de calabaza (<i>Cucurbita</i> spp.).	53
Cuadro 9	Cuadrados medios del análisis de varianza para germinación y variables morfológicas en calabazas tratadas con linuron, simazina y atrazina, a los 20 dds. Chapingo, México, 2006.....	58
Cuadro 10	Comparación múltiple de valores medios para las variables germinación y caracteres morfológicos en calabazas, a los 20 dds. Chapingo, México, 2006.....	59
Cuadro 11	Cuadrados medios del análisis de varianza para los porcentajes de daño y resistencia en calabazas tratadas con linuron, simazina y atrazina. Chapingo, México, 2006.....	61
Cuadro 12	Comparación múltiple de valores medios para las variables daño y resistencia a herbicidas en calabazas. Chapingo, México, 2006.....	62
Cuadro 13	Porcentaje de germinación y de plantas resistentes a herbicidas en calabazas. Chapingo, México, 2006.....	70
Cuadro 14	Cuadrados medios del análisis de varianza para germinación y variables morfológicas en calabazas tratadas con linuron, simazina y atrazina. Chapingo, México, 2007.....	71
Cuadro 15	Comparación múltiple de valores medios para germinación y caracteres morfológicos en calabazas, a los 20 dds. Chapingo, México, 2007.....	72
Cuadro 16	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables respuesta en plántulas de calabazas tratadas con linuron, simazina y atrazina. Chapingo, México, 2007.....	74
Cuadro 17	Comparación múltiple de valores medios para las variables morfológicas en calabazas, a los 30 dds. Chapingo, México, 2007.....	75
Cuadro 18	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables respuesta en plántulas de calabazas tratadas con linuron,	

	atrazina y simazina. Chapingo, México, 2007.....	76
Cuadro19.	Comparación múltiple de valores medios para las variables morfológicas en calabazas, a los 50 dds. Chapingo, México, 2007.....	78
Cuadro 20	Cuadrados medios del análisis de varianza para daño y resistencia en calabazas tratadas con simazina, atrazina y linuron. Chapingo, México, 2007.....	79
Cuadro 21	Comparación múltiple de valores medios para las variables daño y resistencia a herbicidas en calabazas. Chapingo, México, 2007.....	80
Cuadro 22	Porcentaje de plantas resistentes a herbicidas en calabazas. Chapingo, México, 2007.....	85
Cuadro 23	Porcentaje de plantas resistentes a herbicidas por tipo de polinización en calabazas seleccionadas en peat moss y suelo..	87
Cuadro 24	Resultados del análisis de sustratos utilizados para la selección de plantas resistentes a herbicidas en calabazas.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Representación esquemática de la superficie foliar. A) superficie con cutícula cerosa, B) superficie foliar con alta pubescencia y C) superficie con escasa pubescencia.....	34
Figura 2.	Puntos de crecimiento en plantas monocotiledóneas (A) y dicotiledóneas (B).....	36
Figura 3.	Selectividad proporcionada por la profundidad de siembra en diferentes especies de plantas.	38
Figura 4.	A) Levantamiento de la capa superior del suelo por efecto de la alta densidad de población (200 semillas por charola) y B) emergencia de plántulas de calabazas a baja densidad de siembra (10 semillas por charola).....	49
Figura 5.	A) Planta de <i>C. moschata</i> y B) planta de <i>C. ficifolia</i> seleccionadas por resistencia a simazina 1800 g de i.a. ha ⁻¹	53
Figura 6.	A) Flor masculina de calabaza, B) flor femenina de calabaza (<i>Cucurbita</i> spp.), seleccionadas para cubrirlas con bolsa un día antes de su autopolinización manual.	55
Figura 7.	Frutos de calabaza cosechados de plantas resistentes a herbicidas, A) <i>C. pepo</i> (simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹); B) <i>C. moschata</i> (atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹); C) <i>C. argyrosperma</i> (simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹) y D) <i>C. ficifolia</i> (atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹).....	57
Figura 9.	Dinámica de daño por herbicidas aplicados en preemergencia, por tipo de polinización, en la progenie de calabazas (<i>C. pepo</i> y <i>C. argyrosperma</i>) seleccionadas por resistencia.	65
Figura 10.	Dinámica de daño por herbicidas aplicados en preemergencia, por tipo de polinización, en la progenie de calabazas (<i>C. moschata</i> y <i>C. ficifolia</i>) seleccionadas por resistencia.....	66
Figura 11.	Dinámica de daño por herbicidas aplicados en preemergencia, por el tipo de polinización, en la progenie de calabazas (<i>C. pepo</i> y <i>C. argyrosperma</i>) seleccionadas por resistencia.....	83
Figura 12.	Dinámica de daño por herbicidas, tipo de polinización, aplicados en preemergencia en la progenie de calabazas (<i>C. moschata</i> y <i>C. ficifolia</i>) seleccionadas por resistencia...	83

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A LINURON, ATRAZINA Y SIMAZINA EN
GERMOPLASMA AVANZADO DE CALABAZA (*Cucurbita* spp.)

VERIFICATION OF RESISTANCE TO LINURON, ATRAZINE AND SIMAZINE IN
ADVANCED PUMPKIN (*Cucurbita* spp.) GERMPLASM

E. Vicente-González¹; C. Villanueva-Verduzco²; A. Bolaños-Espinosa³; M. Acosta-Ramos³

RESUMEN

El experimento se realizó en suelo en alta (13,679,891 plantas.ha⁻¹) y baja (683,995 plantas.ha⁻¹) densidad de población para verificar la resistencia a herbicidas en plantas de calabaza, seleccionadas previamente en peat moss. Se evaluaron 25 y 34 progenies provenientes de plantas resistentes de las especies *Cucurbita pepo*, *C. argyrosperma*, *C. ficifolia* y *C. moschata*, en un diseño experimental en bloques completos al azar, con 4 repeticiones. Las dosis de herbicidas utilizadas en la selección por el tipo de herbicida fueron 1250 g de i.a. ha⁻¹ de linuron y 1800 g de i.a. ha⁻¹ de atrazina y simazina, respectivamente. En alta densidad, la mayor frecuencia de plantas resistentes provenientes de progenies de autopolinización fueron *C. ficifolia*-linuron (9.5%), *C. ficifolia*-atrazina (5.2%) y en las provenientes de polinización libre: *C. pepo*-simazina (3.2%) y *C. argyrosperma*-simazina (2.9%). En baja densidad, las progenies de plantas autopolinizadas con mayor frecuencia de plantas resistentes fueron *C. ficifolia*-atrazina (2.6%), *C. moschata*-atrazina (2.5%) y en las plantas de polinización libre, *C. moschata*-simazina (1.3%) y *C. ficifolia*-simazina (0.9%).

Palabras claves: *Cucurbita*, resistencia, herbicidas, linuron, simazina, atrazina.

ABSTRACT

The experiment was conducted on soil at high (13,679,891 plantas.ha⁻¹) and low density (683,995 plantas.ha⁻¹) to verify the resistance of previously selected pumpkin plants in peat moss to herbicides. Twenty-five and thirty-four progenies of resistant plants of the species *Cucurbita pepo*, *C. argyrosperma*, *C. ficifolia* and *C. moschata* varieties were evaluated in an experimental design in randomized blocks, with 4 repetitions. The herbicides doses used for selection by type of herbicide were 1250 g i.a. ha⁻¹ of linuron and 1800 grams of i.a. ha⁻¹ of atrazine and simazine, respectively. In high density, the highest frequency of resistant plants from autopolination progenies were *C. ficifolia*-linuron (9.5%), *C. ficifolia*-atrazine (5.2%) and from open pollination: *C. pepo*-simazine (3.2%) and *C. argyrosperma*-simazine (2.9%). In low density, the progenies from autopolinated plants with the higher frequency of resistant plants were *C. ficifolia*-atrazine (2.6%), *C. moschata*-atrazine (2.5%) and from open pollination *C. moschata*-simazine (1.3%) and *C. ficifolia*-simazine (0.9%).

Key words: *Cucurbita*, resistance, herbicides, linuron, simazine, atrazine.

¹ Tesista de la maestría de Protección Vegetal. Parasitología Agrícola. UACH.

² Profesor-Investigador del Departamento de Fitotecnia. UACH.

³ Profesor-Investigador del Departamento de Parasitología Agrícola. UACH.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción agrícola en México están determinados por el medio físico y las condiciones sociales de cada nicho ecológico. Considerando el nivel de tecnología de cada región, los agroecosistemas se pueden establecer en tres categorías: avanzada, tradicional y de subsistencia (Hernández, 1977), éstos dos últimos tienden a mantener en equilibrio el ecosistema; por ejemplo, el sistema tradicional llamado "milpa" que consiste en la asociación de los cultivos de maíz, frijol, calabaza y jícama, entre otros, permite obtener una producción más integral y a su vez, satisfacer las necesidades alimenticias, aportando una dieta más completa a las familias del medio rural. En cambio, en la agricultura avanzada o convencional, como es llamada por Gliessman (2000), el objetivo es incrementar la producción y con ello obtener mayor ganancia. Este tipo de agricultura involucra básicamente seis prácticas agrícolas: cultivo intensivo, monocultivo, riego, aplicación de fertilizantes inorgánicos y la manipulación genética de los cultivos. El desarrollo de éstas prácticas, en términos generales no ha considerado el riesgo ecológico de los agroecosistemas.

El paquete tecnológico de producción en maíz predominante en México, tiene un enfoque convencional, en donde el control de malezas se realiza con herbicidas exclusivos y selectivos para este cultivo. Esto implica producir en monocultivo por la carencia de tecnología para estas condiciones de cultivos asociados. El control de malezas, en el sistema de asociación maíz-calabaza, en la mayor parte del país se realiza manual o mecánicamente. En consecuencia, esto ha permitido la explotación de este sistema solo en condiciones tradicionales o en pequeñas superficies porque los herbicidas selectivos a maíz no son compatibles a calabazas. El uso del control químico de malezas en sistemas de cultivo en asociación ocasiona la muerte de las plantas o crecimiento anormal de las calabazas, producto de la fitotoxicidad de los herbicidas aplicados.

En base a lo anterior, y con el fin de contribuir con alternativas para rescatar y mantener estos sistemas de producción de asociación maíz-calabaza, se planteó generar un paquete tecnológico que permita cultivar calabazas resistentes a los herbicidas específicos para maíz, en asociación con maíz, y que cuando se realice el control químico de malezas, las calabazas no sufran daño por herbicidas. Al respecto, Bautista (2004) logró obtener plantas resistentes a herbicidas, en peat moss, aplicados en preemergencia en maíz, en cuatro especies de calabaza (*Cucurbita* spp). En esta segunda etapa se planteo evaluar estas mismas especies (*Cucurbita pepo*, *C. argyrosperma*, *C. moschata* y *C. ficifolia*), con la finalidad de corroborar la resistencia a herbicidas empleados en estas variedades de calabazas seleccionadas por su resistencia pero esta vez con la variante de utilizar suelo como sustrato, en vez de peat moss.

Objetivos

Verificar la resistencia en plantas seleccionadas en peat moss por resistencia a linuron, simazina y atrazina en calabazas (*Cucurbita pepo*, *C. argyrosperma*, *C. moschata* y *C. ficifolia*), en condiciones de suelo en invernadero.

Evaluar el desarrollo del cultivo en variedades de calabaza seleccionadas por resistencia a herbicidas, sembradas originalmente en peat moss, utilizando suelo como sustrato en condiciones de invernadero.

Hipótesis

Es posible identificar plantas de calabazas (*Cucurbita* spp.) resistentes a los herbicidas linuron, simazina y atrazina, seleccionadas originalmente en siembras sobre peat moss, ahora en siembras sobre suelo, para desarrollar germoplasma base para programas de desarrollo de variedades de calabaza resistentes a herbicidas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución

La familia *Cucurbitacea* es extensa y contiene plantas con valor hortícola. Cuenta con 90 géneros y 750 especies. Generalmente, las especies cultivadas solo pertenecen a 11 géneros (Parsons, 1979). Algunas especies se extienden en regiones con climas templados del hemisferio sur y norte, pero todas son sensibles a heladas.

El género *Cucurbita* es nativo del continente americano. Incluye más de 20 especies. Tienen a Norte América como centro de origen, con excepción de *C. maxima* y *C. andreana*, las cuales son de América del Sur. El centro de distribución de este género, parece ser la parte central y sur de México o quizá la región norte de América Central (Whitaker y Davis, 1962). Doijode (2001) mencionó que *C. moschata* es originaria de las regiones áridas de América Central y del Sur, y se encuentra ampliamente distribuida en los trópicos.

Existen evidencias arqueológicas de que *C. moschata* fue distribuida al norte y sur de América en la época pre-colombiana (Whitaker y Davis, 1962), pero se desconoce con exactitud su centro de domesticación. Existen investigaciones arqueológicas donde se han recuperado restos de *C. moschata* en Ocampo, Tamaulipas, con una antigüedad de 4000-3500 a.C. Sin embargo, otros hallazgos a la par, han sido registrados en algunos sitios de Centroamérica y América del Sur (Lira, 1995).

La especie *C. pepo* se encuentra distribuida a partir del norte de México y suroeste de EUA. Se tiene evidencia de que el material más antiguo de *C. pepo* fue encontrado en las cuevas de Ocampo, Tamaulipas en México, que datan del año 7000 a.C. (Whitaker y Davis, 1962; Vigliola, 1991).

Otras evidencias de restos arqueológicos de *C. argyrosperma* encontrados desde el suroeste de los Estados Unidos hasta el centro-sur de México, sugieren que su domesticación se llevó a cabo en esta última región, hace más de 7000 años (Lira, 1995). Whitaker y Davis (1962) señalaron que, investigaciones realizadas por Bukasov (1930), indicaron que *C. ficifolia* fue encontrada en la parte central de México desplazándose hacia al sur a través de la cordillera de América Central hasta Chile. Esta especie prefiere ecológicamente terrenos altos con climas templados.

2.2 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de las especies en estudio, de acuerdo a Pérez *et al.* (1997) es la siguiente:

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledonea

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Tribu: Cucurbitineae

Género: *Cucurbita*

Especie: *C. pepo* L.

C. moschata Duchesne ex Lam. (Duchesne ex Poir.)

C. argyrosperma Huber

C. ficifolia Bouché

2.3 Descripción botánica de especies cultivadas de calabazas

Calabaza de dulce (*Cucurbita moschata* (Duchesne ex Lam.) Duchesne ex Poir.)

Plantas herbáceas anuales, comúnmente rastreras a trepadoras o algunas formas con hábito sub-arbustivo (Lira, 1995).

Raíz. Presenta un sistema radical constituido por una raíz principal y numerosas raíces secundarias, algunas de éstas bastante gruesas, leñosas y de gran cantidad de raíces menores absorbentes (Lira, 1995).

Tallo. Los tallos son duros, angulosos y largos, pueden alcanzar hasta 10 m de longitud. El eje principal emite de 3 a 10 ramas basales separadas por entrenudos cortos. Las ramas basales o principales se dividen a su vez en secundarias (Lira, 1995).

Hojas. Las hojas tienen pecíolos largos y cilíndricos, cubiertos de pelos glandulares. La forma general de la lámina es acorazonada con tres o más lóbulos triangulares bien desarrollados. La inserción del pecíolo es una abertura angosta de la que salen tres a cinco nervios en disposición palmeada. El borde es finamente aserrado o sinuoso (Lira, 1995). El ancho de la lámina varía de 10 a 30 cm y es característico en su lado superior la presencia de áreas blancuzcas en la unión de los nervios, que contrastan con el verde oscuro de la lámina (Lira, 1985). Es característico de *C. moschata* que el limbo de la hoja tenga una posición horizontal y pendiente, mientras que en otras *Cucurbitas* se levanta erecto del pecíolo (León, 1987).

Zarcillos. Los zarcillos son de 3-5 y ramificados (Lira, 1995).

Flores. Las flores son solitarias y unisexuales que brotan de los nudos en tallos. En los nudos inferiores aparecen sólo flores estaminadas (masculinas). En los

nudos centrales se desarrollan flores normales, pistiladas y estaminadas. En los nudos que siguen aparecen flores pistiladas (femeninas) normales y estaminadas no funcionales y hacia el extremo de los tallos sólo flores pistiladas, generalmente partenocárpicas. La base de la flor es un hipantio del que salen sucesivamente cáliz, corola, androceo y gineceo. El perianto en ambas clases de flores se compone de cinco sépalos y corola de cinco pétalos. Los sépalos son agudos y verdes, muy pubescentes, de 2 a 6 cm de largo, un poco más grandes, en las flores pistiladas (femeninas). La corola es campanulada en la base y se abre arriba en cinco lóbulos triangulares. El color amarillo es mas intenso en la cara interna de la corola; la externa más pálida está cubierta de pelos finos. Las flores pistiladas son de perianto semejante al de las estaminadas, aunque ligeramente más grande. El ovario esférico o elipsoidal, verdoso y pubescente, tiene tres carpelos o celdas, cada una con muchos óvulos. En la parte superior del gineceo, arriba de la inserción de la corola, hay un estilo columnar que se divide en tres, a veces hasta cinco estigmas bilobados cubiertos de papilas. Los estambres están representados por cinco rebordes; entre ellos y el pistilo hay un disco de nectarios (Lira 1995).

Fruto. En fruto, la forma del pedúnculo de *C. moschata* es el carácter más distintivo entre las cinco especies cultivadas de *Cucurbita*. En *C. moschata* tiene cinco rebordes longitudinales bien marcados y en la inserción al fruto se expande en forma de disco; la pubescencia es densa y fina. El fruto puede ser esférico, elipsoidal, oblado, piriforme, en forma de botella con el cuello recto o curvo. La superficie puede ser lisa o con rebordes o costillas longitudinales, uniforme o verrucosa; hay también gran variación en el color y tamaño (León, 1987). La corteza o cáscara del fruto es delgada o gruesa aunque estos sean jóvenes. La pulpa del fruto es amarilla verdosa cuando joven y anaranjada al madurar, de sabor permanentemente dulce o insípido al madurar (Lira, 1985).

Semillas. Las semillas son elípticas u ovalado-elípticas, mas o menos planas o muy ligeramente tumescentes, 8-21 mm de largo, 5-13 mm de ancho, algunas

veces totalmente blancas o pardo claras, usualmente con el centro blanquecino-amarillento a pardo claro u oscuro y generalmente con los márgenes bien diferenciados, usualmente de color amarillento, dorado a pardo claro u oscuro, ápice obtuso a truncado (Lira, 1995).

Calabaza criolla (*Cucurbita pepo* L.)

Plantas herbáceas, trepadoras o algunas veces de hábito subarborescente, anuales (Lira, 1995).

Raíz. Las plantas de calabaza criolla se caracterizan por poseer un sistema radicular amplio, que pueden alcanzar una profundidad de 1.5 a 2 m. Además, las raíces presentan poca capacidad de regeneración (Zaccari, 2007).

Tallo. Los tallos de la especie *C. pepo* son generalmente glabros, esparcidamente espiculados de color verde oscuro y angulosos (Lira, 1985).

Hojas. Las hojas crecen erectas en pecíolos largos y firmes. La lámina acorazonada o triangular se recorta en cinco a siete lobos más o menos profundos; la base es amplia pues la lámina en la inserción del pecíolo se extiende sobre dos nervios principales. El borde es irregularmente dentado, especialmente hacia la base y la superficie de la lámina dura y áspera (León, 1987), las hojas son de color verde oscuro, sin manchas blanquecinas (Lira, 1985).

Zarcillos. Zarcillos con 2-6 ramificaciones a simples y poco desarrollados o nulos en los tipos subarborescentes (Lira, 1995).

Flores. Las flores estaminadas (masculinas) son las primeras en aparecer en las axilas de las hojas basales, en los primeros nudos. En los nudos siguientes brotan flores pistiladas y estaminadas, ambas normales; luego pistiladas funcionales y estaminadas rudimentarias; y finalmente, hacia el ápice del tallo,

flores pistiladas partenocárpicas. El perianto de las flores estaminadas o pistiladas se forma de cáliz y corola de cinco partes soldadas. En la flor estaminada la parte inferior del cáliz es hemisférica y los cinco dientes ligeramente más largos; todo el cáliz está cubierto de pubescencia hirsuta. La corola tubular en la base, amarilla, se abre arriba en cinco segmentos triangulares y profundos. En las flores pistiladas el ovario presenta las formas más variadas según el cultivar, y el pistilo termina en tres estigmas (Lira, 1995).

Fruto. En fruto, el carácter distintivo de más valor en *C. pepo* es la forma del pedúnculo del fruto: cilíndrico o cónico, con estrías bien profundas y cubierto de espículas fuertes; en donde está adherido al fruto no se expande en un disco, como en *C. moschata* donde solo se escurre engrosándose lentamente hacia el punto de inserción al fruto. La forma del fruto es más variable en *C. pepo* que en ningún otro de sus congéneres y es el carácter más distintivo de éstos (León, 1987; Villanueva 2007, comunicación personal). La pulpa del fruto es blanquecino amarillento a amarillo y anaranjado con sabor dulce.

Semillas. Las semillas son aplanadas elípticas o casi redondas, de 8 a 24 mm de largo y 9 a 10 mm de ancho de color pardo claro, con el borde y la parte central del mismo tono, los bordes son lisos (Lira, 1985; León, 1987).

Calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber ssp. *Argyrosperma*)

Plantas de *C. argyrosperma* son herbáceas, rastreras a trepadoras no muy vigorosas y anuales (Lira, 1995).

Raíz. Las raíces son fibrosas (Lira 1995).

Tallo. Los tallos son angulosos-sulcados y puberulentos (Lira, 1995).

Hojas. Las hojas se encuentran sobre pecíolos de hasta 35 cm de largo, suave y cortamente pubescentes a pilosos; láminas de consistencia herbácea, anchamente ovado-cordadas, 20-30 cm de largo, 25-40 cm de ancho, ligera a profundamente lobadas, los lóbulos triangulares, obtusos, apiculados, los márgenes denticulados a incisos, la base cordada, ambas superficies suave y cortamente pubescentes a pilosas, la adaxial comúnmente más escabrosa y con manchas blancas o plateadas a lo largo de las venas (Lira, 1995).

Zarcillos. Los zarcillos son bien desarrollados, 2 a 4 ramificados y pubescentes (Lira, 1995).

Flores. Las flores masculinas o estaminadas están sobre pedicelos; receptáculo anchamente campanulado, ligeramente constreñido justo debajo de los sépalos, pubescente; sépalos lineares a lanceolados, raramente foliáceos; corola amarilla con blanco y anaranjado en el limbo, puberulenta en ambas superficies. Los lóbulos agudos a acuminados, algunas veces obtusos, con los márgenes enteros pero ondulados y doblándose hacia adentro; filamentos gradualmente angostándose de la base hacia el ápice, glabros. Las flores femeninas o pistiladas se encuentran sobre pedicelos más gruesos que en las estaminadas (masculinas), escabrosos-pubescentes; ovario globoso, oblado, anchamente ovoide a piriforme, pubescente, glabrescentes con la edad; perianto como en las estaminadas, pero el receptáculo reducido y la corola un poco más corta; estigmas 3, bilocados (Lira, 1995).

Fruto. Los frutos usualmente conservan la forma del ovario: piriformes o claviformes, cortos o largos y rectos o encorvados en la parte más delgada; cáscara rígida, durable, totalmente lisa a algo verrucosa, o con algunas excrescencias leñosas que parecen escurrirse desde el pedúnculo, de coloración relativamente diversa, desde totalmente blanca hasta verde oscura o con manchas o sombreados amarillos, a más comúnmente blanca con franjas longitudinales reticuladas de color verde, o verde con manchas y/o franjas reticuladas de color blanco o crema, usualmente tornándose de color amarillento o

pardo claro al madurar. La pulpa es amarilla pálida a anaranjada pálida o brillante, algunas veces con un tinte verde oscuro a negro en las placentas, nada a ligeramente fibrosa y de sabor dulce o al menos no amargo en condiciones normales; pedúnculo ligeramente a notablemente engrosado, cilíndrico, claviforme o subgloboso, corchoso y no ensanchado en la unión con el fruto (Lira, 1995).

Semillas. Las semillas son elípticas a lanceoladas, desde algo comprimidas o planas hasta ligeramente infladas o tumescentes, principalmente en los márgenes, 15-30 (-35) mm de largo, 7-16.6 mm de ancho, el centro usualmente de color blanco o blanco opaco, algunas veces crema a pardo claro u oscuro, liso o con pequeñas cicatrices o escarificaciones algunas veces muy profundas, los márgenes bien definidos, generalmente de diferente color que el centro de la semilla, angostos a muy anchos e inflados y desde verde-grisáceos o azul-verdoso-grisáceos, hasta pardo claros o dorados, lisos o muy ligeramente ondulados, nada o muy ligeramente fimbriados o fibrillosos, ápice angostado y ligeramente oblicuo (Lira, 1995).

Chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché)

Plantas rastreras a trepadoras, anuales aunque persistentes por un cierto período de tiempo y estas dan la impresión de ser perennes de vida corta (Lira, 1995).

Raíz. El sistema radical carece de raíces engrosadas tuberiformes de almacenamiento o reserva (Lira, 1995).

Tallo. Los tallos de las plantas de chilacayotes son vigorosos ligeramente angulado-sulcados, ligeramente puberulentos, hirsutos o hispídos, armados con aguijones cortos, punzantes, escasos y pelos glandulares que pueden manchar de negro los dedos cuando se manipulan las guías y el follaje de las plantas (Villanueva 2007, comunicación personal; SIOVM, 2007).

Hoja. Las hojas son acorazonadas a casi circulares, se dividen en lobos redondos poco profundos. El borde de la lámina es finamente dentado y la base muy profunda (León, 1987).

Zarcillos. Los zarcillos son robustos, pedunculados, 3 a 4 ramificados (Lira, 1995).

Flores. Las flores con un cáliz cuculiforme que lleva en la base cinco sépalos delgados y agudos, aunque en algunas flores son espatulados. La corola amarillo-naranja con líneas verdes se divide en cinco lobos poco profundos. El pistilo y la columna estaminal son similares a los de *C. moschata* (León, 1987).

Frutos. Los frutos tienen pedúnculos generalmente curvos en el extremo de inserción al tallo, tienen cinco o más surcos profundos y su base ensanchada en un disco poco mayor que el pedúnculo (León, 1987). Los frutos son globosos, ovalado-elípticos u ovoides, algunas veces ligeramente comprimidos o alargados; cáscara rígida, durable, sin costillas, densa y diminutamente ondulada con tres patrones principales de coloración: 1) verde claro u oscuro, con o sin rayas o franjas longitudinales blancas hacia el ápice; 2) diminutamente manchada de blanco y verde; y 3) blanca a crema; pulpa blanca, granulosa-fibrosa, de sabor dulce, placentas muy largas y delgadas (Lira, 1995; Villanueva 2007, comunicación personal).

Semillas. Las semillas son elípticas a anchamente ovado-elípticas, comprimidas, 15-25 mm de largo, 7-13 mm de ancho, generalmente pardo obscuras a negras y a veces blanco-crema, márgenes mas o menos bien diferenciados, delgados, lisos, de color pardo oscuro, principalmente hacia el ápice, ápice truncado, nada o muy ligeramente oblicuo (Lira, 1995). Las semillas son negras en la mayoría de los casos, aun cuando hay plantas con semillas marrones o blancas; el borde es liso y redondeado (León, 1987).

2.4 Requerimientos ecológicos

2.4.1 Temperatura

Excepto en chilacayote, las calabazas de guía son plantas exigentes en temperaturas altas, necesitan de un periodo libre de heladas, entre 4 a 5 meses, para completar su ciclo de producción.

La temperatura óptima para su crecimiento es 24 °C, con una mínima de 10 °C y una máxima de 32 °C. Las plantas crecen mejor con temperaturas de 13 a 18 °C durante la noche y de 16 a 30 °C durante el día. A temperaturas menores a 8 °C detiene el crecimiento; entre 4 a 6 °C sufren daños leves y a temperaturas menores, los daños son severos (Castaños, 1993).

La temperatura óptima del suelo para la germinación de la semilla es de 21 a 35 °C. Con temperaturas por debajo de 13°C se detiene el proceso de germinación (Decoteau, 2000). En esta fase, se requiere una máxima de 37 °C y una mínima de 15 °C (Vigliola, 1991).

2.4.2 Luz

El crecimiento de las plantas depende de su capacidad para incorporar carbono atmosférico dentro de los compuestos orgánicos a través del uso de la energía luminosa absorbida durante la fotosíntesis (Crawley, 1986). De estos compuestos fotosintéticos, principalmente azúcares, en conjunto con las sales minerales provenientes del suelo, la planta elabora toda la materia seca indispensable para su crecimiento y desarrollo (Pérez, 1984).

La calabaza, para su cultivo, requiere de periodos lumínicos largos (Serrano, 1979; Castaños, 1993), siempre y cuando no altere los límites normales de temperatura (Guenkov, 1974). Este mismo autor menciona que temperaturas

altas y días largos con alta luminosidad tienden a formar mayor cantidad de flores masculinas que femeninas.

2.4.3 Humedad

El agua en las plantas juega un papel importante. Dentro de las funciones básicas están las siguientes: 1) las plantas herbáceas están constituidas por agua en un 80 a 90% del peso fresco y más de un 50% del peso fresco en plantas leñosas; 2) el agua participa como solvente, donde los gases, minerales, y otros solutos entran a las células vegetales y se mueven de célula a célula y órgano a órgano; 3) el agua es un reactivo o sustrato de muchos procesos importantes, incluyendo la fotosíntesis y procesos hidrolíticos como mediar la amilasa para la hidrólisis del almidón a azúcar durante la germinación de las semillas y 4) mantiene la turgencia, la cual es esencial para el ensanchamiento, crecimiento celular y para mantener la forma de las plantas herbáceas. La turgencia participa en la apertura de estomas (Kramer, 1983).

Las plantas para su crecimiento y desarrollo requieren de condiciones normales de humedad en el suelo, para ello es importante mantener la humedad del suelo alrededor del 70 % de su capacidad de campo. De acuerdo a Serrano (1979) después de 20 a 30 días de la nascencia no es conveniente excesiva humedad en el suelo, esto con la finalidad que la planta enraíce bien y el tallo se forme recio, sin demasiado desarrollo vegetativo. Posteriormente, cuando inicia el crecimiento rápido, que suele coincidir con la fructificación, durante la aparición del segundo o tercer fruto, la planta es muy exigente en agua y necesita riegos más frecuentes, aunque de poco volumen. Es importante considerar que en la fase de maduración, la humedad del suelo debe reducirse para mejorar la calidad del fruto (Guenkov, 1974).

La calabaza no soporta alta humedad del suelo, ni del ambiente donde se desarrolla, la humedad relativa que requiere está comprendida entre un 65 y 80%

(Serrano, 1979). En condiciones de alta humedad, es común la presencia de enfermedades, tanto en la parte aérea como en el sistema radical. La alta humedad relativa propicia las condiciones óptimas para el desarrollo de mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*), podredumbre blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*), entre otras, e inclusive podredumbres ocasionadas por bacterias. En un suelo saturado de humedad es común que las plantas tengan problemas de enfermedades en las raíces causadas por hongos habitantes del suelo. Otra de las desventajas que conlleva el exceso de humedad es la carencia de cualidades gustativas en los frutos. La falta de humedad como la presencia de una sequía prolongada puede afectar el rendimiento y calidad del fruto (Guenkov, 1974).

2.4.4 Suelo

Las plantas de calabaza requieren de suelos bien drenados, ligeros y con alto contenido de materia orgánica (Leñano, 1980). Las plantas son moderadamente tolerantes a la acidez: pH 5,5 - 6,8 y medianamente resistentes a la salinidad del suelo (Vigliola, 1991).

2.5 Importancia de la calabaza

La calabaza es uno de los cultivos de amplia distribución en el campo mexicano, desde los tiempos antiguos hasta nuestros días. Siempre ha formado parte de la historia del hombre, como parte de su dieta y tradición.

En México en el 2006 se registró una superficie sembrada de 31,579 hectáreas de calabacita, cifra que supera a los cultivos de pepino (con 16,157 has), brócoli (con 17,594 has) y coliflor (con 2,886 has), entre otros (Cuadro 1). Con respecto a la calabacita (verdura) se cosecharon 20,983 hectáreas obteniéndose una producción de 336,111 toneladas y un valor de la producción de 52,272.317 miles de pesos.

Con los altos índices obtenidos por ventas de calabacita, en el aspecto económico, este cultivo juega un papel importante porque es una fuente generadora de recursos y permite a su vez el empleo de mano de obra en el campo para el desarrollo de las diferentes actividades que involucra el proceso de producción. Otro de los cultivos donde se tiene mayor ingreso por las ventas es sandia, con 225318.666 miles de pesos.

Cuadro. 1. Superficie sembrada, cosechada y valor de la producción de 12 hortalizas del año agrícola 2006 en México.

Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	Valor de la producción (miles de pesos)
Brocoli	17,594	10,358	138,845	13.405	18512.666
Calabacita	31,579	20,983	336,111	16.018	52272.317
Cebolla	42,309	24,264	640,627	26.403	278533.478
Chile verde	146,539	48,029	935,133	19.47	103903.666
Coliflor	2,886	1,402	24,667	17.594	256.947
Lechuga	13,062	5,957	130,676	21.935	2419.925
Papa	58,594	25,450	621,584	24.424	82877.866
Pepino	16,157	12,232	359,314	29.375	103251.149
Sandia	38,781	29,984	675,956	22.544	225318.666
Tomate rojo	57,760	36,986	1,249,828	33.792	124982.800
Tomate verde	62,000	40,106	471,716	11.762	85766.545
Zanahoria	13,539	5,392	145,061	26.901	54127.238

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA. 2007; ASERCA con datos de SNIIM, 2007.

En el rubro alimenticio también es una de las hortalizas ricas en minerales y vitaminas que si comparamos con otras especies cultivadas, como el tomate, pepino, zanahoria, entre otras (Cuadro 2), podemos apreciar que compite con éstas en la parte nutrimental.

La planta de *Cucurbita*, en su conjunto, tiene gran valor alimenticio para el ser humano, pero también tienen otras cualidades, entre los cuales podemos mencionar que juegan un papel elemental en la medicina tradicional en zonas del medio rural. Otro de los usos que tiene este género es como elemento decorativo y esto es común en algunas regiones de Latinoamérica.

Las hortalizas señaladas en el Cuadro 2 contienen muchas cualidades en el fruto que favorecen o enriquecen la ingesta diaria del consumidor, tales como el alto contenido en vitamina A, el consumo de esta vitamina mejora la visión; la fibra beneficia la digestión y además proporciona energía, carbohidratos, entre otros componentes, que participan en el buen funcionamiento del organismo y con ello, mejoran la calidad de vida de quienes consumen estos productos vegetales. A continuación se presenta la composición de 100 gramos de la parte comestible en algunas hortalizas.

Cuadro 2. Composición de seis hortalizas en 100 gramos de porción comestible.

Componentes	Brócoli	Calabacita	Papa	Pepino	Tomate	Zanahoria
Agua (%)	91	94	79	96	94	88
Energía (KCal)	28	20	79	13	19	43
Proteína (g)	3.0	1.2	2.1	0.5	0.9	1.0
Grasa (g)	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2
Carbohidratos (g)	5.2	4.4	18.0	2.9	4.3	10.1
Fibra (g)	1.1	0.6	0.4	0.6	0.5	1.0
Ca (mg)	48	20	7	14	7	27
P (mg)	66	35	46	17	23	44
Fe (mg)	0.9	0.5	0.8	0.3	0.5	0.5
Na (mg)	27	2	6	2	8	35
K (mg)	325	195	543	149	207	323
Vitamina A (UI)	1,542	196	—	45	1,133	28,129
Tiamina (mg)	0.07	0.06	0.09	0.03	0.06	0.10
Riboflavina (mg)	0.12	0.04	0.04	0.02	0.05	0.06
Niacina (mg)	0.64	0.55	1.48	0.30	0.60	0.93
Acido ascórbico (mg)	93.2	14.8	19.7	4.7	17.6	9.3
Vitamina B6 (mg)	0.16	0.11	0.26	0.05	0.05	0.15

Fuente: USDA. Agricultural Handbook, 1984; citado por Castaños, 1993.

Estudios realizados en calabaza (*C. pepo*) por diferentes investigadores han demostrado que las partes que constituyen a esta planta tales como frutos, hojas, flores y semillas, también son fuentes de diversos nutrientes (Cuadro 3). Analizando este cuadro, las hojas superan en contenido nutritivo al fruto tierno, por ejemplo, las hojas presentan 4.2 g de proteínas, 58 mg de vitamina C, 127 mg de calcio, entre otros. Éstas cantidades son mayores en comparación del fruto tierno donde registra 1.76 g de proteínas, 20 mg vitamina C y 18 mg de calcio. En flores, éstas son ricas en proteínas (26.95 g), vitamina C (16.32 mg), calcio (79 mg), entre otros. Finalmente, las semillas presentan alto contenido de

proteínas, 32.2% y 45.4% de aceite, cualidad que ha sido de interés industrial para la extracción de aceites y alto contenido de fósforo (852.0 mg).

Cuadro 3. Composición de 100 g de diferentes partes comestibles de la planta de calabaza (*Cucurbita pepo* L.)

Concepto	Fruto maduro ^a	Fruto tierno ^b	Hojas frescas ^c	Flores masculinas ^d	Semillas ^e
Agua	90 g	—	90 g	80.7 g	—
Proteínas	1.3 g	1.76 g	4.2 g	26.95 g	32.2%
Lípidos	0.2 g	0.11 g	0.4 g	—	—
Azúcares	6 g	2.14 g	3.4 g	0.035 g	—
Sales y minerales	0.4-0.5 g	—	—	—	—
Vitamina A	—	100 U.I.	0.8 mg	—	—
Vitamina B ₁	—	60 mcg	0.14 mg	—	—
Vitamina B ₂	—	40 mcg	0.17 mg	—	—
Niacina	—	—	1.8 mg	—	—
Vitamina C	—	20 mg	58 mg	16.32 mg	—
Ácido ascórbico	10.0 mg	—	—	16 mg	—
Tiamina	0.05 mg	—	—	—	—
Riboflavina	0.05 mg	—	—	—	—
PP	0.50 mg	—	—	—	—
Carotenoides	2.0	—	—	2.24 g	—
Fibra	—	—	1.5 g	—	12.1%
Ceniza	—	—	1.6 g	2.8 g	4.65 %
Valor energético	—	17 cal	26 Kcal	—	2.83 MJ
Aceite	—	—	—	—	45.4%
Azufre	10 mg	—	—	—	—
Fósforo	30 mg	21 mg	96 mg	12.38 mg	852.0 mg
Sodio	3 mg	—	—	—	—
Potasio	400 mg	—	—	37.63 mg	11.11 mg
Magnesio	10 mg	—	—	—	205.0 mg
Calcio	21 mg	18 mg	127 mg	79 mg	11.4 mg
Hierro	0.8 mg	0.6 mg	5.8 mg	6.5 mg	6.8 mg
Zinc	0.21 mg	—	—	—	5.1 mg

Fuente: ^aJapon, 1981; ^bMaroto, 1989; ^cINCAP-ICNND, 1981 y ^dMontalvo, 2001 (Tomado de Ayala, 2002). ^e Lazos (1986) (Tomado de Vives de la Torre, 2000).

2.6 Principales usos de la calabaza

La diversidad de especies vegetales que existen en nuestro país ha permitido desde los tiempos antiguos generar amplio conocimiento sobre su utilidad. Conocimiento que en la actualidad es fundamental para la explotación de estas plantas en el sector alimenticio, medicinal, ornamental e inclusive industrial para la extracción de fibras en el caso del henequén o para la fabricación de cosméticos, por ejemplo la sábila, manzanilla, entre otras. Con respecto a la

calabaza es una de las especies que tienen diversos usos, entre los cuales se mencionan, el alimenticio, industrial, artesanal, medicinal y en la agricultura, donde es de mucha utilidad como portainjertos.

Alimenticio. La calabaza tiene cualidades nutricionales en sus flores, frutos, semillas, incluso hasta en las hojas (Cuadro 3). En aspectos alimenticios, las estructuras que se consumen como hortalizas son los frutos tiernos, flores y puntas de guías. De acuerdo a Díaz (1997), éstas dos últimas estructuras de la planta de calabaza, en Oaxaca se utilizan los segmentos apicales (40 cm) de los tallos tiernos para prepararlos hervidos con flores de calabaza y trozos de elote en un plato típico conocido como 'guías'. También, los frutos inmaduros son consumidos como verdura cocida y fritos (Lira, 1995).

Las semillas (pepitas) se consumen en grandes cantidades tostadas y saladas, como botanas enteras o simplemente aderezadas con sal (Lira, 1995). Las especies más cotizadas son *C. pepo* y en segundo lugar *C. argyrosperma*. Esta última especie se usa como condimento en la elaboración de moles conocidos como 'pipianes' o 'pepianes'. Es por ello que *C. argyrosperma* se conoce como 'pipiana' en Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz, etc. (Montes, 1991; citado por Díaz, 1997).

El fruto de *C. ficifolia* se puede utilizar para la elaboración, por fermentación, de bebidas alcohólicas (Maroto, 1989). El fruto tierno de *C. ficifolia* se consume como verdura en diversos guisados. Con frutos de chilacayote cercanos a la madurez también se prepara agua fresca en Oaxaca y Guerrero; el fruto maduro se utiliza como forraje y en la industria de la confitería para la elaboración de dulces cristalizados y el dulce denominado 'cabello de ángel' (Lira, 1995).

En Oaxaca y Guerrero, se consumen las calabazas pipianas en forma de tamales y atoles; mientras que en el sureste (Chiapas) la semilla de calabaza

pipiana (*C. argyrosperma*) se utiliza para hacer figurillas, mismas que se consumen como sustituto de mantequilla (Tomado de Díaz, 1997).

La flor de la planta de calabazas es utilizada en la cocina mexicana para preparar diversos guisados, como las llamadas "quesadillas" de flor de calabaza, platillo común en la parte central de México y en el sur es conocida como "empanadas" (Teodoro, 2005). Otras formas de consumir estas flores son en ensaladas, cremas de flor de calabaza, fritas, como hortalizas e inclusive existen cultivares de calabazas que son destinadas para la producción específica de flores. Estas plantas producen gran cantidad de flores masculinas, las cuales se cosechan cuando alcanzan de 20 a 25 cm en longitud. Las flores femeninas pueden ser usadas con este fin, pero en este caso el pistilo se retira (Decoteau, 2000).

La calabaza es importante como materia prima en la industria de conservas, se usa en la preparación de mermeladas y dulces. Los frutos tiernos de algunas variedades se emplean ampliamente en la cocina, consumiéndolas fritas, asadas, cocidas al horno o al vapor y guisadas rellenas de carne y arroz (Guenkov, 1974). Decoteau (2000) mencionó que los frutos tiernos se pueden acompañar con guisados de carne, panqueques, flanes, panes, pasteles o empanadas.

El fruto maduro de las especies *C. pepo*, *C. moschata*, *C. ficifolia* y *C. argyrosperma*, es tradición que sus frutos se usan en la elaboración de una gran cantidad de dulces típicos artesanales. Con la pulpa de los frutos se puede elaborar dulces cristalizados. Con las semillas se elaboran dulces llamados "jamoncillos". Otros como la "calabaza en tacha" y la calabaza en dulce (Teodoro, 2005). La calabaza en dulce es típico del sureste mexicano, en Chiapas se seleccionan aquellas que presentan cáscara dura y de preferencia con pulpa de color obscura. También, las calabazas maduras se consumen horneadas (hornos contruidos debajo la tierra) y con sal.

Las semillas son el producto alimenticio y comercial más importante de este grupo de plantas. Como se observó en el Cuadro 3, éstas presentan altos contenidos de aceites (45.4%), proteínas (32.2%) y fósforo (852 mg). Las semillas son usadas como ingredientes en la elaboración de varios guisados tradicionales, tales como los moles y los pipianes. Enteras y tostadas aderezadas con sal, las semillas se consumen como botanas, principalmente de las especies de *C. pepo* y *C. argyrosperma*, en este orden. Otro uso es la elaboración de dulces denominados "palanquetas", las cuales pueden combinarse con otros productos como el amaranto y la unión con las semillas de calabazas se llaman "alegrías" (Teodoro, 2005).

Industrial. Las semillas de calabazas contienen alto contenido de aceite (45.4%) (Cuadro 3). Este parámetro cuantitativo ha sido de gran importancia para la explotación de esta parte de la planta en la industria.

Según Teodoro (2005) con la extracción de aceite de la semilla sería posible obtener una pasta con 40% de proteínas, la cual se utilizaría como materia prima en la elaboración de mazapanes y chocolates.

La pulpa de varias especies de calabazas es utilizada para la elaboración industrial de jabones destinados a la limpieza de artículos de pieles. También algunas enzimas proteolíticas extraídas de la pulpa de los frutos de *C. ficifolia* son bastante eficaces en el tratamiento de aguas residuales resultantes de procesos industriales (Lira, 1995).

Medicinal. El conjunto de propiedades curativas que ofrecen las especies cultivadas de *Cucurbita* ha sido producto del conocimiento tradicional generado a través del tiempo. A nivel farmacológico pocas investigaciones han surgido, aunque es de reconocer que este campo ofrece gran potencial en esta área del conocimiento.

En diversas partes del mundo e inclusive de la República Mexicana es común encontrar experiencias de remedios caseros preparados por los lugareños. Dentro de las propiedades curativas que proporciona la planta de calabaza se menciona que las hojas y sus resinas se usan para la curación de granos o erupciones cutáneas. Las flores en botón se preparan en té y se bebe en pequeñas cantidades para el vómito. En la península de Yucatán, la raíz de calabaza (*C. argyrosperma*, *C. moschata* y *C. pepo*) la utilizan para curar enfermedades de la piel y contra las mordeduras de serpiente, la resina o jugo de la cáscara y pulpa del fruto se utilizan contra las quemaduras, para cicatrizar llagas en los senos y enfermedades del cuero cabelludo; el jugo de las hojas se utiliza para curar granos y erupciones de la piel; en el caso de las flores, estimulan el apetito (Lira, 1995).

El consumo de semillas de *C. argyrosperma* elimina parásitos intestinales (lombrices) en humanos. Estas también se emplean para contrarrestar las inflamaciones en encías (gingivitis), el sarampión y como agente antioxidante. El endospermo de la semilla se utiliza para curar la dermatitis y se aplica de manera local. Otras propiedades curativas que ofrecen las semillas son antihelmíntico (solitaria), vermífugo, tenífugo, galactogénico y el aceite es útil para curar hemorroides, heridas y la próstata (Lira, 1995). En el caso de la próstata, el aceite se utiliza con fines de prevención del cáncer (Teodoro, 2005).

Existen otras experiencias en otras partes del mundo en el uso medicinal de la calabaza. En Brasil el fruto y las semillas se usan como diurético y se recomienda su consumo en caso de afecciones renales. En China las raíces, flores, semillas y frutos se utilizan para calmar dolores de dientes, como tónico estomacal y curación de anemia, entre otros.

Artesanal. En muchas regiones del medio rural de Latinoamérica es común encontrar que las cáscaras de frutos sean utilizadas como recipientes (Lira, 1995). Otros de los usos del fruto es hacer artesanías y decoraciones, como la

elaboración de linternas en halloween. También tienen un valor importante como ornamentales, generalmente las calabazas en miniatura (Decoteau, 2000).

Ceremonial. El fruto maduro del chilacayote tiene uso ceremonial en los velorios de difuntos en algunas localidades de Valles Altos de México, se colocan frutos partidos debajo del féretro.

En los días de muertos (1 y 2 de noviembre) se utilizan en las ofrendas de los altares, no falta las calabazas en dulces, semillas y guisados. Es por ello que en esta época, los frutos y semillas son bastantes cotizados (Teodoro, 2005).

Agrícola. La pulpa del fruto en el medio rural es comúnmente utilizarla como alimento del ganado y cerdos, después que se extraen las semillas sobre todo a nivel de granja familiar (Leñano, 1980; Lira, 1995). Es útil para animales de traspatio, al ganado vacuno, cerdos, peces y animales de tiro, entre otros. El uso de calabazas con pulpa anaranjada intenso (con alto contenido de carotenos), se utiliza como sustituto de la flor de cempaoxuchitl en dietas para pigmentar la carne y la yema del huevo de las aves de corral (Teodoro, 2005).

Las plantas de *C. ficifolia*, *C. maxima* y *C. moschata* se han usado como portainjertos en la producción de sandías, pepinos y melones (Lira, 1995). La finalidad del uso de estos patrones es proporcionar resistencia a enfermedades, tolerancia a estreses abióticos, vigor, incremento de la producción, precocidad o con fines de mejoramiento de la calidad de fruto (Camacho, 2006).

2.7 Grupo de herbicidas inhibidores fotosintéticos

Los herbicidas pertenecientes a este grupo se mueven en forma ascendente vía apoplasto, principalmente a través del xilema siguiendo la corriente transpiratoria, en solución con el agua y nutrimentos (sales minerales), hasta las hojas completamente desarrolladas (Ross & Lembi, 1999).

Las aplicaciones dirigidas al suelo, las plantas al emerger, a los pocos días, los primeros síntomas que manifiestan es una clorosis que aparece entre las venas de las hojas y a lo largo de los márgenes, después se presenta una necrosis en el tejido foliar. Las partes más viejas de las plantas mueren primero y los síntomas avanzan ascendentemente (del crecimiento viejo al nuevo) (Ross & Lembi, 1999).

Su acción principal de las triazinas es a través de las raíces, es decir como herbicidas residuales (en plantas dicotiledóneas la absorción es básicamente vía raíces y en monocotiledóneas estos herbicidas se absorben a través del nudo coleoptilar y tallos jóvenes).

Dentro de este grupo de herbicidas, traslocados apoplásticamente, se tienen tres familias químicas: Triazinas (atrazina, simazina, entre otros), Fenilureas o Ureas sustituidas (linuron, diuron, teobuthiuron y fluometuron) y Uracilos (bromacil y terbacil).

2.7.1 Modo de acción

El modo de acción, de acuerdo a Ross & Lembi (1999), es la ruta en el cual un herbicida afecta a una planta a nivel celular o tejido.

El modo de acción del grupo de herbicidas inhibidores de la fotosíntesis afectan el crecimiento en las plantas y este se atribuye a la obstrucción de la fotosíntesis.

Este mecanismo involucra la obstrucción del transporte de electrones de Q_A a Q_B . Se detiene la fijación de CO_2 y con ello, la producción de ATP y $NADPH_2$ (necesario para el crecimiento de las plantas), estos sustratos son requeridos para la formación de fotosintatos, por tanto la planta muere (Vencill, 2002). Otros efectos que intervienen en el proceso de obstrucción del sistema de la

fotosíntesis es que la energía luminosa es absorbida por la clorofila esta la dispersa en forma de radicales que destruyen las membranas del cloroplasto y causa otros daños oxidativos y finalmente la célula muere (Duke y Dayan, 2001).

Al igual que algunas triazinas, el linuron tiene efecto como herbicida de contacto, ya que la movilización por el simplasma aplicado en postemergencia temprana es escasa. La principal vía de penetración es a través de las raíces, razón por la cual es un herbicida que se debe de aplicar en preemergencia a las malezas (Vencill, 2002).

2.7.2 Atrazina

Nombre químico. 2-cloro-4-(etilamino)-6-(isopropilamino)-1,3,5-triazina.

Nombre comercial. Atranex 50 SC, Atranex 90 GDA, Atranex 90 WG, Atranex Técnico 95%, Atranova 500 FW, Atraplex, Atrapol, Atraz 500 FW, Azinotox 900 DF/Harden/Revolver, Dragoprim 90, Gesaprim Autosuspensible, Gesaprim Calibre 90 GDA, Novaprin 501 FW y Sanazina 500.

Propiedades físicas y químicas. Atrazina es un sólido cristalino blanco con una solubilidad en agua de 33 mg L^{-1} a 22°C y pH 7. Está formulado como suspensión acuosa, polvo humectable y en gránulos dispersables en agua. La LD_{50} en atrazina es 3080 mg/kg en ratas (Vencill, 2002; Thomson, 2006).

Comportamiento en el suelo. La atrazina es adsorbida y retenida en suelos arcillosos o ricos en materia orgánica, por los coloides inorgánicos y orgánicos respectivamente. Es por ello que las dosis recomendadas en suelos con estas características (arcillosos y ricos en materia orgánica) llegan a ser hasta 2 veces más que en los suelos arenosos (Thomson, 2006).

Este herbicida (atrazina) puede lixiviarse en suelos arenosos, rara vez se encuentra a más de 30 cm de profundidad, la contaminación de los mantos freáticos podría ocurrir en suelos arenosos (Rice, 1992).

Cuadro 4. Comportamiento de las triazinas en diferentes componentes del suelo.

Componentes del suelo	Area superficial $K_d =$ (m^2/g)	adsorción (mg/kg)	
		solución (mg/L)	
		Simazina	Atrazina
<i>Materia orgánica:</i>			
Turba de fango	500-800	82.3	91.8
Turba de Wisconsin	500-800	21.5	21.5
<i>Arcillas minerales:</i>			
Montmorillonita	600-800	12.2	5.3
Illita	65-100	8.5	4.3
Kaolinita	7-30	0	0

Fuente: Cremlyn, 1991.

Las triazinas, en general, como se mencionó anteriormente, son adsorbidas por las arcillas del suelo, como consecuencia se reduce su concentración en la solución del suelo. La naturaleza de cada uno de los componentes del suelo determina el nivel de adsorción de las triazinas. En el Cuadro 4 se aprecia que la materia orgánica, la turba de fango adsorbe mucho más triazinas (simazina y atrazina) que la turba de Wisconsin y en las mismas condiciones de superficies. También se observa que el grado de adsorción de las triazinas, está relacionado con los tipos de arcillas; por ejemplo, la kaolinita, illita y montmorillonita, presentan un grado de adsorción de menor a mayor.

En los diferentes tipos de arcillas minerales la adsorción es proporcional al área superficial. Siguiendo estas características se tiene que la dosis para maíz son de 1,350 a 2,250 g i.a. ha^{-1} (Gesaprim® Calibre 90 GDA) y más de 2,700 g de i.a. ha^{-1} para suelos con más del 4% de materia orgánica (Thomson, 2006).

Usos. Se utiliza para el control selectivo en pre y post-emergencia de malezas en cultivos de hoja angosta, tales como maíz, sorgo y caña de azúcar. Controla malezas como el bleo o quelite (*Amaranthus* sp.), quelite cenizo (*Chenopodium album*), cola de zorra (*Setaria glauca*), bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*), rosilla (*Gallinsoga parviflora*), pata de gallo (*Eleusine indica*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), chilillo (*Polygonum* sp.), rabanillo (*Raphanus raphanistrum*), lechocilla o golondrina (*Euphorbia* sp.), chipilín (*Crotalaria* sp.), coralillo (*Anagallis arvensis*), gigantón (*Tithonia tubaeformis*), hierba mora (*Solanum nigrum*), toloache (*Datura stramonium*), malva (*Malva* sp.), llanté (*Plantago* sp.), anisillo (*Fumaria officinalis*) y acahual (*Encelia mexicana*) (Thomson, 2006).

Aplicación. La época de aplicación es en preemergencia al cultivo y a la maleza. También se realiza en postemergencia temprana al cultivo y a la maleza (cuando ésta alcanza una altura máxima de 4 cm). Se aplica al suelo en húmedo, el cual deberá estar bien mullido y regado antes de la aplicación. Es indispensable lluvia o riego dentro de los siete días posteriores a la aplicación del herbicida (Thomson, 2006).

Persistencia. La atrazina tiene una vida media en el campo de 60 días. Para efectos de rotación de cultivos, estos se pueden plantar un año después de la aplicación de la atrazina en dosis normales, excepto en suelos con climas áridos y semiáridos. La persistencia se incrementa en suelos con pH alto, fríos y secos (Vencill, 2002).

2.7.3 Simazina

Nombre químico. 2-cloro-4-bis (etilamino)-1, 3, 5 – triazina.

Nombre comercial. Simanex 50 SC y Simanex Técnico 98%.

Propiedades físicas y químicas. Este es un sólido cristalino blanco, con una solubilidad en agua de 3.5 mg L^{-1} a 20°C . El herbicida está formulado como suspensión acuosa concentrada. Su DL_{50} aguda es mayor a 5000 mg/kg para ratas o ratones (Vencill, 2002; Thomson, 2006).

Comportamiento en el suelo. Es adsorbido por la materia orgánica y las arcillas, tiene baja solubilidad en agua lo cual limita su lixiviación, pero la lixiviación puede ocurrir en suelos arenosos bajos en materia orgánica, con poco movimiento lateral. La fotodescomposición y volatilidad son mínimas. Con baja descomposición por microorganismos del suelo, podría persistir en el suelo por períodos considerables dependiendo de la dosis y las condiciones del suelo (Rice, 1992). Es por ello que en función de las características del suelo, la recomendación en maíz es de $1,000$ a $1,500 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ (Simanex^{MR} 50 SC) para tierras ligeras arenosas y para suelos compactos húmidos de $2,000$ a $2,500 \text{ g de i.a. ha}^{-1}$ (Thomson, 2006).

Usos. Se utiliza para el control de malezas en cultivos de caña de azúcar, maíz, alfalfa, caña de azúcar, almendro, toronja, limón, naranjo, fresa, vid, aguacate, manzano, durazno, ciruelo, peral, y plátano, árboles forestales (pino, cedro y eucalipto), nogal y espárrago.

Las malezas que controla simazina son zacate de agua (*Echinochloa cruz-galli*), zacate pinto (*Echinochloa colona*), nabo o mostaza (*Brassica campestris*), zacate poa (*Poa annua*), muela de caballo (*Brachiaria* sp), cardo ruso (*Salsola kali*), zacate carricillo (*Panicum* sp), cola de zorra (*Setaria glauca*), pata de gallo (*Datura estramonium*), sanguinaria (*Polugonum aviculare*), quelite cenizo (*Chenopodium album*), gloria, manto o campanilla (*Ipomoea purpurea*), verdolaga (*Portulaca oleraceae*), amargosa (*Ambrosia artemisifolia*), quelite (*Amaranthus retroflexus*), girasol (*Heliathus annuus*) y lechuguilla (*Sonchus oleraceus*) (Thomson, 2006).

Aplicación. Se aplica en preemergencia al cultivo y a la maleza. El suelo deberá estar libre de terrones; este producto se incorpora al terreno con el agua de riego o mediante una lluvia, siendo necesario dar un riego o que llueva, dentro de los 10 días posteriores a la aplicación ó aplicado en húmedo a los pocos días después de un riego. Después de la aplicación es importante evitar las labores de cultivo profundas, para no alterar su efecto positivo como "sellador" (Thomson, 2006).

Persistencia. La vida media de la simazina en campo es de 30 días, pero esto puede variar por muchos factores incluyendo el nivel de algas y la infestación de las malezas. En suelos con pH alto, la simazina persiste por mucho tiempo y los residuos pueden dañar a cultivos susceptibles después de un año de haber aplicado (Vencill, 2002).

2.7.4 Linuron

Nombre químico. 3-(3,4-diclorofenil)-1-metoxi-1-metilurea.

Nombre comercial. Dinafal 50 SC, Linurex 50 SC, Linurex 50 WP, Linurex 50 WP/Afalon 50 WP/Amigo 50 WP, Linurex 93% Técnico y Lorox 50 DF.

Propiedades físicas y químicas. Es un herbicida sólido cristalino blanco, con una solubilidad en agua de 75 mg L^{-1} . Está formulado como polvo humectable, suspensión acuosa y gránulos dispersables. La LD_{50} aguda de linuron es cerca de $1,500 \text{ mg kg}^{-1}$ (Vencill, 2002).

Comportamiento en el suelo. Sus pérdidas por fotodescomposición y volatilización son mínimas. Con respecto al tipo del suelo, el comportamiento es similar a las triazinas, Vencill (2002) mencionó que la adsorción de linuron se incrementa en suelos arcillosos o con alto contenido de materia orgánica. Es por ello que las dosis usadas en maíz están entre 500 a $1,250 \text{ g de i.a. ha}^{-1}$ (Lorox[®] 50 DF), donde se recomienda usar dosis altas en suelos arcillosos o

con alto contenido de materia orgánica y las dosis bajas son exclusivas para suelos ligeros (Thomson, 2006).

Usos. Controla malezas de hoja angosta y ancha, en los cultivos de espárrago, maíz, papa, soya, zanahoria y cempasúchil. Entre las especies que controla se señalan mostaza silvestre (*Brassica campestris*), artemisa (*Ambrosia artemisaefolia*), zacate salado (*Leptochloa filiformis*), y cola de zorra (*Setaria faberi*), alpiste silvestre (*Phalaris canariensis*), bledo o quilelite (*Amaranthus* spp), cadillo, guachapore o alderete (*Xathium* spp), chual o cenizo (*Chenopodium* spp.), digitaria o manitas (*Digitaria sanguinalis*), gloria de la mañana, trompillo o manto (*Ipomoea* spp), hierba ladina (*Polygonum* spp), lengua de vaca o caña agria (*Rumex crispus*), mostaza silvestre (*Brassica campestris*), pata de gallo (*Eleusine indica*), verdolaga (*Portulaca oleracea*), zacate de agua (*Echinochloa colona*) y zacate pinto (*Echinochloa cruz-galli*) (Thomson, 2006).

Aplicación. Linuron se aplica en preemergencia al cultivo y a la maleza. Puede aplicarse en postemergencia temprana al cultivo y a la maleza (cuando las hojas angostas son menores de 5 cm y hojas anchas menores de 10 cm). El suelo debe estar suficientemente mullido y húmedo. Después de la aplicación el suelo deberá tener suficiente humedad, ya sea proporcionada mediante un riego o por la lluvia (Thomson, 2006).

Persistencia. La vida media en campo de linuron es 60 días, pero los rangos oscilan entre 2 a 5 meses. Generalmente este herbicida se degrada durante el ciclo biológico del cultivo (Vencill, 2002).

2.8 Resistencia a herbicidas

2.8.1 Tipos de resistencia

La mejor fuente para la aparición de malezas resistentes a herbicidas es a través de la mutación natural espontánea de un gene en una población de malezas. Aquellas mutaciones que ocurren naturalmente pueden ser heredadas a la progenie cuando ocurren en los meiocitos que dan lugar a las estructuras reproductivas de las plantas. Estas mutaciones son inducidas por la aplicación de herbicidas. Los términos usados para describir los niveles de respuesta de la planta a los herbicidas son tolerancia, susceptibilidad y resistencia.

Tolerancia es la capacidad de una población de plantas para permanecer sin daños a herbicidas, sin afectar su "productividad ó su valor reproductivo, en dosis normales usados para el control de otras especies. La **susceptibilidad** indica que una población de plantas muere en dosis de herbicidas que normalmente no dañan a otras especies de plantas. **Resistencia** es la capacidad de una población anteriormente susceptible para sobrevivir (aunque se afecte su "productividad" o su valor reproductivo) a dosis de herbicidas por arriba de aquellas que fueron una vez usadas para el control de una población original de plantas (Ross & Lembi, 1999).

Los tipos de resistencia pueden ser múltiple o cruzada. La **resistencia múltiple** es usada para describir poblaciones de malezas que son resistentes a dos o más herbicidas de diferentes familias químicas y con diferente modo de acción. Por ejemplo, la maleza ryegrass se ha reportado con resistencia a diclofop-metil, y a sulfonilureas. Otro caso de resistencia es *Lolium rigidum* quien ha desarrollado resistencia a 16 grupos químicos que afectan a 11 sitios de acción. La resistencia múltiple en *L. rigidum* y la modificación del sitio de acción ha sido encontrada en dos grupos de herbicidas inhibidores de la Acetyl-Coenzima A Carboxilasa (ACCase) tales como los Aryloxyfenoxypropionatos (APP) y las Ciclohexanodionas (CHD), los inhibidores de la Acetolactato Sintetasa (ALS)

incluyen la Sulfonilureas y las Imidazolinonas (Tardif *et al.*, 1997). La **resistencia cruzada** es un término específico usado para describir poblaciones de malezas que son resistentes a dos o más herbicidas que tienen el mismo modo de acción. En el mismo caso, los herbicidas podrían ser de la misma familia química (por ejemplo, atrazina y simazina); en otros casos son de diferente familia química pero con el mismo modo de acción, tal como atrazina y terbacil (Ross & Lembi, 1999). Del mismo modo que las malezas presentan mutaciones naturales que les confieren resistencia a los herbicidas, también los cultivos lo hacen; solo que en el caso de éstos se deben establecer sistemas de selección que permitan encontrar las plantas resistentes deseadas frente a algún herbicida de interés.

2.8.2 Desarrollo de la resistencia

El desarrollo de la resistencia puede ser atribuida a la variabilidad genética que ocurre dentro de una población de organismos, aunado a los procesos de mutación y selección natural. Cuando un estrés externo es aplicado a una población, aquellos individuos con una constitución genética apropiada serán capaces de sobrevivir y reproducirse, y a pesar del estrés, se incrementarán en número, mientras que aquellas que no toleren el estrés tenderán a decrecer en frecuencia. Inicialmente la población total será reducida y después de algunas generaciones será cada vez más frecuente (Norris *et al.*, 2003).

En malezas, se infiere que estas podrían volverse resistentes a herbicidas, pero de acuerdo a Zimdahl (1999) estas no representan mayor problema debido a las siguientes características que presentan: a) las malezas, anuales, tienen un ciclo largo de vida comparado con los insectos, b) no son móviles como los insectos; c) existen un amplio rango de herbicidas en uso y ellos tienen diferentes modo de acción; d) la rotación de cultivos ofrece la posibilidad de usar diferentes herbicidas en el campo; e) las labores de cultivo y otras técnicas culturales pueden utilizarse en combinación con herbicidas en campo para

eliminar malezas resistentes; f) se asume que siempre existirá reservas de semillas en el suelo y h) las especies resistentes probablemente son menos competitivos y no sobrevivirán bien. Aunque en malezas de polinización anemófila y entomófila, los genes de resistencia se pueden dispersar rápidamente y aumentar su frecuencia en la población, por lo que estos casos se pueden constituir en problemáticos, por resistencia de malezas a herbicidas.

La presión de selección para la resistencia a herbicidas es conferida por una serie de factores que involucran aspectos genéticos y aquellos relacionados con el propio herbicida. Haciendo una recopilación, de Zimdahl (1999) y Rao (2000) se tiene que la resistencia de malezas a herbicidas depende o se puede deber a una o varias de las siguientes características:

- 1) El número de alelos que confieren la resistencia en una población de malezas de una especie en particular.
- 2) La frecuencia de los alelos de resistencia en la población de la maleza de interés.
- 3) Modo de herencia (tipo de acción génica) de los alelos que confieren resistencia.
- 4) Valor reproductivo y selección natural en la especie de maleza.
- 5) Longevidad de las semillas de especies de la maleza en el suelo.
- 6) Intensidad de la selección natural, la cual se diferencia a los biotipos resistentes de los susceptibles.
- 7) La adaptabilidad relativa de los genotipos resistentes y susceptibles.
- 8) El herbicida tiene un alto grado de control de la especie objetivo, porque es muy activo y eficiente. Generalmente la semilla de maleza tiene vida corta en el banco de semillas del suelo.
- 9) El herbicida tiene larga persistencia en el suelo.
- 10) El herbicida es usado con frecuencia y anualmente por muchos años o más de una vez por año y durante varios años.
- 11) No se práctica la rotación anual de herbicidas.

- 12) El herbicida tiene un solo sitio de acción.
- 13) La dosis de herbicida es alta.
- 14) Los herbicidas no son mezclados en un cultivo.

Hirschberg & McIntosh (1983); citados por Smith (1995) señalaron que la resistencia a herbicidas en plantas es generalmente conferida por uno o dos pares de genes que actúan eliminando o alterando un sitio específico para la acción del herbicida.

2.8.3 Selectividad de herbicidas

Se refiere al hecho de que un cultivo enmalezado tratado con algún herbicida, no resulte dañado y la maleza sea controlada. El conocimiento de la selectividad es esencial para el uso de algunos herbicidas porque de esto depende obtener un buen control de malezas. La selectividad está basada en diversos factores como son: edad y etapa de crecimiento, anatomía y morfología de la planta, fisiología, mecanismos bioquímicos y biofísicos, factores hereditarios, translocación, tipo de tratamiento (por ejemplo, aplicación total, en banda o dirigida), método y tiempo de aplicación, formulación del herbicida y, las condiciones ambientales (García y Fernández, 1991; Zimdahl, 1999).

Los herbicidas aplicados al follaje podrían derivar su selectividad a partir de un gran número de factores, como los indicados anteriormente. En algunos casos, las características de las plantas podrían prevenir la absorción del herbicida. En otros, el herbicida podría ser absorbido pero la planta es capaz de alterar químicamente a su forma no tóxica. En otros casos, se puede proporcionar la selectividad con el método de aplicación. Es así, que de acuerdo a Rice (1992) la selectividad de herbicidas se puede clasificar en tres grandes grupos: 1) selectividad morfológica, 2) selectividad fisiológica y 3) selectividad de posición.

Selectividad morfológica. La morfología de las plantas puede afectar la retención y absorción del herbicida. La respuesta en plantas a la acción de un herbicida y la eficiencia en el control podrían estar relacionadas con las características superficiales de las hojas. Muchas de estas poseen barreras que evitan el contacto directo del herbicida con la superficie de las hojas, provocando disminución en su efectividad. Dentro de estos obstáculos pueden ser que las hojas contengan una capa cerosa sobre la superficie, favoreciendo la formación de grandes gotas de la mezcla agua-herbicida (Figura 1A) y en consecuencia estas no se adhieren a la superficie de la misma, es decir resbalan ocasionando deriva (Rice, 1992).

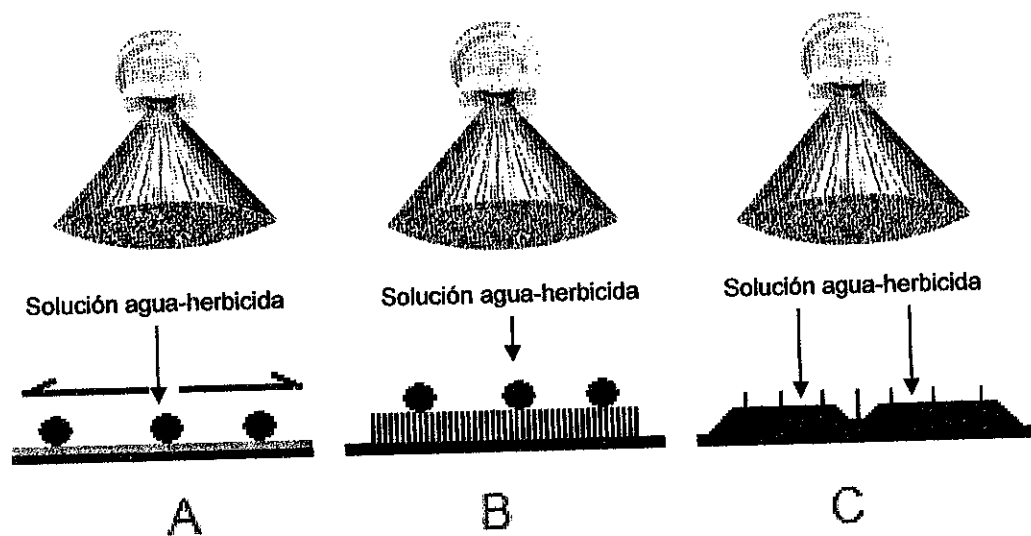


Figura 1. Representación esquemática de la superficie foliar. A) superficie con cutícula cerosa, B) superficie foliar con alta pubescencia y C) superficie con escasa pubescencia (Vicente, 2007).

Del mismo modo, alta pubescencia origina que las gotas permanezcan sobre los pelos foliares (Figura 1B) y sin contacto directo con la superficie de la hoja, a diferencia de cuando la superficie foliar presenta escasa pubescencia (Figura 1C), en estos casos la retención del herbicida es mayor y no se forman gotas como los casos anteriores porque existe mayor distribución de las mismas. El espesor de la cutícula también participa en la selectividad de los herbicidas,

esto explica porque las malezas jóvenes son más susceptibles que las malezas más desarrolladas (Rice, 1992).

La inclinación de las hojas o ángulo foliar puede ser otro factor determinante de la retención del herbicida. Especies con hojas inclinadas y estrechas, como la mayoría de las gramíneas, la cebolla y el gladiolo (Figura 2A), interceptan y retienen menos cantidad de herbicida que las especies dicotiledóneas, estas típicamente con hojas anchas y extendidas perpendicularmente al tallo (Figura 2B). También la densidad y el tamaño de los estomas pueden afectar la absorción de determinados herbicidas (García y Fernández, 1991).

La diferente localización de los meristemas o zonas de crecimiento es importante para entender la selectividad. En los estados de desarrollo iniciales la zona de mayor crecimiento de las gramíneas están en la base del tallo, a veces bajo la superficie del suelo (Figura 2A); mientras que las dicotiledóneas tienen dichas zonas meristemáticas en el ápice del tallo y axilas o base de los pecíolos (Figura 2B). En consecuencia las dicotiledóneas debido a estas características son más vulnerables a la acción de los herbicidas (García y Fernández, 1991).

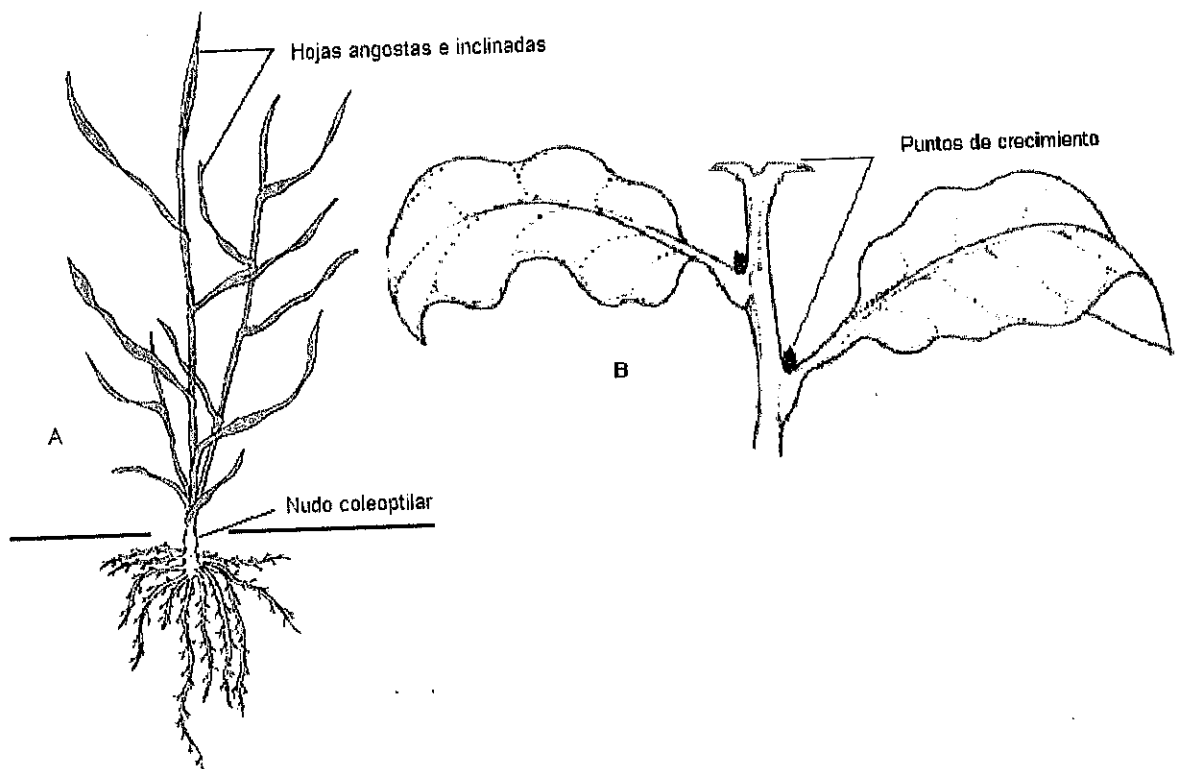


Figura 2. Puntos de crecimiento en plantas monocotiledóneas (A) y dicotiledóneas (B) (Vicente, 2007).

En casos donde se carece de absorción del herbicida por la presencia de pubescencia o de una capa cerosa en la superficie de la hoja, la selectividad puede ser eliminada por la adición de surfactantes o agentes mojables en la solución a asperjar. Los surfactantes disminuyen la tensión superficial favoreciendo mayor dispersión de la gota del herbicida en la superficie de la hoja evitando el escurrimiento y favoreciendo la efectividad del mismo (Rice, 1992).

Selectividad fisiológica. La velocidad de absorción y translocación de un herbicida influye en la cantidad del mismo que llega al lugar donde ejerce su mecanismo de acción (por ejemplo, las hojas en el caso de los inhibidores fotosintéticos), y por consecuencia, afecta su selectividad. Asimismo, las condiciones ambientales influyen en la translocación del herbicida (García y Fernández, 1991).

Otra forma de selectividad que presentan varias plantas es la capacidad de absorber y detoxificar al herbicida. En muchos de los casos, varias familias de plantas podrían ser inmunes a la muerte por herbicidas si tienen esta ventaja sobre otras que carecen de esta herramienta (Rice, 1992). La detoxificación se presenta cuando las plantas transforman la molécula de herbicida a moléculas no tóxicas mediante diferentes rutas metabólicas. De acuerdo a Rao (2000) estos caminos metabólicos incluyen la oxidación, sulfoxidación, hidroxilación, hidrólisis, decarboxilación, N- dealquilación, dealquiltiolación, deaminación, detiolación, dehalogenación, conjugación y rompimiento de anillos. Este proceso puede ocurrir tanto en especies susceptibles como resistentes, solo que en las susceptibles la transformación la realizan en pequeñas cantidades y es lenta, es por ello que el resultado final de estas malezas es su erradicación cuando entran en contacto con herbicidas.

Selectividad de posición. Los herbicidas con selectividad de posición son escasamente solubles en agua y relativamente resistentes a lixiviarse en el suelo. Ellos son aplicados en la superficie del suelo e incorporados mediante un riego o mecánicamente a una profundidad de 2.5 cm aproximadamente, donde ellos previenen la germinación de las semillas. Las plantas cultivadas con raíces profundas no son afectadas porque sus raíces están más abajo de la zona donde se encuentra el herbicida (Rice, 1992). De acuerdo a García y Fernández (1991) los cultivos con semilla de tamaño pequeño (por ejemplo, alfalfa, tomate) requieren ser sembradas superficialmente, estas desarrollan un sistema radicular superficial y están normalmente más expuestas a los herbicidas de preemergencia. Por el contrario los cultivos con semillas de mayor tamaño (por ejemplo, girasol, maíz) se pueden sembrar a mayor profundidad y así evitar riesgos de contacto con los herbicidas presentes en la superficie del suelo (Figura 3).

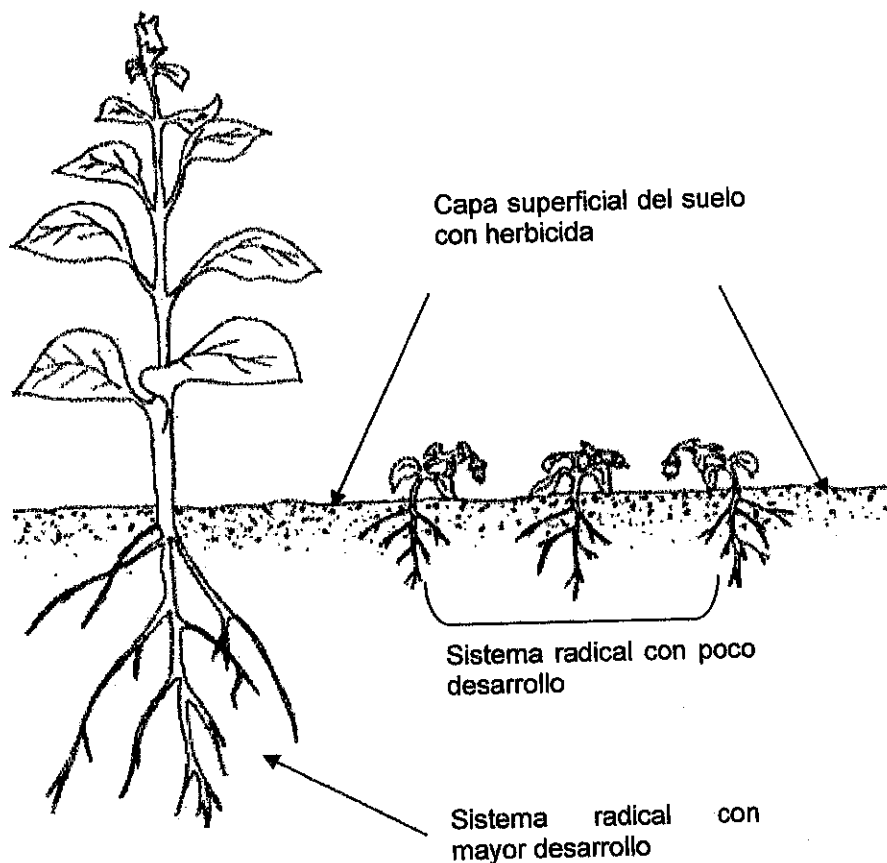


Figura 3. Selectividad proporcionada por la profundidad de siembra en diferentes especies de plantas (García y Fernández, 1991).

Los herbicidas que exhiben selectividad de posición se pueden perder en suelos arenosos o en zonas de alta precipitación o irrigación donde tienden a lixiviarse a zonas donde se localiza el sistema radical del cultivo de interés. La lixiviación está presente en suelos arenosos bajos en materia orgánica, la selectividad de posición debe ser usada con cuidado en estos suelos. La simazina presenta selectividad de posición. Los herbicidas que normalmente no ofrecen selectividad podrían ser proporcionados por técnicas especializadas de aplicación tales como aspersiones dirigidas, formulaciones granuladas, y aplicaciones en polvo. Todas estas técnicas proporcionan selectividad por el lugar donde se deposita el herbicida donde las malezas crecen previniendo el contacto directo con las plantas de interés (Rice, 1992).

2.9 Mejoramiento genético en calabazas

Desde épocas recientes, el hombre ha mejorado la calidad y productividad de las plantas agrícolas importantes. Estos avances en el mejoramiento genético vegetal han sido por medio de la selección y del apoyo de las técnicas de mejoramiento tradicional. Dentro de los logros se puede mencionar el incremento de la calidad de las plantas con valor alimenticio, tales como maíz, arroz, trigo y papa. Los programas de mejoramiento tradicional involucran cruza sexuales, mutaciones inducidas o naturales y que permanecerán dominando para mejorar las características agronómicas de los cultivos, pero serán auxiliadas con la incorporación de nuevas técnicas como la micropropagación, fusión de protoplasto e ingeniería genética (Smith, 2004) y la acumulación de genes favorables por selección.

Dentro de los cultivos genéticamente modificados por ingeniería genética Gelernter (1997) menciona a los siguientes: Bollgard® (algodón transgénico que produce la toxina *Bt cryIAc* para el control del gusano bellotero *Heliothis virescens*), Nature Gard® y Knock-Out® (maíces transgénicos que producen la toxina *Bt cryIAb*, ambos controlan el barrenador europeo *Ostrinia nubilalis*) y New Leaf® (papa transgénica mejorada para producir el gen *Bt cryIII*, utilizado para el control de la larva del escarabajo de la papa).

Estos métodos han sido explotados con buen éxito en el sector agrícola, con fines de incremento de genotipos con alto potencial de rendimiento, aunque también se pueden encontrar otras características consideradas en el mejoramiento como obtener materiales eficientes en la utilización de nitrógeno, mejorar la eficiencia fotosintética, la tolerancia a sequía, a salinidad, a herbicidas, a heladas, aumentar la resistencia a enfermedades, plagas y a otros agentes exteriores perjudiciales.

Con respecto a la resistencia a herbicidas, se tiene que las primeras plantas genéticamente modificadas fueron liberadas en tabaco, papa, algodón, tomate,

soya y maíz (Mateo, 1993). En maíz se ha buscado generar genotipos con tolerancia a glifosato, glufosinato-amonio o la combinación de ambas moléculas, en soya en la modificación de cuatro líneas para expresar tolerancia a glifosato y en algodón, la tolerancia a glifosato, bromoxynil o sulfunilureas (Foster, 2002). Unas de las finalidades de esta innovación, según Mateo (1993), es disminuir el uso excesivo de herbicidas con alto impacto en el ambiente debido a su alta persistencia en el ambiente y evitar la aparición de malas hierbas resistentes a herbicidas.

En México, la calabaza para fruto maduro generalmente se cultivan en pequeñas superficies, como cultivo alternativo de traspatio en huertos familiares y en la agricultura tradicional asociada con maíz. La calabaza aparentemente es uno de los cultivos con poco impulso en su explotación, pero a nivel de mejoramiento se tiene que *Cucurbita* se inicia a partir de 1955 con la observación y colección de material cultivado de calabazas establecidas con la finalidad de aprovechar sus frutos maduros, pero no en el caso de la calabacita que se consume en fruto tiernos como verdura.

En la actualidad los programas de mejoramiento genético en calabaza y calabacita tienen objetivos bases: mejorar el rendimiento, calidad de fruto y semilla, producir híbridos F₁ con características de maduración temprana, incrementar vigor y uniformidad, obtener calidad y cantidad de aceite en semilla, buscar resistencia a las principales enfermedades virales de la calabaza (Pérez *et al.*, 1997) y la obtención de resistencia a *Fusarium* y partenocarpia, actualmente son esfuerzos mundiales (Villanueva 1007, comunicación personal).

Dentro de los estudios de resistencia a enfermedades virales, Bernadac *et al.* (2002) mencionan que en *C. pepo* existen materiales con resistencia a virus del mosaico amarillo del calabacín (ZYMV), virus del mosaico de la sandía 1 y 2 (WMV) y virus mosaico del pepino (CMV), aunque existen otros reportes de

resistencia de virus en otras especies de *Cucurbitas*, tales como el virus del anillo del tabaco (TRSV), virus mosaico amarillo del frijol (BYMV), virus del anillo del tomate (TmRSV) (Whitaker y Robinson, 1986; citado por Pérez *et. al.*, 1997). Otros agentes estudiados son los hongos del suelo que provocan la marchitez en plantas de calabazas.

En la Universidad Autónoma Chapingo desde hace 20 años se realizó una evaluación de 70 familias sobresalientes donde se derivaron líneas S₁ y familias de hermanos completos que desde sus inicios se planteó mejorar el rendimiento de semilla, aspectos del fruto, calidad de semilla e inclusive se desarrollan variedades con semillas que carecen de testa, útil para el consumo como pipianas (Pérez *et. al.*, 1997).

Otras de las líneas de investigación que maneja este programa de mejoramiento genético desde 1996 son la selección de genotipos con resistencia a *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora* y la selección de calabazas con resistencia a herbicidas preemergentes específicos (selectivos) para maíz. Los primeros resultados fueron en *C. pepo*, en donde se encontraron materiales con resistencia a herbicidas, principalmente a linuron y atrazina (Díaz, 1997). Los resultados mencionados anteriormente fueron posibles debido a la alta variación genética existente entre individuos en las poblaciones criollas nativas.

En otro estudio realizado con herbicidas como el fomesafen, clomazone y S-metoclador, evaluados a diferentes profundidades de siembra en *C. pepo*, se encontró que a la profundidad de 2 cm el cultivo mostró ligeros síntomas de fitotoxicidad en hojas cotiledonales, pero los efectos no fueron los mismos en semillas establecidas a partir de los 3 cm de profundidad en adelante, donde no se manifestó ningún daño por herbicidas (Xolo, 2003). A continuación se presentan algunos resultados de investigaciones realizadas, en materia de resistencia a herbicidas, en diferentes especies de calabazas en dicho programa de mejoramiento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Estudios sobre resistencia a herbicidas en calabazas (*Cucurbita* spp.) realizados por diferentes autores en Chapingo, México.

Especie	Nombre común	Dosis (g de i.a. ha ⁻¹)	Resistencia (%)	Autor
<i>C. pepo</i>	linuron	931	1.16	Albores (1998).
	atrazina	700	0.23	
<i>C. moschata</i>	atrazina	700	2.0	Delgadillo (1998).
	linuron	1031	2.9	
<i>C. ficilolia</i>	linurón	1031	5.9	Raya (1998).
	atrazina	700	8.4	
<i>C. pepo</i>	atrazina	700	18.75	Padilla (2000 b).
	linuron	1031	1.25	
	simazina	1800	2.15	
<i>C. argyrosperma</i> Huber var. <i>stenosperma</i>	atrazina	700	1.56	Rodríguez (2000).
	linuron	1031	1.37	
	simazina	1800	0.5	
<i>C. argyrosperma</i> var. <i>argyrosperma</i>	atrazina	700	1.5	Estrada (2000).
	linuron	1031	0.25	
	simazina	1800	0.37	
<i>C. moschata</i>	atrazina	700	2.25	Padilla (2000 a).
	simazina	1800	1.62	
<i>C. ficilolia</i>	simazina	1800	2.75	Sánchez (2000).
	linuron	1031	0.75	
	atrazina	700	15	
<i>C. pepo</i>	atrazina	1800	2.07	Bautista (2004).
	linuron	1250	0.36	
	simazina	1800	1.23	
<i>C. moschata</i>	atrazina	1800	0.42	
	linuron	1250	0.10	
	simazina	1800	0.15	
<i>C. argyrosperma</i> Huber var. <i>stenosperma</i>	atrazina	1800	0.55	
	linuron	1250	0.67	
	simazina	1800	1.54	
<i>C. ficilolia</i> Bouché	atrazina	1800	3.27	
	linuron	1250	0.31	
	simazina	1800	1.65	

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal

Los materiales genéticos de calabaza evaluados fueron variedades de calabazas, pertenecientes a las especies *Cucurbita pepo* L., *C. argyrosperma* Huber var. *stenosperma*, *C. ficifolia* Bouché y *C. moschata* Duch, previamente seleccionados por Bautista (2004) como resistentes a herbicidas (atrazina, simazina y linuron), sembradas en peat moss. Los materiales fueron establecidos en dos ocasiones (experimentos 2006 y 2007), en suelo, con el fin de confirmar la resistencia a herbicidas antes mostrada en siembra sobre peat moss.

La población de *C. pepo* usada proviene de la recombinación de 30 colectas realizadas en los Estados de Michoacán, Guanajuato, Tlaxcala, la Sierra Norte de Puebla y del Valle de Chalco, Estado de México. Las otras especies, las colectas originales provienen de Morelos, Yucatán, Campeche, Oaxaca, Veracruz y Guerrero. En todos los casos (30 en *C. pepo* y 15 en las otras especies), las colectas primero se recombinaron entre si, mediante polinización libre en lotes aislados con presencia de abejas domésticas tipo europeo como polinizadores.

3.2 Localización

Los bioensayos se condujeron en uno de los invernaderos ubicado en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México. El sitio experimental se encuentra a 2,250 msnm, a los 19° 29' de latitud norte y 98° 53' longitud oeste. Presenta un clima templado sub-húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es 15.2 °C, con una precipitación anual de 636.5 mm (García, 1988).

3.3 Tratamientos y diseño experimental

Primer experimento (2006). Se evaluaron 25 tratamientos (de la variedad 1 a la 25) constituidos por variedades resistentes a una dosis comercial (1250 ó 1800 g de i.a. ha⁻¹ de atrazina, simazina y linuron) de alguna especie de calabaza (*C. ficifolia*, *C. pepo*, *C. argyrosperma* y *C. moschata*) (Cuadro 6). Las variedades estuvieron tratadas con la misma dosis y tipo de herbicida en las que fueron seleccionadas originalmente sobre peat moss, pero esta vez sobre suelo.

Cuadro 6. Germoplasma de calabazas (*Cucurbita* spp.) seleccionado en peat moss, utilizado en el primer y segundo experimento en la verificación de la resistencia a herbicidas. Chapingo, México, 2006 y 2007.

Var.	Genealogía	Origen	Características
1	<i>C. ficifolia</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2000 PL	Semilla negra. Planta de guía
2	<i>C. ficifolia</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2000 PL	Cultivado en invernadero, frutos blancos. Planta de guía
3	<i>C. ficifolia</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2000 PL	Incrementado en invernadero, semilla blanca. Planta de guía
4	<i>C. ficifolia</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X)	Incrementado en invernadero, fruto verde claro moteado, semilla negra. Planta de guía.
5	<i>C. ficifolia</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP (X)	Incrementado en invernadero, fruto redondo blanco, semilla blanca. Planta de guía.
6	<i>C. ficifolia</i> - atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X)	Fruto verde claro moteado, semilla negra. Planta de guía.
7	<i>C. ficifolia</i> - atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X)	Incrementado en invernadero, fruto redondo, verde claro moteado, semilla negra. Planta de guía
8	<i>C. ficifolia</i> - atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP (X)	Fruto redondo, verde oscuro bandeado, semilla negra. Planta de guía
9	<i>C. ficifolia</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP (X)	Incrementado en invernadero, fruto redondo, verde oscuro moteado, pulpa suave, semilla negra. Planta de guía
10	<i>C. ficifolia</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP (X)	Incrementado en invernadero, fruto redondo, color blanco, semilla negra. Planta de guía
11	<i>C. ficifolia</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP (X)	Fruto verde claro moteado, redondo, casco duro, semilla negra. Planta de guía
12	<i>C. pepo</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X) ^C	Incrementado en invernadero. Planta de guía
13	<i>C. pepo</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP ^C	Incrementado en invernadero planta de guía
14	<i>C. pepo</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2000 PL	Incrementado en invernadero, pulpa gruesa, anaranjado intenso dulce, fruto redondo costillado. Planta de guía
15	<i>C. pepo</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2000 PL	Incrementado en invernadero, fruto redondo, semiliso, verde grisáceo, mediano, de guía, precoz, pulpa anaranjada, dulce, gruesa, semilla bonita. Planta de guía
16	<i>C. pepo</i> - atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP	Incrementado en invernadero. Planta de guía
17	<i>C. pepo</i> - atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X) ^C	Incrementado en invernadero. Planta de guía
18	<i>C. pepo</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2003 PaP	Pulpa naranjada, dulce, fruto redondo, costillado, casco duro. Planta de guía

Continuación...

Var.	Genealogía	Origen	Características
19	<i>C. pepo</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2003 (X)	Incrementado en invernadero. Planta de guía
20	<i>C. argyrosperma</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X) ^C	Incrementado en invernadero. Planta de guía
21	<i>C. argyrosperma</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2000 PL	Incrementado en invernadero, fruto redondo, color blanco, con rayas amarillas. Planta de guía
22	<i>C. moschata</i> - atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X) ^C	Incrementado en invernadero. Planta de guía
23	<i>C. moschata</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X)	Incrementado en invernadero. Planta de guía
24	<i>C. moschata</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2000 PL	Fruto redondo, semiliso, color canela. Pulpa anaranjado intenso, dulce. Planta de guía
25	<i>C. moschata</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2000 PL	Incrementado en invernadero, fruto redondo, costillado, color canela, moteado, pulpa anaranjada, intenso dulce, casco duro. Planta de guía
26	<i>C. ficifolia</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP≈ (X)	Fruto globoso, verde bandeado y moteado, semilla blanca. Planta de guía
27	<i>C. argyrosperma</i> - atrazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X)	Incrementado en invernadero planta de guía
28	<i>C. argyrosperma</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 (X)	Incrementado en invernadero. Planta de guía
29	<i>C. argyrosperma</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2003 (X)	Fruto redondo, pequeño, bandeado, pulpa delgada, blanca
30	<i>C. moschata</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2003 (X)	Incrementado en invernadero, fruto alargado, pulpa gruesa, anaranjado, dulce. Planta de guía
31	<i>C. pepo</i> - simazina 1800 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2004 PaP≈ (X)	Cultivo en invernadero, arbustiva.
32	<i>C. pepo</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2003 (X)	Fruto ovalado costillado, planta precoz y arbustiva
33	<i>C. pepo</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2003 (X)	Fruto ovalado liso, planta precoz y arbustiva
34	<i>C. pepo</i> - linuron 1250 g i.a. ha ⁻¹	UACH-2003 (X)	Incrementado en invernadero. Fruto ovalado con cáscara delgada, pulpa amarilla, simple. Planta precoz y arbustiva

^C Compuesto balanceado

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar (Apéndice 1), con cuatro repeticiones. El testigo se estableció en una sola unidad experimental debido a que no se completó la cantidad de semillas necesarias, con la misma edad, para establecer las 4 repeticiones.

La unidad experimental consistió de una charola de plástico con dimensiones de 43 cm de largo x 34 cm de ancho y 10 cm de profundidad, en los que se sembraron 200 semillas. A cada una de éstas se agregó en promedio 9.9 kg de suelo como sustrato, alcanzando un espesor de 6 cm por unidad experimental. El fondo de los contenedores fue sellado para evitar pérdidas de los herbicidas

aplicados y así garantizar que las plantas permanecieran constantemente expuestas al tratamiento aplicado.

Segundo experimento (2007). En el segundo experimento se evaluaron 34 variedades de calabaza seleccionadas por Bautista (2004) como resistentes a linuron, simazina y atrazina. En este experimento se consideraron todas las variedades indicadas en el Cuadro 6. Las variedades de la 26 a la 34 no se consideraron en el experimento de 2006 porque las semillas a utilizar no fueron suficientes (200 semillas/unidad experimental, con 4 repeticiones).

Las variedades establecidas, en este segundo experimento (2007), fueron evaluadas con las dosis de ingrediente activo indicadas en el Cuadro 6. Las cantidades aplicadas de ingrediente activo, en su equivalencia por hectárea, son las dosis comerciales a las cuales fueron antes seleccionadas como resistentes sobre peat moss usado como sustrato.

Las unidades experimentales fueron las mismas que se utilizaron en el experimento establecido en el 2006, cada charola medía 43 cm de largo x 34 cm de ancho y 10 cm de profundidad. En cada unidad experimental se agregó suelo, en promedio 9.9 kg de sustrato, alcanzando un espesor de 6 cm por charola. Las charolas estaban con el fondo completamente sellado para evitar pérdidas de herbicidas y así garantizar que las plantas permanecieran constantemente expuestas al tratamiento aplicado.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar (Apéndice 2). Con cuatro repeticiones, incluyendo a los testigos (uno por especie) y en cada charola se sembraron 10 semillas.

3.4 Siembra y aplicación de tratamientos

3.4.1 Preparación del sustrato

El suelo donde se sembraron las semillas de calabaza fue obtenido de los lotes Xaltepa ubicadas en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. El lote X-10 del campo Fitotecnia para el primer experimento (2006) y el lote X-19 del campo Parasitología Agrícola para el segundo experimento (2007). El suelo, en ambos ensayos (2006 y 2007), fue extraído de la capa de suelo ubicada en los primeros 20 cm, aproximadamente.

Con la finalidad de mejorar las condiciones durante la germinación de las semillas. El sustrato, antes de utilizarlo, se cribó para eliminar pequeñas piedras, residuos de pastos y terrones.

El suelo, en ambos experimentos, 2006 y 2007, fue desinfectado con el fin de evitar daños por hongos habitantes del suelo. Para esto se aplicó VAPAM® (metam sodio) en dosis de 1.5 litros m^2 . El volumen de suelo desinfectado en los dos ensayos (2006 y 2007) fue de 1.5 m^3 , volumen mayor que el requerido. El mayor volumen fue en el experimento de 2007, donde sólo se requirió de 0.55 m^3 de sustrato para el llenado de las charolas, con capacidad de 0.014 m^3 , por unidad experimental. Se consideró un volumen de 0.55 m^3 para compensar la pérdida de sustrato ocurrida durante el llenado de las charolas.

Para obtener un buen cubrimiento en el sustrato por el desinfectante, éste se distribuyó en una superficie de un metro de ancho por 5 m de largo y con un espesor de 30 cm. En esta área (5 m^2) se aplicaron 7.5 litros de producto comercial los cuales fueron mezclados en 25 litros de agua; la mezcla se aplicó con una regadera manual. Posteriormente se cubrió el sustrato con una película plástica para evitar pérdidas por volatilización y garantizar mayor eficiencia del producto. Este suelo permaneció cubierto por 48 horas y después de los 21 días se estableció el experimento, para evitar problemas de fitotoxicidad por el VAPAM®.

3.4.2 Siembra

Primer experimento (2006). La siembra se realizó el 26 de marzo de 2006, distribuyendo uniformemente 200 semillas sobre las charolas. La distribución de las semillas por charola (con 1,462 cm² cada una) fue de la siguiente manera, se realizaron 10 hileras separadas a 3 cm entre ellas y la distancia entre semillas fue de 2 cm.

Los materiales utilizados, tanto charolas como las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5% (v/v). Las semillas se desinfectaron por inmersión en la solución de hipoclorito de sodio durante 15 minutos. En el caso de las charolas permanecieron sumergidos en la solución en un recipiente con capacidad de 200 litros durante una hora, esto fue previo a la siembra. Inmediatamente, después de la desinfectación, las charolas y las semillas fueron enjuagadas tres veces con agua limpia de pozo profundo. Finalmente, la siembra se realizó enterrando verticalmente las semillas con la punta más angosta hacia abajo en el suelo de la charola.

Segundo experimento (2007). La siembra se hizo el 17 de febrero de 2007. Se sembraron 10 semillas por unidad experimental (charola) en vez de 200, las cuales fueron desinfectadas bajo las mismas condiciones que el experimento anterior (2006).

La finalidad de sembrar 10 semillas por unidad experimental (baja densidad) fue evitar el levantamiento de la capa superior del suelo con herbicida que cubría las semillas producto de la alta densidad de población (200 semillas por unidad experimental) (Figura 4A). En estas condiciones, se atribuye que el efecto de la alta densidad provocó el levantamiento de la capa superficial del suelo y con la aplicación de los riegos el herbicida que se aplicó sobre la superficie de este sustrato se drenara por completo hacia el sistema radicular de las plántulas de

calabaza, quedando el herbicida en contacto directo con las raíces, situación que no ocurre en condiciones normales de campo.

En este segundo ensayo (2007) se plateó la necesidad de eliminar el levantamiento del suelo provocado por la alta densidad de población (200 semillas por unidad experimental) y así permitir que las plántulas al emerger solamente tuvieran contacto directo con el herbicida al cruzar la capa superior del suelo que cubrían las semillas, tal como ocurre en el campo (Figura 4B).



Figura 4. A) Levantamiento de la capa superior del suelo por efecto de la alta densidad de población (200 semillas por charola) y B) emergencia de plántulas de calabazas a baja densidad de siembra (10 semillas por charola).

La distribución de las semillas en las charolas fue bajo el sistema de “tres bolillo”. Para conseguir esto, en los extremos de la charola (largo de charola) se realizaron 3 hileras, donde las hileras de los costados se establecieron con tres semillas cada uno, quedando en medio una hilera con 4 semillas. La separación entre hileras fue de 14 cm y la distancia entre semillas fue 10 cm. La siembra de las semillas se realizó de la misma manera que el experimento anterior (2006), esto consistió en enterrar verticalmente las semillas, dejando la punta más angosta hacia abajo en el suelo de la charola.

3.4.3 Aplicación de los tratamientos químicos

Los herbicidas fueron aplicados superficialmente al suelo, al segundo día después de la siembra en ambos experimentos (2006 y 2007), con una aspersora manual de mochila con capacidad de 15 litros equipada con una punta de la serie Teejet 60 11004VS. Previo a la aplicación el equipo fue calibrado dando un gasto de 0.9 L/42 m².

Las dosis aplicadas en los 42 m² fueron las siguientes, 8.4 g de Gesaprim® Calibre 90 GDA (atrazina 1,800 g i.a. ha⁻¹), 15.1 ml de Simanex® 50 CS (simazina 1,800 g i.a. ha⁻¹) y 10.5 g de Lorox® 50 DF (linuron 1,250 g i.a. ha⁻¹).

3.5 Variables respuesta evaluadas

El tamaño de muestra en el experimento de 2006 fueron 10 plantas y 5 para el experimento de 2007. Las variables germinación y morfológicas fueron determinadas a los 20 días después de la siembra (dds) en el primer ensayo y a los 20, 30 y 50 dds en el segundo experimento. El daño por los herbicidas en los experimentos de 2006 y 2007 se determinó a los 20, 30 y 50 dds. Con los valores del daño registrados en cada una de las fechas se elaboraron gráficas para determinar el comportamiento del daño por los herbicidas; en promedio, por grupo de herbicidas y diferenciando el tipo de polinización de las variedades evaluadas (polinización libre y autopolinización). Las variables evaluadas en los dos experimentos fueron las siguientes:

- a) **Porcentaje de germinación.** Se contó las plántulas emergidas en cada unidad experimental. El total se dividió entre el número de semillas sembradas y este resultado fue multiplicado por 100.
- b) **Altura de planta (cm).** Las plantas se midieron con una regla de 30 cm desde su base hasta el punto final de crecimiento y se estimó la media aritmética.

- c) **Número de hojas maduras.** Se consideraron como hojas maduras aquellas totalmente abiertas y se estimó la media.
- d) **Número de hojas inmaduras.** Se contaron como hojas inmaduras aquellas que estaban parcial o totalmente cerradas (hojas que no habían extendido su lámina foliar). Este dato se dividió entre el número de plantas muestreadas.
- e) **Grosor de hipocotilo (mm).** Se determinó el grosor de la parte media del hipocotilo de las plantas con un vernier. Finalmente se obtuvo un promedio con estos valores.
- f) **Porcentaje de daño.** Para la determinación de esta variable se hizo uso de la escala porcentual de Burril *et al.* (1977) (Cuadro 7). Estos valores se utilizaron para graficar el daño en cada fecha evaluada.
- g) **Porcentaje de plantas resistentes.** En ambos experimentos (2006 y 2007), esta variable se determinó contando las plantas resistentes (a los 60 dds), se multiplicó por 100 y se dividió entre el número de plantas germinadas.

Cuadro 7. Escala cualitativa para valorar grado de control y daño al cultivo.

Por ciento	Valores									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90

Fuente: Burril *et al.* (1977).

3.6 Manejo del cultivo

3.6.1 Transplante

Primer experimento (2006). Las plantas que resultaron con supuesta resistencia a los herbicidas aplicados, se transplantaron a los 62 días después de la siembra. Estas plantas fueron establecidas dentro del invernadero en bolsas de polietileno negro calibre 700 tratadas con rayos ultravioleta (Figura 5 A).

Las dimensiones de las bolsas que se utilizaron para el trasplante de las plantas con resistencia a herbicidas fueron 43 cm de ancho x 22 cm de alto. A cada bolsa se le agregó 15,205.3 cm³ (aproximadamente 20 kg por bolsa) del sustrato formado con la mezcla de 2/3 de tezontle fino (0.5 cm de diámetro) con 1/3 de peat moss. En el fondo de las bolsas se realizaron 10 perforaciones de 0.5 cm de diámetro, esto fue necesario para drenar el exceso de agua o solución nutritiva del sustrato.

Con la finalidad de proteger las plantas del ataque de hongos habitantes del suelo, tres días antes del transplante se aplicó con regadera Previcur[®] N (propamocarb clorhidrato) en dosis de 1.5 mL por litro de agua. Para un área de 16 m² donde estaban establecidas las plantas de interés, se necesitaron 48 litros de la mezcla agua-fungicida, previamente preparada. El sustrato en las bolsas se desinfestó con Captan[®] 50 (captan) en dosis de 300 g en 100 m², previo al trasplante. A cada una de las bolsas se le aplicó, con regadera manual, 200 ml de la mezcla en dosis de 2 gramos por litro de agua.

Segundo experimento (2007). El transplante se realizó directamente en la cama de crecimiento, a los 63 días después de la siembra (Figura 5B). Con la finalidad de proteger las plántulas, antes del transplante se aplicó Previcur[®] en las unidades experimentales con plantas que mostraron resistencia a los herbicidas. La dosis del fungicida fue de 1.5 ml por litro de agua y se aplicó 4 litros de la mezcla por metro cuadrado.

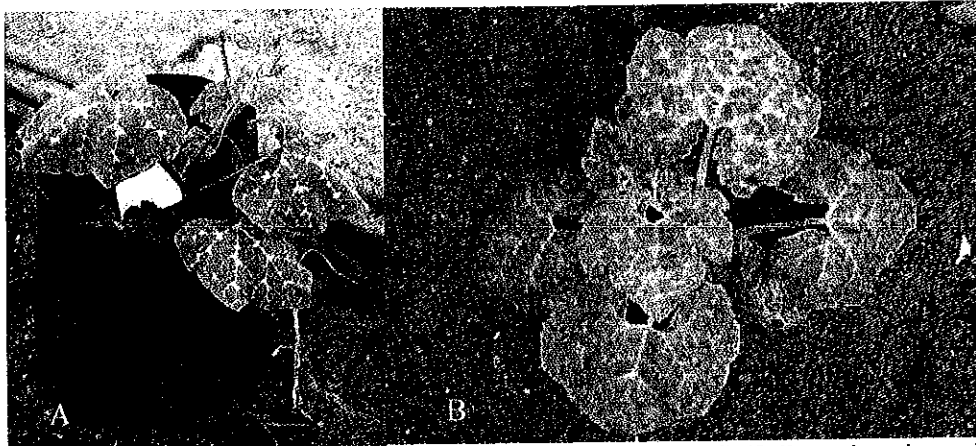


Figura 5. A) Planta de *C. moschata* y B) planta de *C. ficifolia* seleccionadas por resistencia a simazina 1800 g de i.a. ha⁻¹.

También fue necesario desinfestar la cama de crecimiento, donde se establecieron definitivamente estas plantas. Ésto se realizó con Captan® 50 (captan) en dosis de 300 g por cada 100 m². El área a tratar, en la cama de crecimiento, fue de 4 m². Para esto se preparó una mezcla de 12 g de producto comercial, en 7.0 L de agua.

3.6.2 Riegos

Los riegos se proporcionaron todos los días, hasta antes del transplante. El agua provenía de pozo profundo, todo lo anterior con la finalidad de evitar cuarteadoras en el sustrato por la falta de agua.

El transplante marcó el límite de usar solamente agua de pozo en los riegos. Por tanto, después de que las plantas se establecieron en las camas de crecimiento a base de solo tezontle (arena de piedra volcánica) fue necesario utilizar la solución nutritiva universal de Steiner (Cuadro 8). En las primeras dos semanas después del transplante, la concentración de la solución aplicada fue al 50%, durante el porte pequeño de las plantas. Posteriormente, se aplicó al 100%.

Cuadro 8. Cantidad de fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva en el cultivo de calabaza (*Cucurbita* spp.).

Nutrimiento	Fuente comercial	Cantidad de fertilizantes para 1000 L de solución
Nitrógeno	Nitrato de calcio estándar	0.0 ¹
	Sulfato de amonio estándar	0.0 ¹
	Multi NPK 13-2-44	0.0 ¹
Fósforo	Multi NPK 13-2-44	0.0 ¹
	Ácido Fosfórico Agrícola 85%	111.0 ml
Potasio	Multi NPK 13-2-44	750.0 g
Calcio	Nitrato de calcio estándar	1,140.0 g
Magnesio	SULMAG (Sulfato de magnesio heptahidratado)	375.0 g
Azufre	Sulfato de amonio estándar	666.7 g
Hierro	Citraplex® Fe 20%	30.0 g
Manganeso	Tecmangan® (Sulfato de manganeso)	4.1 g
Cobre	Sulcobre® (Sulfato de cobre pentahidratado)	2.0 g
Boro	Ultrasol Micro Mix	60.0 g
Zinc	Librel® Zn	0.7 g

¹ Estas cantidades de fertilizantes fueron estimadas cuando se realizaron los cálculos para otro nutrimento donde se requiere de la misma fuente comercial.

Los riegos se aplicaron con cintas de goteo de polietileno flexible con goteros cada 20 cm, aplicando diariamente la cantidad necesaria para mantener el sustrato a su capacidad de retención. Para esto fue necesario aplicar los riegos en una frecuencia de 2 por día, con duración de 15 minutos cada uno. Esta distribución fue realizada en las primeras etapas de crecimiento de las plantas de calabaza, posteriormente cuando las plantas mostraron un crecimiento excesivo de guías y estaban próximas a la etapa reproductiva, aproximadamente a los 30 días después del transplante la frecuencia se aumentó a 3 riegos por día. Los riegos se realizaron bajo el siguiente esquema, seis días de la semana con solución nutritiva y un séptimo con agua de pozo, esto para lavar la acumulación de sales en la zona de goteo.

Existen otros elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas de importancia agrícola, entre estos están el molibdeno y el cloro. Estos no fueron aplicados en la solución debido a la baja concentración en que éstos se requieren y estas cantidades se encuentran disponibles como impurezas en los fertilizantes usados como fuentes de nutrientes en la solución nutritiva.

3.7 Polinización

Las plantas seleccionadas por su resistencia a herbicidas en el primer y segundo experimento (2006 y 2007) fueron transplantadas bajo condiciones de invernadero y conducidas verticalmente mediante espalderas metálicas. Esto facilitó realizar la polinización de manera controlada cuando alcanzaron la etapa reproductiva (experimento 2006, principalmente). Las plantas en este periodo se autopolinizaron con la finalidad de fijar los genes que confieren la resistencia a estos herbicidas y así evitar la segregación posterior de estos materiales.

Un día antes de la polinización se hacía una inspección en todas las plantas para cubrir aquellas flores tanto masculinas como femeninas ubicadas en la misma planta que estuviesen listas para abrir al día siguiente (Figura 6). Éstas se cubrían con bolsas de papel glacyne. A tempranas horas, al día siguiente, antes de las 11:00 am, se realizaron las respectivas autopolinizaciones, para esto a cada flor femenina se les retiró cuidadosamente la corola.



Figura 6. A) Flor masculina de calabaza, B) flor femenina de calabaza (*Cucurbita* spp.), seleccionadas para cubrirlas con bolsa un día antes de su autopolinización manual.

Las flores masculinas de la misma planta cubiertas el día anterior fueron desprendidas de la planta y se le retiró la corola para dejar completamente expuesta la columna estaminal con los estambres con polen. Posteriormente se frotó los estambres con polen de la flor masculina con el pistilo de la flor femenina preparada y finalmente la flor femenina polinizada se cubrió nuevamente con la bolsa glacyne sujetándola con un clip y fue etiquetada con la fecha y tipo de polinización recibida.

En las autopolinizaciones manuales efectuadas, en ocasiones no se logró el amarre del fruto, éstos al tercer día aproximadamente mostraron un color amarillento y con el paso del tiempo se desprendieron de los pedúnculos, otros se quedaron adheridos en la planta pero también se necrosaron. En los frutos que amarraron fue común encontrar malformaciones con el paso del tiempo, producto de una polinización desuniforme.

3.8 Control de plagas y enfermedades

En ambos experimentos (2006 y 2007), las plantas de calabaza fueron infestadas por la mosquita blanca (*Bemisia* spp), para su control se aplicaron desde las primeras apariciones Confidor® 350 SC (imidacloprid) en dosis de 1 litro por hectárea, Plenum® 50 GS (pymetrozine) en dosis de 600 gramos por hectárea y Afidox® 40 CE (dimetoato) en dosis de 1 litro por hectárea. Las aspersiones se realizaron cada 8 días y fueron 6 aplicaciones en total.

La enfermedad que se presentó en las plantas de calabaza fue cenicilla (*Golovinomyces cichoracearum*), con fines de control se asperjó Bayleton® 25% PH (triadimefon) en dosis de 0.5 litros por hectárea, Sico® 250 CE (difenoconazol) en dosis de 0.5 litros por hectárea, Amistar® (azoxistrobin) en dosis de 300 gramos por hectárea y Rally® 40 W (myclobutanil) en dosis de 228 gramos por hectárea. Las aplicaciones en el experimento uno (2006) se realizaban cada 8 días y fueron 7 aplicaciones durante toda la fase del cultivo.

3.9 Cosecha de frutos

La cosecha de frutos se realizó el 6 de diciembre de 2006 (experimento uno) y el 2 de diciembre de 2007 (experimento dos). A esta fecha, los frutos estaban completamente maduros. Como signo de madurez fisiológica del fruto, los pedúnculos cambiaron del color verde al amarillo pajizo. La cosecha se realizó cuando los pedúnculos se mostraron completamente secos; esto garantizó que las semillas estuviesen maduras al extraerlas inmediatamente después de la cosecha (Figura 7).

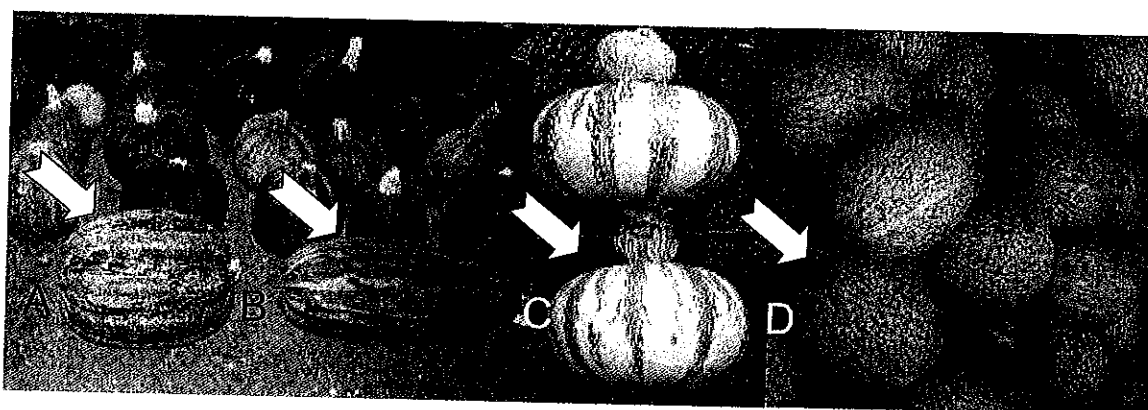


Figura 7. Frutos de calabaza cosechados de plantas resistentes a herbicidas, A) *C. pepo* (simazina 1800 g i.a. ha⁻¹); B) *C. moschata* (atrazina 1800 g i.a. ha⁻¹); C) *C. argyrosperma* (simazina 1800 g i.a. ha⁻¹) y D) *C. ficifolia* (atrazina 1800 g i.a. ha⁻¹).

De los frutos cosechados de todas las variedades de calabaza estudiadas se registraron datos con la finalidad de caracterizarlos para trabajos posteriores. Los datos registrados fueron peso de fruto, color externo predominante del fruto maduro, color externo secundario del fruto maduro, altura y ancho de fruto, forma de fruto, textura de fruto, dureza de cáscara, grosor de pulpa, color de pulpa, sabor de pulpa, facilidad de la separación de la semilla, diámetro de la cavidad del fruto y peso seco de la semilla/fruto.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Primer experimento (2006)

4.1.1 Germinación y respuesta en plántula

El análisis de varianza realizado para las variables germinación, grosor de hipocotilo, altura de planta, hojas maduras e inmaduras a los 20 días después de la siembra (dds), en plántulas de calabaza, indicó que hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza para germinación y variables morfológicas en calabazas tratadas con linuron, simazina y atrazina, a los 20 dds. Chapingo, México, 2006.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		Germinación (%)	Grosor de hipocotilo (mm) 20 DDS	Altura de planta (cm) 20 DDS	Número de hojas maduras 20 DDS	Número de hojas inmaduras 20 DDS
Bloques	3	4000.941	0.221	6.537	0.021	0.106
Tratamiento:						
Variedad-Herbicida	24	1433.166**	0.493**	13.335**	0.725**	0.031*
Error	69	159.781	0.074	1.017	0.056	0.046
Coeficiente de variación (%)		18.742	7.864	20.498	88.11	0.450
Media general		67.4 %	3.4 mm	4.9 cm	0.2	1.1

*Significativo $\alpha = 0.05$, ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$, DDS: Días después de la siembra.

La comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$) para las variables grosor de hipocotilo, altura de planta, número de hojas inmaduras y maduras, en estado de plántula, muestra que los tratamientos 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹), 15 (*C. pepo*, simazina 1,800 de i.a. ha⁻¹) y 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) siempre evidenciaron los valores medios superiores a los 20 dds con respecto a los tratamientos evaluados. Esto indicó que fueron los mejores porque respondieron y resistieron en estado de plántula a los herbicidas aplicados (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación múltiple de valores medios para las variables germinación y caracteres morfológicos en calabazas, a los 20 dds. Chapingo, México, 2006.

VAR	GENEALOGIA	Germinación (%)	Grosor de hipocotilo (mm) 20 DDS	Altura de planta (cm) 20 DDS	Número de hojas maduras 20 DDS	Número de hojas inmaduras 20 DDS
1	<i>C. ficifolia</i> -simazina	41.12 FGH	3.32 BCDEFG	2.29 F	0.00 D	1.21 ABC
2	<i>C. ficifolia</i> -simazina	63.12 BCDEFG	3.17 EFG	4.63 CDEF	0.27 CD	1.22 ABC
3	<i>C. ficifolia</i> -simazina	41.75 FGH	3.20 EFG	2.64 F	0.10 CD	1.15 ABC
4	<i>C. ficifolia</i> -simazina	78.12 ABCDE	2.93 G	3.24 EF	0.02 CD	0.97 ABC
5	<i>C. ficifolia</i> -linuron	86.83 ABC	3.52 ABCDEFG	6.83 BC	0.63 BCD	1.03 ABC
6	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	83.75 ABCD	3.25 DEFG	3.81 DEF	0.05 CD	1.05 ABC
7	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	77.87 ABCDE	3.17 EFG	3.92 DEF	0.00 D	1.12 ABC
8	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	73.75 ABCDEF	3.03 FG	3.98 DEF	0.07 CD	1.02 ABC
9	<i>C. ficifolia</i> -simazina	72.50 ABCDEF	2.97 G	3.82 DEF	0.12 CD	1.05 ABC
10	<i>C. ficifolia</i> -simazina	66.37 ABCDEFG	3.19 EFG	4.11 CDEF	0.12 CD	1.12 ABC
11	<i>C. ficifolia</i> -simazina	71.37 ABCDEF	3.16 EFG	3.57 DEF	0.00 D	1.02 ABC
--	<i>C. ficifolia</i> -TESTIGO	62.50	4.21	7.82	1.40	1.05
12	<i>C. pepo</i> -simazina	51.25 DEFGH	3.97 ABCD	6.03 BCD	0.05 CD	1.50 AB
13	<i>C. pepo</i> -simazina	58.00 CDEFGH	3.56 ABCDEFG	5.58 BCDE	0.05 CD	1.10 ABC
14	<i>C. pepo</i> -simazina	75.37 ABCDEF	3.63 ABCDEFG	7.78 AB	0.60 BCD	1.35 ABC
15	<i>C. pepo</i> -simazina	76.75 ABCDE	4.05 AB	8.35 AB	1.13 AB	1.13 ABC
16	<i>C. pepo</i> -atrazina	35.37 GH	3.62 ABCDEFG	3.73 DEF	0.00 D	0.85 C
17	<i>C. pepo</i> -atrazina	51.87 DEFGH	3.81 ABCDE	4.88 CDEF	0.00 D	1.00 ABC
18	<i>C. pepo</i> -linuron	66.12 ABCDEFG	3.78 ABCDEF	9.62 A	1.15 AB	0.92 BC
19	<i>C. pepo</i> -linuron	47.50 EFGH	4.12 A	8.00 AB	1.62 A	1.05 ABC
--	<i>C. pepo</i> -TESTIGO	24.00	4.15	11.35	2.00	1.20
20	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	59.37 CDEFGH	4.00 ABC	4.09 CDEF	0.20 CD	1.52 A
21	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	28.00 H	3.87 ABCDE	3.54 DEF	0.67 BC	1.00 ABC
--	TESTIGO <i>C. argyrosperma</i>	7.5000	4.80	5.81	1.90	1.10
22	<i>C. moschata</i> -atrazina	99.12 A	3.56 ABCDEFG	4.65 CDEF	0.00 D	1.02 ABC
23	<i>C. moschata</i> -simazina	96.87 AB	3.28 CDEFG	4.36 CDEF	0.05 CD	1.02 ABC
24	<i>C. moschata</i> -simazina	97.00 AB	3.22 DEFG	5.96 BCDE	0.12 CD	1.02 ABC
25	<i>C. moschata</i> -simazina	81.87 ABCDE	3.62 ABCDEFG	4.51 CDEF	0.10 CD	1.30 ABC
--	<i>C. moschata</i> -TESTIGO	68.50	3.95	7.83	1.00	1.00
DMS		34.49	0.75	2.77	0.65	0.59

DMS: Diferencia mínima significativa. dds: días después de la siembra. Atrazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹; linuron: 1,250 g de i.a. ha⁻¹ y simazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹. Valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

De acuerdo a las medias, el tratamiento 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) presentó estadísticamente mayor germinación (99.12%) seguido de los tratamientos 23 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ con 96.87%) y 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 97.00%) con respecto a los tratamientos evaluados. Por el contrario, los tratamientos 16 (*C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 35.37%), 21 (*C. argyrosperma*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 28.00%), 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 41.12%) y 3 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 41.75%) fueron los que registraron los valores más bajos para la variable

germinación (Cuadro 10). La variación en respuesta en germinación entre las variedades se atribuye a la edad de la semilla (Cuadro 6).

Los tratamientos 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 4.12 mm), 15 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 4.05 mm) y 20 (*C. argyrosperma*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 4.00 mm) mostraron el mayor grosor de hipocotilo y por lo tanto, mayor vigor de plántula de todas las variedades evaluadas. Por el contrario, los tratamientos 6 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 3.25 mm), 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 3.22 mm), al igual que los tratamientos 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.93 mm) y 9 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.97 mm) presentaron los valores medios más bajos en esta variable (Cuadro 10).

Los tratamientos 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 3.62 cm), 15 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 8.35 cm), 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 8.00 cm) y 14 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 7.78 cm) presentaron los mayores valores en altura de planta; mientras que en los tratamientos 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.29 cm), 3 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.64 cm) y 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 3.24 cm), las plántulas mostraron un crecimiento reducido con respecto a las variedades sometidas a un herbicida (Cuadro 10).

La comparación de medias indicó que los tratamientos 15 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 1.13 hojas), 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 1.15 hojas) y 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 1.62 hojas) presentaron mayor cantidad de hojas maduras con respecto a los tratamientos 5 (*C. ficifolia*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 0.63 hojas), 14 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 0.60 hojas) y 21 (*C. argyrosperma*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 0.67 hojas) quienes registraron pocas hojas maduras, incluso el siguiente grupo de tratamientos, 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 7 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 11 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 22 (*C. moschata*, atrazina

1,800 g de i.a. ha⁻¹), 16 (*C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 17 (*C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) registraron 0.00 hojas maduras (Cuadro 10).

En hojas inmaduras sobresalieron los tratamientos 12 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 1.50 hojas) y 20 (*C. argyrosperma*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 1.52 hojas) en comparación del resto de tratamientos que estuvieron sometidos a los herbicidas aplicados en cada unidad experimental (Cuadro 10).

El análisis estadístico de las variables grosor de hipocotilo, altura de planta y hojas maduras, realizado a los 20 dds, indicó que los tratamientos 15 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) y 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) fueron los mejores con mayor grosor de tallo, mayor altura en planta y mayor número de hojas maduras de todas las variedades evaluadas (Cuadro 10).

4.1.2 Daño por herbicidas y porcentaje de plantas resistentes

El análisis de varianza para la variable porcentaje de daño registrada a los 20, 30 y 50 dds, mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, excepto para la última evaluación (50 dds), donde no hubo diferencias (Cuadro 11).

Cuadro 11. Cuadrados medios del análisis de varianza para los porcentajes de daño y resistencia en calabazas tratadas con linuron, simazina y atrazina. Chapingo, México, 2006.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Daños por herbicidas			Plantas resistentes
		20 DDS (%)	30 DDS (%)	50 DDS (%)	
Bloques	3	4455.16	276.85	81.77	12.67
Tratamiento:	24	1858.44**	929.97**	181.78	26.81
Variedad-Herbicida					
Error	69	397.05	171.63	67.14	12.41
Coefficiente de variación (%)		32.69	15.39	8.51	189.05
Media general		60.94 %	85.09%	96.25%	1.86%

* Significativo $\alpha = 0.05$, ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$, DDS: Días después de la siembra.

La comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$) para el porcentaje de daño evaluado a los 20 dds, indicó que los tratamientos 16 (*C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 99.0%), 17 (*C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 84.5%), 12 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 87.5%) y 13 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 86.0%) presentaron los valores medios más altos en daño con respecto al resto de tratamientos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación múltiple de valores medios para los variables daño y resistencia a herbicidas en calabazas. Chapingo, México, 2006.

VAR	GENEALOGIA	Daño (%) 20 DDS	Daño (%) 30 DDS	Daño (%) 50 DDS	Plantas resistentes (%)
1	<i>C. ficifolia</i> -simazina	65.50 ABCDE	97.50 AB	100.00 A	0.00 B
2	<i>C. ficifolia</i> -simazina	52.50 ABCDE	95.25 AB	100.00 A	0.00 B
3	<i>C. ficifolia</i> -simazina	46.50 ABCDE	88.75 ABC	96.25 A	1.84 AB
4	<i>C. ficifolia</i> -simazina	60.00 ABCDE	90.00 ABC	98.75 A	1.11 AB
5	<i>C. ficifolia</i> -linuron	25.00 CDE	40.00 E	88.33 AB	10.26 A
6	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	61.25 ABCDE	83.00 ABCD	83.00 AB	5.12 AB
7	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	47.50 ABCDE	80.00 ABCD	92.25 AB	2.73 AB
8	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	57.50 ABCDE	62.50 BCDE	70.75 B	7.84 AB
9	<i>C. ficifolia</i> -simazina	78.75 ABC	93.25 ABC	100.00 A	0.00 B
10	<i>C. ficifolia</i> -simazina	61.25 ABCDE	84.25 ABCD	98.75 A	0.35 B
11	<i>C. ficifolia</i> -simazina	78.75 ABC	95.50 AB	99.75 A	0.16 B
—	<i>C. ficifolia</i> -TESTIGO	00.00	00.00	00.00	100.00
12	<i>C. pepo</i> -simazina	87.50 AB	98.75 A	100.00 A	0.00 B
13	<i>C. pepo</i> -simazina	86.00 AB	99.25 A	100.00 A	0.00 B
14	<i>C. pepo</i> -simazina	36.25 BCDE	73.75 ABCDE	97.25 A	3.17 AB
15	<i>C. pepo</i> -simazina	46.25 ABCDE	78.75 ABCD	94.00 A	3.40 AB
16	<i>C. pepo</i> -atrazina	99.00 A	100.00 A	100.00 A	0.00 B
17	<i>C. pepo</i> -atrazina	98.75 A	100.00 A	99.75 A	0.16 B
18	<i>C. pepo</i> -linuron	22.50 DE	58.75 CDE	98.25 A	2.47 AB
19	<i>C. pepo</i> -linuron	18.33 E	52.50 DE	92.25 AB	4.21 AB
—	<i>C. pepo</i> -TESTIGO	00.00	00.00	00.00	100.0
20	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	70.00 ABCDE	96.25 AB	100.00 A	0.00 B
21	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	53.33 ABCDE	93.00 ABC	99.33 A	5.15 AB
—	<i>C. argyrosperma</i> -TESTIGO	00.00	00.00	00.00	100.0
22	<i>C. moschata</i> -atrazina	72.50 ABCDE	92.00 ABC	98.50 A	0.75 AB
23	<i>C. moschata</i> -simazina	75.00 ABCD	93.25 ABC	100.00 A	0.00 B
24	<i>C. moschata</i> -simazina	38.75 BCDE	80.50 ABCD	98.75 A	0.39 B
25	<i>C. moschata</i> -simazina	67.75 ABCDE	92.50 ABC	99.25 A	0.34 B
—	<i>C. moschata</i> -TESTIGO	00.00	00.00	00.00	100.0
DMS		54.75	36.74	22.36	9.613

DMS: Diferencia mínima significativa. DDS: Días después de la siembra. Atrazina: 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; linuron: 1,250 g de i.a. ha^{-1} y simazina: 1,800 g de i.a. ha^{-1} . Valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

Por el contrario, los tratamientos con menor daño por herbicidas fueron el 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha^{-1} ; 18.33%), 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha^{-1} ; 22.50%) y 5 (*C. ficifolia*, linuron 1,250 g de i.a. ha^{-1} ; 25.00%) (Cuadro 12). Nótese

que el herbicida linuron está presente en todos los casos con menor daño, lo cual sugiere que el linuron fue menos agresivo para calabaza (Figuras 9 y 12).

El porcentaje de daño fue mayor a los 50 dds que a los 30 y 20 dds (Cuadro 12). A los 30 dds, los tratamientos 5 (*C. ficifolia*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 40.00%), 8 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 62.50%), 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 58.75%) y 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 52.50%) mostraron los daños más bajos y fue el tratamiento 16 (*C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) quien presentó el 100% de daño.

En una tercera fecha de registro, a los 50 dds, el daño fue más acentuado, ya que únicamente las variedades 5 (*C. ficifolia*-atrazina; 83.00%) y 6 (*C. ficifolia*-linuron 88.33%) mostraron el menor daño que el resto de los tratamientos evaluados (Cuadro 12). A esta fecha, estos tratamientos mostraron el mayor porcentaje de plantas con resistencia a los herbicidas evaluados. Esta respuesta posiblemente se debe a la solubilidad del herbicida, ya que linuron presenta una solubilidad alta, 75 mg L de agua a 25°C, con respecto a simazina y atrazina, 6.2 mg L a 22 °C y 33 mg L a 22 °C, respectivamente (Vencill, 2002).

Con respecto a resistencia en plantas de calabaza, el análisis de comparación de medias demostró que los tratamientos 5 (*C. ficifolia*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 10.26%), 8 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 7.84%) y 21 (*C. argyrosperma*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 5.15%) presentaron los mayores porcentajes de plantas resistentes a los herbicidas, comparados con los tratamientos 10 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 0.35%) y 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 0.39%), los cuales mostraron los valores porcentuales más bajos e incluso existieron tratamientos que no resistieron a la acción de los herbicidas, entre estos se encuentran los tratamientos 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 2 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 12 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 13 (*C. pepo*,

simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 20 (*C. argyrosperma*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), entre otros (Cuadro 12).

La comparación de medias para el porcentaje de daño determinado a los 20, 30 y 50 dds demostró que los tratamientos 5 (*C. ficifolia*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹), 8 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) y 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) se mantuvieron con menor daño en el transcurso de las evaluaciones realizadas (Cuadro 12). Además, en aspectos de resistencia a herbicidas, estas presentaron mayor cantidad (frecuencia) de plantas resistentes (Cuadro 12).

La comparación de medias para el porcentaje de daño a los 20 dds indicó que los tratamientos 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) y 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) manifestaron menor porcentaje de daño por herbicidas. Estos dos tratamientos también se caracterizaron por presentar mayor grosor de hipocotilo, altura de planta y hojas maduras con respecto a todas las variedades evaluadas (Cuadro 10).

4.1.3 Dinámica de daño y frecuencia de plantas resistentes a herbicidas

4.1.3.1 Dinámica del porcentaje de daño

El análisis del comportamiento de daño por los herbicidas (simazina, linuron y atrazina), sin considerar el tipo de polinización, *C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ presentó el mayor porcentaje de daño a los 20 dds (96.75%), seguido de simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (64%) y linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ (20.41%) con respecto al resto de tratamientos evaluados. Estos dos últimos herbicidas (simazina y linuron) mostraron un incremento paulatino en daño con el paso del tiempo (Figura 9).

A los 50 dds, el daño en *C. pepo* permaneció cercano al 100% (simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹, 97.75% y atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹, 99.37% de daño) y fue el

herbicida linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ quien presentó el daño más bajo, 95% (Figura 9). Estos resultados, se atribuyen a la solubilidad del linuron, ya que este herbicida presenta mayor solubilidad en agua que simazina y atrazina. También se sabe que entre mayor es la solubilidad de un herbicida, menor es el daño que ocasiona en las plantas (Vencill, 2002).

El análisis del comportamiento de daño, con base en el tipo de polinización, en *C. pepo*, autopolinización (x) y polinización libre (PL), los tratamientos con simazina mostraron un comportamiento distinto en daño; es decir, las variedades de *C. pepo* procedentes de autopolinización presentaron los daños más severos que las de polinización libre (Figura 9).

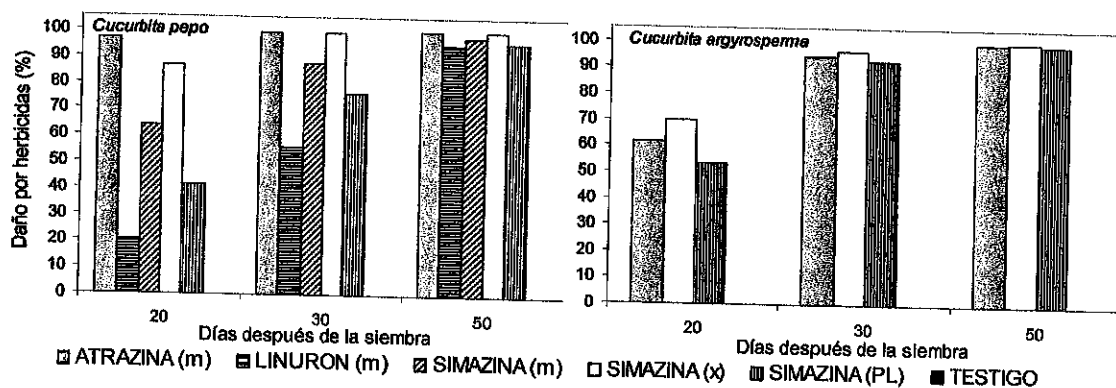


Figura 9. Dinámica de daño por herbicidas aplicados en preemergencia, por tipo de polinización, en la progenie de calabazas (*C. pepo* y *C. argyrosperma*) seleccionadas por resistencia.

La dinámica del daño por herbicidas en las variedades de *C. pepo* señaladas en las Figuras 9, muestran que atrazina y simazina presentaron el daño más severo, a los 20 dds. En esta fecha, el daño por linuron fue menor que atrazina y simazina.

A los 50 dds, el daño por los tres herbicidas en *C. pepo* (atrazina, linuron y simazina) se mantuvo cerca al 100%, quedando únicamente las plantas resistentes a estos herbicidas (Cuadro 12). Bautista (2004) encontró resultados

similares en la dinámica de daño en los tres herbicidas en estos mismos materiales en la selección previa de plantas resistentes.

En *C. argyrosperma* únicamente se evaluó simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ porque no se completó la cantidad de semillas requerida (200 semillas por charola, con cuatro repeticiones y con resistencia a linuron y atrazina) para establecer las unidades experimentales en el experimento de 2006. En promedio al tipo de polinización en las variedades seleccionadas por resistencia, el comportamiento del daño por simazina fue incrementando conforme transcurrieron los días en comparación al testigo, finalmente a los 50 dds se registró un 99.5% de daño (Figura 9).

La Figura 9 muestra un análisis comparativo del comportamiento en daño por simazina en *C. argyrosperma*, diferenciando el tipo de polinización. En esta gráfica se observa que el tratamiento con simazina procedente de autopolinización fue el que mostró mayor daño por herbicida que la de polinización libre. Conforme pasaron los días, el daño por simazina en las plantas aumentó, de tal manera que a los 50 dds, el daño por simazina en plantas de autopolinización fue del 100% y en las plantas de polinización libre se registró 99.33% de daño.

En *C. argyrosperma*-simazina de polinización libre, Bautista (2004) encontró que el daño más severo fue a los 40 dds, quedando únicamente las plantas resistentes a simazina y los tratamientos testigo.

En *C. moschata*, el comportamiento del daño por herbicidas simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ y atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (Figura 10), en promedio de las variedades evaluadas, fueron similares entre sí. Este análisis gráfico señala que el daño avanzó paralelamente con el paso del tiempo, encontrándose finalmente un 99% de daño, aproximadamente, con simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ y atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹, a los 50 dds. El progreso del daño, para el caso específico de simazina en la Figura 10 presenta la misma tendencia que en las gráficas de la Figura 9. En *C. pepo*. *C.*

argyrosperma y *C. moschata* se observa que a los 30 dds el daño por simazina en promedio fueron de 90%, aproximadamente.

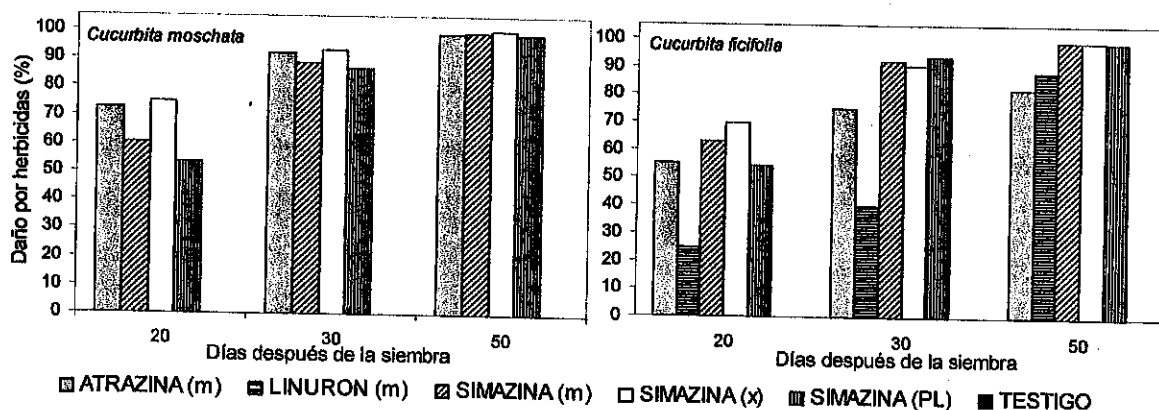


Figura 10. Dinámica de daño por herbicidas aplicados en preemergencia, por tipo de polinización, en la progenie de calabazas (*C. moschata* y *C. ficifolia*) seleccionadas por resistencia.

Estos resultados coinciden con los citados por Bautista (2004), pese a que él usó las mismas dosis pero en peat moss. En su estudio encontró que el daño por herbicidas se incrementaron a partir de los 45 dds (atrazina con 86% de daño y simazina fue 94%, aproximadamente). En suelo y en *C. moschata* a los 30 dds registró 89% de daño. Por tanto, el daño por simazina en *C. moschata* fue similar tanto en la investigación realizada por Bautista (2004) como en este experimento (2006).

El análisis comparativo del daño por herbicidas y por el tipo de polinización, en *C. moschata* se encontró que simazina aplicado en preemergencia en semillas de las variedades procedentes de autopolinización causó mayor daño en las plantas, a los 20 dds, que aquellas obtenidas de polinización libre (Figura 10).

La dinámica de daño por herbicidas, sin considerar tipo de polinización, señalaron que en *C. ficifolia*, el daño nunca dejó de aumentar a través del tiempo, entre los 20 y 50 dds, de tal manera que a los 50 dds el daño por

herbicidas alcanzó casi el 100%. Esto puede indicar que a nivel de especie, *C. ficifolia* tolera más el efecto de los herbicidas, en plántula (Figura 10).

Las plantas de *C. ficifolia* siempre manifestaron menor daño por linuron en los primeros 30 dds pero al final (50 dds) igualó su daño con atrazina y simazina. En atrazina el daño se estabilizó en un rango medio entre simazina y linuron en los primeros 30 días aproximadamente; posteriormente, a los 50 dds atrazina (82% de daño) es superado por linuron con 88% de daño (Figura 10).

Con respecto a daño por herbicidas en *C. ficifolia* se encontró que las variedades evaluadas con simazina, tanto de polinización libre como autopolinización, presentaron la misma dinámica de daño a partir de los 30 a los 50 dds, esta fue cercana al 100%.

En resumen, *C. ficifolia* con atrazina presentó menor daño a los 50 dds (Figura 10) y en *C. pepo* en esta misma fecha de registro fueron las variedades evaluadas con linuron y simazina con menor daño por estos herbicidas (Figura 9).

En *C. ficifolia* tratada con simazina presentó mayor daño que atrazina y linuron, caso contrario sucedió en *C. moschata* y *C. pepo* donde atrazina fue el herbicida que mayor daño generó en plantas de calabaza (Figura 10).

La dinámica de daño mostrada en cada una de las gráficas (Figuras 9 y 10) fueron determinadas en valores porcentuales con la escala de Burril *et al.* (1977) (Cuadro 7) y las evaluaciones se realizaron a nivel población, es decir por unidad experimental. Esto implica que las estimaciones porcentuales de daño en plantas por linuron, atrazina y simazina sean altos.

4.1.3.2. Frecuencia de plantas resistentes a herbicidas

Las variedades de polinización libre presentaron mayor frecuencia de plantas resistentes a simazina en las especies de *C. pepo*, *C. moschata* y *C. argyrosperma*. Excepto en las variedades de *C. ficifolia* de autopolinización tratadas con simazina donde se obtuvo 9.59% de plantas resistentes a linuron y 5.25% de plantas resistentes a atrazina (Cuadro 13).

Sin embargo, en la verificación de la resistencia a linuron, simazina y atrazina en *C. pepo*, *C. moschata*, *C. ficifolia* y *C. argyrosperma*, bajo condiciones de suelo y alta densidad (200 semillas/charola) existieron variedades sin plantas resistentes a herbicidas, tal es el caso de *C. pepo* y *C. argyrosperma* cuyos antecedentes son plantas resistentes a simazina y de autopolinización (Cuadro 13).

Este ensayo de verificación de la resistencia (2006) se estableció en suelo para confirmar la resistencia de las variedades antes seleccionadas en peat moss. Sin embargo, se encontró baja frecuencia de plantas resistentes a herbicidas (el análisis comparativo de los tres experimentos: peat moss, 2004; suelo, 2006 y 2007, respectivamente se presenta detalladamente en el apartado 4.2.6) a pesar que estuvieron sometidas a las mismas dosis de linuron, simazina y atrazina (selección realizada por Bautista en el 2004).

En el experimento (2006) se planteó la hipótesis que era posible identificar plantas de calabazas (*Cucurbita* spp.) resistentes a linuron, simazina y atrazina seleccionadas originalmente en siembras sobre peat moss por Bautista (2004). El experimento (2006), establecido en suelo, se presentó un efecto derivado de la alta densidad de población (200 semillas por cada 0.146 m²): al emerger, las plántulas levantaron la capa superficial del suelo que las cubría y con los riegos, el herbicida depositado en esa zona se drenó hasta quedar en contacto directo con las raíces de las plántulas de calabaza (*Cucurbita* spp.), con lo que les pudo causar mayor daño y en consecuencia haya habido menor frecuencia de plantas

resistentes. Por esa razón, se planteó la necesidad de establecer un nuevo experimento en 2007 similar pero a menor densidad para evitar dicho efecto.

Cuadro 13. Porcentaje de germinación y de plantas resistentes a herbicidas en calabazas. Chapingo, México, 2006.

Especie	Dosis (g i.a. ha ⁻¹)	Tipo de polinización	Semillas tratadas	Semillas germinadas	Germinación (%)	Número de plantas resistentes	Plantas resistentes (%)
<i>Cucurbita ficifolia</i>	Atrazina 1800	(x)	2400	1883	78.45	99	5.257
		PL	--	--	--	--	--
	Linuron 1250	(x)	600	521	86.83	50	9.596
		PL	--	--	--	--	--
	Simazina 1800	(x)	3200	2307	72.09	9	0.390
		PL	2400	1168	48.666	7	0.599
<i>Cucurbita pepo</i>	Atrazina 1800	(x)	200	157	78.5	--	--
		PL	1600	698	43.62	1	0.143
	Linuron 1250	(x)	--	--	--	--	--
		PL	1600	909	56.81	30	3.300
	Simazina 1800	(x)	--	--	--	--	--
		PL	1600	874	54.62	0	0.000
<i>Cucurbita argyrosperma</i>	Atrazina 1800	(x)	1600	1217	76.06	40	3.286
		PL	200	48	24	--	--
	Linuron 1250	(x)	--	--	--	--	--
		PL	--	--	--	--	--
	Simazina 1800	(x)	--	--	--	--	--
		PL	800	475	59.37	0	0.000
<i>Cucurbita moschata</i>	Atrazina 1800	(x)	600	168	28	5	2.976
		PL	200	15	7.5	--	--
	Linuron 1250	(x)	800	793	99.12	6	0.756
		PL	--	--	--	--	--
	Simazina 1800	(x)	--	--	--	--	--
		PL	--	--	--	--	--
<i>Cucurbita moschata</i>	Atrazina 1800	(x)	800	775	96.87	0	0.000
		PL	1600	1431	89.43	5	0.349
	Linuron 1250	(x)	200	137	68.5	--	--
		PL	--	--	--	--	--
	Simazina 1800	(x)	--	--	--	--	--
		PL	--	--	--	--	--

4.2 Segundo experimento (2007)

4.2.1 Germinación y respuesta en plántula a los 20 dds

El análisis de varianza para las variables evaluadas a los 20 dds mostró que existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos (variedades resistentes-dosis de herbicida) para germinación, grosor de hipocotilo, altura de planta y hojas maduras, pero no así para hojas inmaduras donde no hubo diferencias (Cuadro 14).

Cuadro 14. Cuadrados medios del análisis de varianza para germinación y variables morfológicas en calabazas tratadas con linuron, simazina y atrazina. Chapingo, México, 2007.

Fuente de variación	de	Grados de libertad	Cuadrados medios				
			Germinación (%)	Grosor de hipocotilo (mm) 20 DDS	Altura de planta (cm) 20 DDS	Número de hojas maduras 20 DDS	Número de hojas inmaduras 20 DDS
Bloques		3	384.61538	0.15316428	1.337692	0.28368547	0.10915620
Tratamiento:							
Variedad-Herbicida		38	401.04588**	0.63392569**	29.010263**	1.17055682**	0.23021279
Error		112	147.33468	0.12384313	2.351815	0.09601880	0.14389304
Coefficiente de variación (%)			13.52537	10.91893	27.14271	41.90323	29.56280
Media general			89.74 %	3.22 mm	5.65 cm	0.739	1.283

* Significativo $\alpha = 0.05$ ** Alto

* Significativo $\alpha = 0.05$, ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$, DDS: Días después de la siembra.

La comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$) señaló que el tratamiento 16 (C. pepo, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) registró la menor germinación (55%). En cambio, el resto de tratamientos mostraron un alto porcentaje de germinación (en el orden de 100% a 67.5%). El resultado en el tratamiento 16 se puede deber a la viabilidad de la semilla y no al efecto directo del tratamiento con herbicida, ya que la aplicación de los herbicidas en preemergencia no influyeron en la germinación de las semillas de calabaza, según lo muestra el resto de tratamientos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Comparación múltiple de valores medios para germinación y caracteres morfológicos en calabazas, a los 20 dds. Chapingo, México, 2007.

VAR	GENEALOGIA	Germinación (%)	Grosor de hipocotilo (mm) 20 DDS	Altura de planta (cm) 20 DDS	Numero de hojas maduras 20 DDS	Numero de hojas inmaduras 20 DDS
1	<i>C. ficifolia</i> -simazina	85.00 AB	2.80 CDE	2.92 HIJK	1.00 BCDEFGHI	1.15 A
2	<i>C. ficifolia</i> -simazina	80.00 AB	2.77 CDE	2.80 HIJK	0.62 EFGHIJKL	1.15 A
3	<i>C. ficifolia</i> -simazina	92.50 A	2.62 CDE	2.10 K	0.40 HIJKL	1.00 A
4	<i>C. ficifolia</i> -simazina	80.00 AB	2.55 E	2.27 JK	0.30 HIJKL	1.30 A
5	<i>C. ficifolia</i> -linuron	100.00 A	2.82 CDE	2.97 HIJK	0.42 HIJKL	1.35 A
6	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	95.00 A	2.80 CDE	2.77 HIJK	0.05 KL	1.20 A
7	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	95.00 A	2.60 DE	2.52 HIJK	0.30 HIJKL	1.05 A
8	<i>C. ficifolia</i> -simazina	90.00 A	2.92 BCDE	2.57 HIJK	0.17 IJKL	1.10 A
9	<i>C. ficifolia</i> -simazina	90.00 A	2.81 CDE	3.67 FGHJK	0.70 DEFGHIJKL	1.20 A
10	<i>C. ficifolia</i> -simazina	90.00 A	3.22 ABCDE	3.15 GHIJK	0.85 BCDEFGHIJKL	1.00 A
11	<i>C. ficifolia</i> -simazina	100.00 A	2.66 DE	2.46 IJK	0.37 HIJKL	1.05 A
12	<i>C. pepo</i> -simazina	87.50 AB	3.30 ABCDE	6.52 CDEFGHIJ	1.57 ABC	1.90 A
13	<i>C. pepo</i> -simazina	90.00 A	2.95 ABCDE	6.67 CDEFGHI	0.52 GHIJKL	1.35 A
14	<i>C. pepo</i> -simazina	85.00 AB	3.20 ABCDE	7.70 BCDEF	0.65 EFGHIJKL	1.90 A
15	<i>C. pepo</i> -simazina	97.50 A	3.75 ABC	8.05 BCDE	1.30 ABCDEFGH	1.10 A
16	<i>C. pepo</i> -simazina	100.0 A	3.40 ABCDE	3.40 FGHJK	0.95 BCDEFGHIJ	1.30 A
17	<i>C. pepo</i> -atrazina	55.00 B	2.85 CDE	6.40 CDEFGHIJK	0.10 JKL	1.05 A
18	<i>C. pepo</i> -atrazina	92.50 A	3.45 ABCDE	6.25 CDEFGHIJK	0.05 KL	1.25 A
19	<i>C. pepo</i> -linuron	97.50 A	3.05 ABCDE	8.52 BCDE	0.65 EFGHIJKL	1.35 A
20	<i>C. pepo</i> -linuron	85.00 AB	3.58 ABCD	9.80 AB	1.42 ABCDE	1.25 A
21	<i>C. pepo</i> -TESTIGO	95.00 A	3.87 AB	13.65 A	1.40 ABCDEF	1.57 A
22	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	95.00 A	3.55 ABCD	4.50 EFGHIJK	0.85 BCDEFGHIJKL	1.30 A
23	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	87.50 AB	3.40 ABCDE	4.55 EFGHIJK	0.55 FGHJKL	1.90 A
24	<i>C. argyrosperma</i> -TESTIGO	87.50 AB	3.87 AB	6.75 CDEFGHI	1.60 ABC	1.15 A
25	<i>C. moschata</i> -atrazina	100.00 A	3.25 ABCDE	5.55 CDEFGHIJK	0.05 KL	1.50 A
26	<i>C. moschata</i> -simazina	97.50 A	3.33 ABCDE	4.47 EFGHIJK	0.75 DEFGHIJKL	1.10 A
27	<i>C. moschata</i> -simazina	100.00 A	2.70 DE	5.50 CDEFGHIJK	0.50 GHIJKL	1.10 A
28	<i>C. moschata</i> -simazina	82.50 AB	3.30 ABCDE	5.72 CDEFGHIJK	0.90 BCDEFGHIJK	1.15 A
29	<i>C. ficifolia</i> -linuron	90.00 A	2.80 CDE	3.12 GHIJK	0.05 KL	1.25 A
30	<i>C. argyrosperma</i> -atrazina	95.00 A	3.27 ABCDE	4.82 EFGHIJK	0.00 L	1.20 A
31	<i>C. argyrosperma</i> -linuron	100.00 A	3.87 AB	7.32 BCDEFG	1.40 ABCDEF	1.00 A
32	<i>C. argyrosperma</i> -linuron	90.00 A	3.20 ABCDE	5.05 DEFGHIJK	0.40 HIJKL	1.35 A
33	<i>C. moschata</i> -linuron	70.00 AB	3.36 ABCDE	5.90 CDEFGHIJK	0.26 HIJKL	1.18 A
34	<i>C. moschata</i> -TESTIGO	95.00 A	3.30 ABCDE	8.02 BCDE	1.55 ABCD	1.15 A
35	<i>C. pepo</i> -simazina	100.0 A	3.35 ABCDE	6.35 CDEFGHIJK	0.45 GHIJKL	1.30 A
36	<i>C. pepo</i> -linuron	80.00 AB	3.50 ABCDE	8.30 BCDE	1.10 BCDEFGH	1.50 A
37	<i>C. pepo</i> -linuron	67.50 AB	3.35 ABCDE	6.77 CDEFGH	0.90 BCDEFGHIJK	1.45 A
38	<i>C. pepo</i> -linuron	100.0 A	3.95 A	9.17 BCD	1.65 AB	1.35 A
39	<i>C. pepo</i> -TESTIGO	80.00 AB	3.95 A	11.25 AB	2.05 A	1.60 A
DMS		34.18	0.99	4.31	0.87	1.06

DMS: Diferencia mínima significativa. DDS: Días después de la siembra. Atrazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹; linuron: 1,250 g de i.a. ha⁻¹ y simazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹. Valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

Los tratamientos 34 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹), 28 (*C. argyrosperma*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹), 14 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) presentaron mayor grosor de hipocotilo 3.95 mm, 3.87 mm, 3.75 mm y 3.58 mm, respectivamente, lo que indica que producen las plántulas más vigorosas. Los tratamientos 34, 28, 14 y 19 mostraron los valores medios más altos en grosor de hipocotilo que los tratamientos 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.70 mm), 11 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹;

2.66 mm), 7 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.60 mm) y 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.55 mm) (Cuadro 15).

A los 20 dds, los tratamientos 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹), 34 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹), 18 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) y 32 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) con 9.80 cm, 9.17 cm, 8.52 cm y 8.30 cm, respectivamente, presentaron mayor altura de planta que los tratamientos 7 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.52 cm), 11 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.45 cm), 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.27 cm) y 3 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.10 cm) (Cuadro 15).

En hojas maduras sobresalen los tratamientos 34 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 1.65 hojas), 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 1.42 hojas), 28 (*C. argyrosperma*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 1.40 hojas), 14 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 1.30 hojas) y 32 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 1.10 hojas), a los 20 dds, comparados con los tratamientos 26 (*C. ficifolia*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹; 0.05 hojas), 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 0.05 hojas), 17 (*C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 0.05 hojas), 6 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 0.05 hojas) y 27 (*C. argyrosperma*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 0.00 hojas), los que mostraron poco desarrollo de hojas (Cuadro 15).

Respecto a hojas inmaduras, evaluadas a los 20 dds, no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos, ya que se mantuvieron en un rango de 0.92 a 1.90 hojas inmaduras en todos los tratamientos (Cuadro 15). La comparación de medias realizada a los 20 dds, indica que los tratamientos 34 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) y 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹) presentaron los valores medios más altos en cuanto a grosor de hipocotilo, altura de planta y hojas maduras. Por tanto, los tratamientos 34 y 19 mostraron mayor porte y altura de planta con respecto al resto de tratamientos evaluados (Cuadro 15).

4.2.2 Respuesta en plántula a los 30 dds

El análisis de varianza indica que hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos para las variables grosor de hipocotilo, altura de planta, hojas maduras y hojas inmaduras, a los 30 dds (Cuadro 16).

Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables respuesta en plántulas de calabazas tratadas con linuron, simazina y atrazina. Chapingo, México, 2007.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Grosor de hipocotilo (mm) 30 DDS	Altura de planta (cm) 30 DDS	Número de hojas maduras 30 DDS	Número de hojas inmaduras 30 DDS
Bloques	3	1.5268160	7.818661	1.2338648	0.28358570
Tratamiento:	38	6.9403344**		4.6717892**	0.73956171**
Variedad-Herbicida			50.422566**		
Error	114	0.7774514	2.648801	0.4234530	0.14101259
Coefficiente de variación (%)		126.0787	104.6065	125.2660	155.4557
Media general		0.69 mm	1.55 cm	0.519	0.241

*Significativo $\alpha = 0.05$, ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$, DDS: Días después de la siembra.

La comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$ %), a los 30 dds determinó que los tratamientos 1 (*C. ficifolia*-simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1}), 22 (*C. moschata*-atrazina 1,800 g de i.a. ha^{-1}) y 24 (*C. moschata*-simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1}) presentaron mayor grosor de hipocotilo, 2.00 mm, 1.00 mm y 1.00 mm, respectivamente (Cuadro 17).

Respecto a la variable altura de planta, los tratamientos (variedad-herbicida) que resistieron a la acción de los herbicidas presentaron poca altura; entre estos se encuentran los tratamientos 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 2.5 cm), 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 2.25 cm), 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 1.87 cm), entre otros. En este periodo de registro (30 dds) hubo plántulas afectadas en un 100% por los herbicidas, tal es el caso del tratamiento 13 (*C. pepo*, simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1}) y entre otros (Cuadro 17).

Cuadro 17. Comparación múltiple de valores medios para las variables morfológicas en calabazas, a los 30 dds. Chapingo, México, 2007.

VAR	GENEALOGIA	Grosor de hipocotilo (mm) 30 DDS	Altura de planta (cm) 30 DDS	Número de hojas maduras 30 DDS	Número de hojas inmaduras 30 DDS
1	<i>C. ficifolia</i> -simazina	2.00 BC	2.50 DE	1.75 CDE	0.75 ABC
2	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
3	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
4	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.75 C	0.50 E	0.25 E	0.25 BC
5	<i>C. ficifolia</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
6	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	0.87 C	1.00 E	0.25 E	0.25 BC
7	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	0.75 C	0.82 E	0.50 DE	0.25 BC
8	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	0.75 C	1.00 E	0.75 DE	0.50 BC
9	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
10	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
11	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
—	<i>C. ficifolia</i> -TESTIGO	3.70 AB	10.33 ABC	2.66 ABC	1.06 ABC
12	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
13	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
14	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
15	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
16	<i>C. pepo</i> -atrazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
17	<i>C. pepo</i> -atrazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
18	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
19	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
—	<i>C. pepo</i> -TESTIGO	4.40 AB	13.00 AB	3.73 AB	1.30 AB
20	<i>C. agrostifolia</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
21	<i>C. agrostifolia</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
—	<i>C. agrostifolia</i> -TESTIGO	3.97 AB	6.00 CD	2.32 BCD	1.27 AB
22	<i>C. moschata</i> -atrazina	1.00 C	1.87 DE	0.75 DE	0.25 BC
23	<i>C. moschata</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
24	<i>C. moschata</i> -simazina	1.00 C	2.25 DE	0.75 DE	0.50 BC
25	<i>C. moschata</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
26	<i>C. ficifolia</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
27	<i>C. agrostifolia</i> -atrazina	0.75 C	1.00 E	0.25 E	0.25 BC
28	<i>C. agrostifolia</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
29	<i>C. agrostifolia</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
30	<i>C. moschata</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
—	<i>C. moschata</i> -TESTIGO	3.70 AB	9.40 BC	2.97 ABC	1.60 A
31	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
32	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
33	<i>C. pepo</i> -linuron	0.75 C	1.25 E	0.25 E	0.50 BC
34	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00 C	0.00 E	0.00 E	0.00 C
—	<i>C. pepo</i> -TESTIGO	4.55 A	14.80 A	4.40 A	1.15 AB
DMS		2.50	4.62	1.84	1.06

DMS: Diferencia mínima significativa. DDS: Días después de la siembra. Atrazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹; linuron: 1,250 g de i.a. ha⁻¹ y simazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹. Valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

Con relación a hojas maduras, las medidas registradas a los 30 dds indican que los tratamientos con los valores más altos fueron el 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 24 *C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), con 1.75 hojas, 0.75 hojas y 0.75 hojas, respectivamente. Estos tratamientos presentaron el mismo

comportamiento estadístico que aquellos que estuvieron sometidos a los otros herbicidas, ya que los testigos presentaron la mejor expresión del desarrollo normal. Finalmente, en hojas inmaduras todos los tratamientos mostraron respuesta similar (Cuadro 17).

El análisis de medias realizado a los 30 dds, indica que los tratamientos 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) siempre sobresalieron en grosor de hipocotilo, altura de planta y hojas maduras (Cuadro 17). De igual manera, estos tratamientos fueron diferentes que los sobresalientes en la evaluación realizada a los 20 dds, de todas las variedades evaluadas (Cuadro 15).

4.2.3 Respuesta en plántulas a los 50 dds

En una última medición, a los 50 dds, del grosor de hipocotilo, altura de planta y hojas maduras, el análisis de varianza presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables respuesta en plántulas de calabazas tratadas con linuron, atrazina y simazina. Chapingo, México, 2007.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Grosor de hipocotilo 50 DDS	Altura de planta 50 DDS	Hojas maduras 50 DDS	Hojas inmaduras 50 DDS
Bloques	3	2.0954787	2.009668	5.0742605	1.84433929
Tratamiento: Variedad-Herbicida	38	7.3442130**	51.657614**	15.4932607**	1.37368683
Error	114	0.5948219	3.910970	1.4813188	0.6400400
Coefficiente de variación (%)		123.6906	132.4181	134.9387	256.1411
Media general		0.62 mm	1.49 cm	0.901	0.312

* Significativo $\alpha = 0.05$, ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$, DDS: Días después de la siembra.

La comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$ %) realizada para grosor de hipocotilo a los 50 dds, mostró que las variedades seleccionadas por su

resistencia a herbicidas presentaron grosor de hipocotilo similares, con excepción de los testigos (Cuadro 19). A esta fecha (50 dds), la tendencia de sobrevivencia de las plántulas resistentes fue evidente, de tal manera que los tratamientos que lograron resistir las dosis de herbicidas aplicadas presentaron un grosor de hipocotilo de 0.75 a 1.00 mm. Estos tratamientos fueron el 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 8 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 7 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹). El resto de los tratamientos, sin considerar testigos, las plántulas murieron.

En altura de planta y hojas maduras estos mismos tratamientos: 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 8 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 7 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) fueron los que presentaron los valores medios más altos, excepto los testigos (Cuadro 19).

En este último análisis realizado a los 50 dds, los tratamientos 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 22 (*C. moschata*-atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) fueron considerados una vez más como los mejores tratamientos ya que manifestaron mayor grosor de hipocotilo, altura de planta y hojas maduras. Ésta tendencia se notó a partir de las evaluaciones realizadas a los 20, 30 y 50 dds (Cuadros 15, 17 y 19). A esta fecha (50 dds), pocos tratamientos sobrevivieron a los herbicidas, el daño fue marcado y claramente se observó que pocas plantas resistieron a simazina, linuron y atrazina (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comparación múltiple de valores medios para las variables morfológicas en calabazas, a los 50 dds. Chapingo, México, 2007.

VAR	GENEALOGIA	Grosor de hipocotilo (mm)		Altura de planta (cm)		Número de hojas maduras		Número de hojas inmaduras	
		50 DDS		50 DDS		50 DDS		50 DDS	
1	<i>C. ficifolia</i> -simazina	1.00	B	1.25	D	2.25	BC	1.50	A
2	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
3	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
4	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.75	B	1.00	D	0.10	C	0.25	A
5	<i>C. ficifolia</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
6	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
7	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	0.75	B	0.87	D	1.50	C	0.50	A
8	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	1.00	B	1.00	D	1.50	C	0.50	A
9	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
10	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
11	<i>C. ficifolia</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
--	<i>C. ficifolia</i> TESTIGO	4.16	A	9.86	AB	6.33	A	1.12	A
12	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
13	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
14	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
15	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
16	<i>C. pepo</i> -atrazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
17	<i>C. pepo</i> -atrazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
18	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
19	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
--	<i>C. pepo</i> TESTIGO	4.20	A	8.45	BC	5.85	A	1.75	A
20	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
21	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
--	<i>C. argyrosperma</i> - TESTIGO	4.65	A	8.85	ABC	5.65	AB	1.50	A
22	<i>C. moschata</i> -atrazina	1.00	B	3.25	CD	1.50	C	1.00	A
23	<i>C. moschata</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
24	<i>C. moschata</i> -simazina	1.00	B	2.25	D	1.50	C	1.25	A
25	<i>C. moschata</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
26	<i>C. ficifolia</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
27	<i>C. argyrosperma</i> -atrazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
28	<i>C. argyrosperma</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
29	<i>C. argyrosperma</i> - linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
30	<i>C. moschata</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
--	<i>C. moschata</i> -TESTIGO	4.10	A	12.82	AB	5.27	AB	2.10	A
31	<i>C. pepo</i> -simazina	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
32	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
33	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
34	<i>C. pepo</i> -linuron	0.00	B	0.00	D	0.00	C	0.00	A
--	<i>C. pepo</i> - TESTIGO	4.60	A	14.40	A	7.45	A	1.30	A
DMS		2.21		5.66		3.48		2.28	

DMS: Diferencia mínima significativa. DDS: Días después de la siembra. Atrazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹; linuron: 1,250 g de i.a. ha⁻¹ y simazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹. Valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

4.2.4 Daño por herbicidas y porcentaje de plantas resistentes

El análisis de varianza para la variable daño por herbicidas evaluados a los 20, 30, 50 dds y porcentaje de plantas resistentes detectó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 20).

Cuadro 20. Cuadrados medios del análisis de varianza para daño y resistencia en calabazas tratadas con simazina, atrazina y linuron. Chapingo, México, 2007.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Daños (%) 20 DDS	Daños (%) 30 DDS	Daños (%) 50 DDS	Plantas resistentes (%) 60 DDS
Bloques	3	3216.7073	91.9209	1.4786	5.7521
Tratamiento: Variedad-Herbicida	38	3674.0945**	4490.0344**	4563.7200**	4542.0023**
Error	114	333.6590	37.9867	1.1716	5.2938
Coefficiente de variación (%)		28.2329	7.1746	1.2450	17.2943
Media general		64.69 %	85.90 %	86.93 %	13.30 %

*Significativo $\alpha = 0.05$, ** Altamente significativo $\alpha = 0.01$, DDS: Días después de la siembra.

El análisis de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05\%$) realizada a los 20 dds, indicó que los tratamientos 16 (*C. pepo*, atrazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 97.50%), 30 (*C. moschata*, linuron 1,250 g de i.a. ha^{-1} ; 97.25%), 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 96.50%) y 26 (*C. ficifolia*, linuron 1,250 g de i.a. ha^{-1} ; 94.75%) presentaron los valores medios más altos en cuanto a daño por herbicidas. En cambio, los tratamientos 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 45.00%), 25 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 42.50%), 19 (*C. pepo*, linuron 1,250 g de i.a. ha^{-1} ; 37.50%) y 21 (*C. argyrosperma*, simazina 1,800 g de i.a. ha^{-1} ; 25.00%) fueron los que presentaron los menores efectos por herbicidas (Cuadro 21).

A los 30 dds, el daño por herbicidas fue más acentuado y todos los tratamientos bajo la acción de un herbicida mostraron la misma tendencia a inducir daño severo, encontrándose en una gama de 85.00 a 100% de daño (Cuadro 21).

Cuadro 21. Comparación múltiple de valores medios para las variables daño y resistencia a herbicidas en calabazas. Chapingo, México, 2007.

VAR	GENEALOGIA	DAÑOS	DAÑOS	DAÑOS	Plantas resistentes	
		(%) 20 DDS	(%) 30 DDS	(%) 50 DDS		
1	<i>C. ficifolia</i> -simazina	81.25 ABCD	97.50 A	98.75 A	2.77	B
2	<i>C. ficifolia</i> -simazina	83.50 ABCD	99.00 A	100.00 A	0.00	B
3	<i>C. ficifolia</i> -simazina	69.00 ABCDE	95.00 A	100.00 A	0.00	B
4	<i>C. ficifolia</i> -simazina	81.50 ABCD	85.00 A	99.25 A	3.57	B
5	<i>C. ficifolia</i> -linuron	60.00 ABCDE	90.00 A	100.00 A	0.00	B
6	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	87.00 ABCD	95.00 A	98.75 A	2.50	B
7	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	87.25 ABCD	97.50 A	98.75 A	2.50	B
8	<i>C. ficifolia</i> -atrazina	82.00 ABCD	98.75 A	98.75 A	2.50	B
9	<i>C. ficifolia</i> -simazina	61.75 ABCDE	100.00 A	100.00 A	0.00	B
10	<i>C. ficifolia</i> -simazina	72.50 ABCDE	100.00 A	100.00 A	0.00	B
11	<i>C. ficifolia</i> -simazina	83.25 ABCD	100.00 A	100.00 A	0.00	B
—	<i>C. ficifolia</i> TESTIGO	00.00 F	00.00 B	0.00 B	100.0	A
12	<i>C. pepo</i> -simazina	72.50 ABCDE	100.00 A	100.00 A	0.00	B
13	<i>C. pepo</i> -simazina	81.75 ABCD	100.00 A	100.00 A	0.00	B
14	<i>C. pepo</i> -simazina	83.75 ABCD	100.00 A	100.00 A	0.00	B
15	<i>C. pepo</i> -simazina	67.50 ABCDE	99.50 A	100.00 A	0.00	B
16	<i>C. pepo</i> -atrazina	97.50 A	100.00 A	100.00 A	0.00	B
17	<i>C. pepo</i> -atrazina	93.75 ABC	100.00 A	100.00 A	0.00	B
18	<i>C. pepo</i> -linuron	88.00 ABCD	100.00 A	100.00 A	0.00	B
19	<i>C. pepo</i> -linuron	37.50 DEF	100.00 A	100.00 A	0.00	B
—	<i>C. pepo</i> TESTIGO	0.00 F	0.00 B	0.00 B	100.0	A
20	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	62.50 ABCDE	99.75 A	100.00 A	0.00	B
21	<i>C. argyrosperma</i> -simazina	25.00 EF	100.00 A	100.00 A	0.00	B
—	<i>C. argyrosperma</i> -TESTIGO	0.00 F	0.00 B	0.00 B	100.0	A
22	<i>C. moschata</i> -atrazina	96.50 A	97.50 A	98.75 A	2.50	B
23	<i>C. moschata</i> -simazina	64.50 ABCDE	100.00 A	100.00 A	0.00	B
24	<i>C. moschata</i> -simazina	45.00 BCDEF	98.75 A	98.75 A	2.50	B
25	<i>C. moschata</i> -simazina	42.50 CDEF	100.00 A	100.00 A	0.00	B
26	<i>C. ficifolia</i> -linuron	94.75 AB	100.00 A	100.00 A	0.00	B
27	<i>C. argyrosperma</i> -atrazina	90.00 ABC	97.50 A	98.75 A	0.00	B
28	<i>C. argyrosperma</i> -linuron	48.75 ABCDEF	100.00 A	100.00 A	0.00	B
29	<i>C. argyrosperma</i> -linuron	87.00 ABCD	100.00 A	100.00 A	0.00	B
30	<i>C. moschata</i> -linuron	97.25 A	100.00 A	100.00 A	0.00	B
—	<i>C. moschata</i> -TESTIGO	0.00 F	0.00 B	0.00 B	100.0	A
31	<i>C. pepo</i> -simazina	84.00 ABCD	100.00 A	100.00 A	0.00	B
32	<i>C. pepo</i> -linuron	75.50 ABCDE	100.00 A	100.00 A	0.00	B
33	<i>C. pepo</i> -linuron	72.50 ABCDE	99.50 A	100.00 A	0.00	B
34	<i>C. pepo</i> -linuron	66.25 ABCDE	100.00 A	100.00 A	0.00	B
—	<i>C. pepo</i> -TESTIGO	0.00 F	0.00 B	0.00 B	100.0	A
DMS		51.44	17.35	3.04	6.48	

DMS: Diferencia mínima significativa. DDS: Días después de la siembra. Atrazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹; linuron: 1,250 g de i.a. ha⁻¹ y simazina: 1,800 g de i.a. ha⁻¹. Valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

El daño por los herbicidas avanzó paulatinamente y en la última evaluación realizada a los 50 dds hubo tratamientos con daño cercano al 100% (Cuadro 21). Dentro de los tratamientos que menor daño manifestaron están el 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 6 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 8 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), 7 (*C. ficifolia*, atrazina

1,800 g de i.a. ha⁻¹), 27 (*C. argyrosperma*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) y 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹), todos estos con 98.75% de daño y el tratamiento 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) con 99.25% de daño.

Con respecto a la resistencia de plantas de calabazas a los herbicidas, los tratamientos que más resistieron a los herbicidas fueron el 4 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 3.57%), 8 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.5%), 7 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.5%), 1 (*C. ficifolia*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.77%), 24 (*C. moschata*, simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.5%), 22 (*C. moschata*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.5%) y 6 (*C. ficifolia*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹; 2.5%) (Cuadro 21). Estos tratamientos desde la evaluación de daño realizada a los 50 dds mostraron tendencia a obtener mayor frecuencia de plantas resistentes, con excepción del tratamiento 27 (*C. argyrosperma*, atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹) donde ninguna planta resistió (Cuadro 21).

4.2.5 Dinámica de daño y frecuencia de plantas resistentes a herbicidas

4.2.5.1 Dinámica de daño

En promedio al tipo de polinización, *C. pepo* linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹, a los 20 dds, presentó menor daño (67.95%) que atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (95.62%) y simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (77.9%). A partir de los 30 dds, el daño fue cercano al 100% en los tres ingredientes activos (Figura 11).

El análisis comparativo del daño a la progenie de plantas resistentes por el tipo de polinización que recibieron, a los 20 dds mostró que las plantas de polinización libre presentaron mayor daño con linuron en *C. pepo*; así mismo, linuron fue el que presentó menos daño en las plantas autopolinizadas. Las variedades tratadas con simazina, tanto de auto como de polinización libre presentaron el mismo comportamiento (Figura 11).

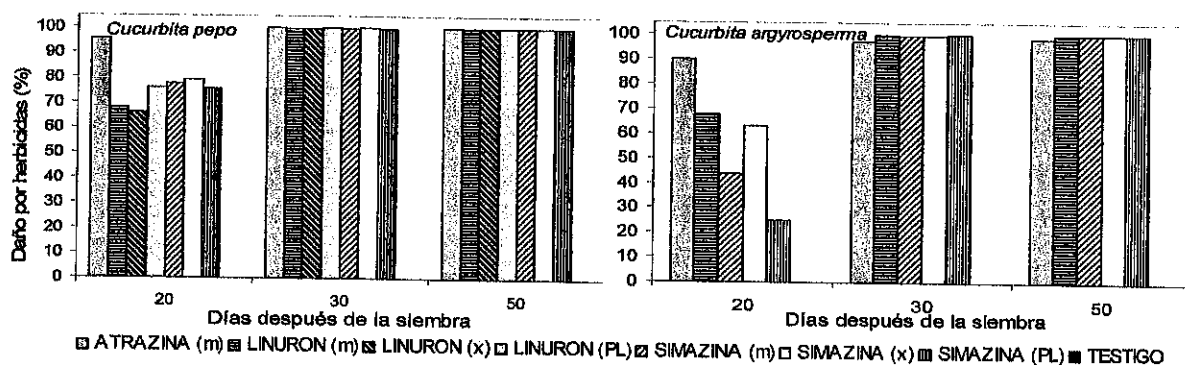


Figura 11. Dinámica de daño por herbicidas aplicados en preemergencia, por tipo de polinización, en la progenie de calabazas (*C. pepo* y *C. argyrosperma*) seleccionadas por resistencia.

A los 30 dds, todas las variedades de calabaza (*C. pepo*) tratadas con simazina, linuron y atrazina alcanzaron el 100% de daño (Figura 11). Estos resultados difieren de los resultados citados por Bautista (2004), ya que en el caso específico de linuron encontró menor daño a los 45 dds (60%).

Las evaluaciones realizadas, en promedio al tipo de polinización, en *C. argyrosperma*, a los 20 dds, presentó un alto daño por cada uno de los herbicidas, sobresaliendo la atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (90%) sobre simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (43%) y linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ (67.87) (Figura 11).

A los 30 dds, el comportamiento del daño en los tres herbicidas fue cercano al 100% y conforme transcurrieron los días se estabilizó, de tal manera que a los 50 dds, únicamente atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ mostró un 98.75 % de daño (Figura 11).

La Figura 11 muestra una marcada diferencia inicial (*C. argyrosperma*) entre los materiales autofecundados y de polinización libre resistentes a simazina. El tratamiento cuyas semillas provienen de polinización libre sufrió menos daño que los de autopolinización, a los 20 dds. A los 30 dds, el daño en ambos tipos de materiales fue cercano al 100% y así se mantuvo hasta los 50 dds. Bautista (2004), a los 60 dds encontró que

únicamente sobrevivieron aquellas plantas que manifestaron resistencia a herbicidas y los testigos.

El análisis en conjunto al tipo de polinización, *C. moschata* con linuron y atrazina presentaron un crecimiento acelerado en daño a los 20 dds, éste fue cercano al 100% y fue hasta los 50 dds cuando los daños por simazina igualaron a los de linuron y atrazina (Figura 12). Estos resultados difieren a los obtenidos por Bautista (2004).

En los primeros 50 dds, los tratamientos con atrazina y linuron presentaron el mayor daño. Las plántulas de *C. moschata* tratadas con simazina se comportaron tolerantes (Figura 12).

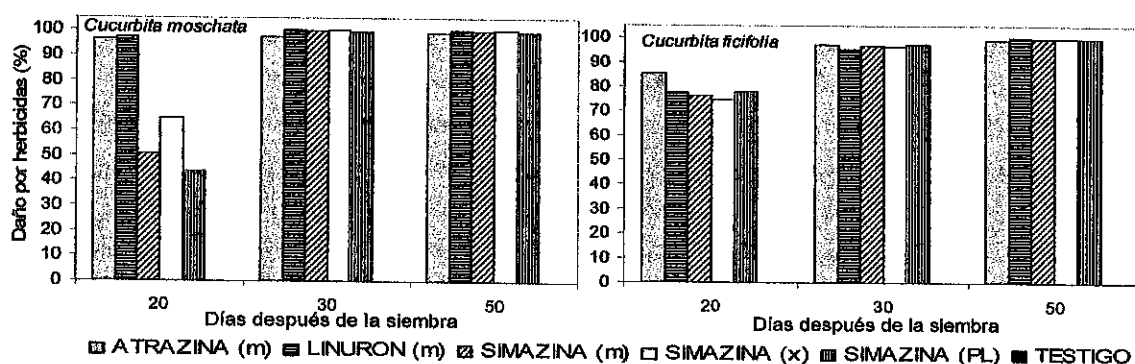


Figura 12. Dinámica de daño por herbicidas, por tipo de polinización, aplicados en preemergencia en la progenie de calabazas (*C. moschata* y *C. ficifolia*) seleccionadas por resistencia.

De acuerdo al tipo de polinización, las variedades *C. moschata* tratadas con simazina y autopolinizadas mostraron mayor daño que las de polinización libre. Aunque a los 50 dds, el daño en plantas por simazina fueron iguales, cercano al 100% (Figura 12).

El comportamiento del daño en *C. ficifolia* fue similar en los tres herbicidas atrazina, linuron y simazina (Figura 12), en las tres fechas de evaluación realizadas durante la fase experimental, a los 20, 30 y 50 dds. Ésta misma respuesta en daño mostraron los tratamientos por el tipo de polinización (Figura 12).

El análisis comparativo, diferenciando el tipo de polinización, en *C. ficifolia* a los 50 dds, las variedades resistentes a simazina (x) (99.81%), simazina (PL) (99.58%) mostraron la misma tendencia en severidad del daño (Figura 12). Esta misma respuesta encontró Bautista (2004).

El análisis gráfico del daño registrado por especie de calabaza en el experimento de 2007, indicó que el daño por simazina, linuron y atrazina se incrementaron a partir de los 30 dds en adelante (Figuras 11 y 12).

El daño por estos herbicidas (simazina, linuron y atrazina) fue cercano al 100% e incluso con algunos herbicidas, las especies alcanzaron el 100% de daño; por ejemplo, linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ en *C. ficifolia* (Figura 12), en *C. pepo* el daño fue total en los tres ingredientes activos (Figura 11). Otras especies que presentaron el 100% de daño fueron *C. argyrosperma* con linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ y simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (Figura 11) y *C. moschata* con linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ (Figura 12).

4.2.5.2. Frecuencia de plantas resistentes a herbicidas

La mayor frecuencia de plantas de calabaza resistentes en el experimento (2007) se presentó en *C. ficifolia*. Las variedades seleccionadas por su resistencia a atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ y que fueron de autopolinización mostraron 2.678% de plantas resistentes. En segundo lugar aparece *C. moschata* (autopolinización) con 2.5% de plantas resistentes a atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ y en tercer lugar está *C. moschata* (polinización libre) con 1.36% (Cuadro 12).

En este experimento (2007) hubo variedades de calabazas con 0.0% de plantas resistentes a herbicidas, dentro de estas se encuentran *C. pepo* y *C. argyrosperma* (Cuadro 10). La diferencia de plantas resistentes a herbicidas en estas variedades (*C. pepo* y *C. argyrosperma*) puede atribuirse al tamaño de

muestra; por ejemplo, el número de semillas tratadas en *C. argyrosperma* fluctuó entre 40 y 80 semillas, acumulando las 4 repeticiones. Aunque desde un principio este experimento fue diseñado para establecerse en baja densidad (10 semillas/unidad experimental) a diferencia del trabajo de Bautista (2004) y del experimento de 2006 donde se establecieron 200 semillas/unidad experimental.

Cuadro 22. Porcentaje de plantas resistentes a herbicidas en calabazas. Chapingo, México, 2007.

Especie	Dosis (g i.a. ha ⁻¹)	Tipo de polinización	Semillas tratadas	Semillas germinadas	Geminación (%)	Número de plantas resistentes	Plantas resistentes (%)
<i>Cucurbita ficifolia</i>	Atrazina 1800	(x)	120	112	93	1	2.678
		PL	--	--	--	--	--
	Linuron 1250	(x)	80	76	95	0	0.000
		PL	--	--	--	--	--
	Simazina 1800	(x)	160	144	90	1	0.694
<i>Cucurbita pepo</i>		PL	120	103	86	1	0.970
	Testigo	--	40	35	87.5	--	--
	Atrazina 1800	(x)	80	59	74	0.00	0.000
		PL	--	--	--	--	--
	Linuron 1250	(x)	160	140	88	0.00	0.000
<i>Cucurbita argyrosperma</i>		PL	40	32	80	0	0.000
	Simazina 1800	(x)	120	110	92	0.00	0.000
		PL	80	79	99	0	0.000
	Testigo	--	40	35	87.5	--	--
	Atrazina 1800	(x)	40	38	95	0.00	0.000
<i>Cucurbita moschata</i>		PL	--	--	--	--	--
	Linuron 1250	(x)	80	76	95	0.00	0.000
		PL	--	--	--	--	--
	Simazina 1800	(x)	40	38	95	0.00	0.000
		PL	40	35	88	0	0.000
<i>Cucurbita moschata</i>	Testigo	--	40	35	87.5	--	--
	Atrazina 1800	(x)	40	40	100	1	2.500
		PL	--	--	--	--	--
	Linuron 1250	(x)	40	28	70	0.00	0.000
		PL	--	--	--	--	--
<i>Cucurbita moschata</i>	Simazina 1800	(x)	40	39	98	0	0.000
		PL	80	73	91	1	1.369
	Testigo	--	40	38	95	--	--

Otro elemento adicional al tamaño de muestra, asociado con la densidad de población establecida es que a menor densidad de población (10 semillas/unidad experimental) pudo haber mayor disponibilidad de herbicida por cada planta presente. En el experimento de 2006 establecido en alta densidad (200 semillas/unidad experimental) existió menor disponibilidad de herbicida por

planta, lo que explicaría la mayor frecuencia de plantas resistentes encontrada respecto al experimento de 2007.

4.2.6 Frecuencia de plantas resistentes a herbicidas en selecciones en peat moss y en suelo

4.2.6.1 En peat moss y suelo (alta densidad de población)

a) Variedades resistentes manejadas bajo polinización libre

Las variedades evaluadas por Bautista (2004) fueron establecidas en peat moss, en alta densidad y de polinización libre. Los resultados se compararon con los obtenidos en los experimentos (2006 y 2007) establecidos en suelo, en alta y baja densidad.

Las variedades de polinización libre en *C. ficifolia*, tratadas con simazina y establecidas en peat moss Bautista (2004), registraron mayor cantidad de plantas resistentes (1.65%) que las establecidas en suelo en alta densidad (0.59%) y en baja densidad de población (0.97%) (Cuadro 23).

Muchas de las variedades de polinización libre, *C. pepo* y *C. argyrosperma*, establecidas en peat moss presentan esta misma situación, con excepción de *C. moschata*-simazina donde en suelo y en baja densidad de población presentaron mayor frecuencia de plantas resistentes (1.36%) comparado con peat moss (0.15%) y alta densidad (0.34%) (Cuadro 23).

Cuadro 23. Porcentaje de plantas resistentes a herbicidas por tipo de polinización en calabazas seleccionadas en peat moss y suelo.

Especie de calabaza	Tratamiento	Estimadores estadísticos	Peat moss	Suelo		Suelo	
			(alta densidad, Bautista, 2004)	(alta densidad, 2006)	(baja densidad, 2007)		
			Tipo de polinización y plantas resistentes (%)				
			PL	(x)	PL	(x)	PL
<i>Cucurbita ficifolia</i>	Atrazina 1800 g i.a.ha ⁻¹	Total	3.273	5.257	--	2.678	--
		Media	--	5.291	--	2.683	--
		S	--	2.714	--	0.084	--
		n	--	3	--	3	--
	Linuron 1250 g i.a.ha ⁻¹	Total	0.313	9.596	--	0.000	--
		Media	--	9.596	--	0.000	--
		S	--	--	--	0.000	--
		n	--	1	--	2	--
	Simazina 1800 g i.a.ha ⁻¹	Total	1.651	0.390	0.599	0.694	0.970
		Media	--	0.377	0.698	0.781	0.980
		S	--	0.417	1.210	1.562	1.698
		n	--	4	3	4	3
<i>Cucurbita pepo</i>	Atrazina 1800 g i.a.ha ⁻¹	Total	2.072	0.143	--	0.000	--
		Media	--	0.120	--	0.000	--
		S	--	0.170	--	0.000	--
		n	--	2	--	2	--
	Linuron 1250 g i.a.ha ⁻¹	Total	0.364	3.300	--	0.000	0.000
		Media	--	3.428	--	0.000	0.000
		S	--	1.105	--	0.000	--
		n	--	2	--	4	1
	Simazina 1800 g i.a.ha ⁻¹	Total	1.231	0.000	3.286	0.000	0.000
		Media	--	0.000	3.285	0.000	0.000
		S	--	0.000	0.190	0.000	0.000
		n	--	2	2	3	2
<i>Cucurbita argyrosperma</i>	Atrazina 1800 g i.a.ha ⁻¹	Total	0.548	--	--	0.000	--
		Media	--	--	--	0.000	--
		S	--	--	--	--	--
		n	--	--	--	1	--
	Linuron 1250 g i.a.ha ⁻¹	Total	0.673	--	--	0.000	--
		Media	--	--	--	0.000	--
		S	--	--	--	0.000	--
		n	--	--	--	0.000	--
	Simazina 1800 g i.a.ha ⁻¹	Total	1.541	0.000	2.976	0.000	0.000
		Media	--	0.000	2.976	0.000	0.000
		S	--	--	--	--	--
		n	--	1	1	1	1
<i>Cucurbita moschata</i>	Atrazina 1800 g i.a.ha ⁻¹	Total	0.418	0.756	--	2.500	--
		Media	--	0.756	--	2.500	--
		S	--	--	--	--	--
		n	--	1	--	1	--
	Linuron 1250 g i.a.ha ⁻¹	Total	0.104	--	--	0.000	--
		Media	--	--	--	0.000	--
		S	--	--	--	--	--
		n	--	--	--	1	--
	Simazina 1800 g i.a.ha ⁻¹	Total	0.153	0.000	0.349	0.000	1.369
		Media	--	0.000	0.345	0.000	1.250
		S	--	--	0.057	--	1.767
		n	--	1	2	1	2

Alta densidad: 200 semillas/unidad experimental; baja densidad: 10 semillas/unidad experimental; S: desviación estándar.

b) Variedades resistentes autopolinizadas

En la mayoría de los casos, las variedades provenientes de autopolinización, evaluadas en suelo con alta densidad presentaron mayor porcentaje de plantas resistentes a herbicidas que en peat moss (plantas de polinización libre) y en suelo a baja densidad (plantas de autopolinización), lo cual era de esperarse porque el experimento original establecido para seleccionar plantas resistentes a estos herbicidas fue en peat moss. Las variedades evaluadas en suelo y alta densidad con mayor frecuencia de plantas resistentes fueron *C. ficifolia* (con atrazina y linuron 5.25% y 9.59% de plantas resistentes, respectivamente) y *C. pepo* (con 3.3% de plantas resistentes) (Cuadro 23).

Estos resultados sugieren que el uso de peat moss como sustrato es menos recomendable que el suelo para la selección de plantas resistentes a herbicidas. El sustrato peat moss ocasionó que la cantidad neta libre de herbicidas, respecto al aplicado por hectárea, se redujera considerablemente por la adsorción del herbicida ocasionado por el alto contenido de MO (15.87%). En cambio en suelo, el efecto de los tres tipos de herbicidas fue más directo, por la menor cantidad de materia orgánica que presenta (1.08%) (Cuadro 24). A pesar de esta limitante, peat moss presentó mayor frecuencia de plantas resistentes aunque hayan provenido de plantas resistentes fecundadas mediante polinización libre; mientras que en suelo, la mayor frecuencia fue en la progenie de plantas resistentes autofecundadas.

La materia orgánica pudo influir en la obtención de la frecuencia de plantas resistentes a herbicidas porque interfiere significativamente en la intercepción de herbicidas por la planta. Selim *et al.* (2003) encontraron que en aplicaciones de atrazina y con presencia de paja sobre el suelo se redujo su concentración en la superficie del suelo (a 25 mm de profundidad) de 0.3 mgKg⁻¹ a 0.7 mg en suelo sin residuos de cosechas, a los 50 días después de la aplicación.

Cuadro 24. Resultados del análisis de sustratos utilizados para la selección de plantas resistentes a herbicidas en calabazas.

Sustrato	pH	MO %	CIC Cmol(+) Kg ⁻¹	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	TEXTURA
Suelo (Exp. 2006)	6.60	1.08	18.5	16.76	62.00	21.24	Franco limoso
Suelo (Exp. 2007)	7.98	1.08	20.7	46.76	30.00	23.24	Franco
(Growing Mix®)	5.20	15.87	52.7	--	--	--	--

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) está asociada con la MO. Entre mayor sea la CIC, mayor es la capacidad de adsorción de los cationes en los coloides del suelo (Ortiz y Ortiz, 1990). En los sustratos analizados, se encontró que el peat moss tiene mayor CIC (52.7 Cmol(+) Kg⁻¹) que el suelo (18.5 Cmol(+) Kg⁻¹). Por tanto, el peat moss presentó también mayor capacidad de retención de herbicidas que el suelo (Cuadro 24).

4.2.6.2 En suelo

a) Variedades resistentes manejadas bajo polinización libre

Estas variedades en alta densidad de población, mostraron mayor frecuencia en plantas resistentes a herbicidas que a baja densidad. Las variedades con más plantas resistentes fueron *C. pepo*-simazina con 3.28%, *C. argyrosperma*-simazina con 2.97% y *C. moschata*-simazina con 0.34% (Cuadro 23).

El levantamiento de la capa superficial del suelo (experimento de 2006) por efecto de la alta densidad de población (200 semillas/unidad experimental), pudo ser un factor determinante en la alta proporción de plantas muertas, pese a que provenían de plantas resistentes seleccionadas por Bautista (2004). En el experimento de 2007, sembrando a baja densidad, el porcentaje de plantas resistentes fue menor que en alta densidad (2006), demostrando que el levantamiento de la costra del suelo y por lo tanto del herbicida no está relacionado directamente con la alta

frecuencia de plantas no resistentes que aparecieron en la progenie de plantas resistentes seleccionadas por Bautista (2004).

En la mayoría de los tratamientos establecidos en sustrato suelo, en baja y alta densidad, con variedades de autopolinización mostraron una marcada reducción en la frecuencia de plantas resistentes a herbicidas respecto a los de polinización libre y establecidos en peat moss (Cuadro 23). Esto pudo deberse a que la población F1 generada por autopolinización presentó depresión endogámica con la que pudieron hacerse más sensibles al daño por los herbicidas debido a genes de efecto detrimental, a pesar de que presentaron los genes de resistencia a herbicidas; mientras que la mayor frecuencia de plantas resistentes en la progenie de plantas seleccionadas por su resistencia y manejadas en polinización libre podría explicarse por efecto del tipo de acción génica en el que plantas resistentes pueden aparecer también por la cruce de plantas susceptibles.

b) Variedades resistentes autopolinizadas

Las variedades autopolinizadas (evaluadas en suelo a alta densidad de población) con más plantas resistentes fueron *C. ficifolia* con 5.25% de plantas resistentes a atrazina, mayor que las establecidas a baja densidad con 2.67%. El linuron, en *C. ficifolia* y a alta densidad, fue de 9.59% y a baja densidad, las plantas no resistieron la dosis de linuron. La simazina, en *C. ficifolia* y a alta densidad, fue 0.39% de plantas resistentes y a baja densidad se registró 0.69% de plantas resistentes (Cuadro 23). La baja frecuencia de plantas resistentes en el experimento establecido en suelo y a baja densidad posiblemente se debió a la mayor cantidad neta disponible de herbicidas por planta.

En *C. moschata* (en suelo y en alta densidad de población), el porcentaje de plantas resistentes a atrazina fue 0.75%, menor que en baja densidad de población, con 2.5% de plantas resistentes (Cuadro 23).

En suelo y a baja densidad de población existieron variedades donde todas las plantas murieron. Por ejemplo, en *C. pepo* y *C. argyrosperma* con atrazina, linuron y simazina, respectivamente, en *C. moschata* únicamente con linuron. A alta densidad de población, *C. pepo* mostró 0.00% de plantas resistentes a simazina (Cuadro 23).

Las variedades con mayor porcentaje de plantas resistentes a herbicidas, en relación al tipo de polinización y al experimento establecido en suelo (en alta y baja densidad), fueron las siguientes:

Alta densidad. Las variedades manejadas por autopolinización con mayor frecuencia de plantas resistentes a herbicidas fueron *C. ficifolia*-linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ con 9.5% y *C. ficifolia*-atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ con 5.2%. Para las variedades de polinización libre con mayor porcentaje de plantas resistentes y establecidas bajo estas mismas condiciones (suelo y en alta densidad) aparecen *C. pepo*-simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ con 3.2% y *C. argyrosperma* con 2.9% de plantas resistentes a simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (Cuadro 23).

Baja densidad. Las variedades establecidas a partir de plantas autopolinizadas con mayor porcentaje de plantas resistentes fue *C. ficifolia*-atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ con 2.6% de plantas resistentes, seguida de *C. moschata*-atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ con 2.5%. Dentro de las variedades de polinización libre, sobresalen *C. moschata*-simazina con 1.3% de plantas resistentes y *C. ficifolia*-simazina con 0.9% de plantas resistentes (Cuadro 23).

5. CONCLUSIONES

Los experimentos de verificación de la resistencia en suelo de plantas de calabaza seleccionadas a dosis comerciales de los herbicidas atrazina, linuron y simazina en peat moss como sustrato, indicaron que el peat moss no es un buen sustrato para utilizar en un sistema de selección de resistencia de calabazas a dichos herbicidas, porque se sobrestima la frecuencia de plantas resistentes, debido al alto contenido de materia orgánica que contiene con capacidad de adsorber al herbicida.

No todas las progenies de plantas de calabaza seleccionadas como resistentes, a dosis comerciales de herbicidas en peat moss, aportaron plantas resistentes a esas dosis, en un sistema de selección que uso suelo como sustrato.

De 34 variedades resistentes seleccionadas en peat moss, el 20.6% presentaron plantas resistentes cuando se evaluaron en suelo a baja densidad y un 79.4% de las plantas no resistieron las dosis de los herbicidas. En alta densidad se evaluaron 25 variedades, de éstas el 68% fueron de plantas resistentes y el 32% no aportó plantas resistentes. Del total de variedades evaluadas en suelo, en alta y baja densidad, el 59.3% de las plantas no fueron resistentes, por lo que en éstos últimos casos no se verificó la existencia de resistencia en dichas variedades ni siquiera en una baja frecuencia de plantas.

Las variedades resistentes que se manejaron por autofecundación, en alta y baja densidad, el 37.2% aportaron plantas resistentes cuando se evaluaron en suelo y el 50% fueron plantas resistentes manejadas en polinización libre, con respecto al tipo de polinización del total de variedades resistentes seleccionadas en peat moss.

El análisis general de las variedades resistentes, seleccionadas en peat moss manejadas por autopolinización y agrupadas por el tipo de herbicida con mayor

frecuencia de plantas resistentes a herbicidas fueron *C. ficifolia* en alta densidad de población, a linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ (9.59%), seguido de atrazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (5.25%), en tercer orden aparece *C. pepo*-linuron 1,250 g de i.a. ha⁻¹ con 3.3% de plantas resistentes.

En general, las especies resistentes manejadas con polinización libre y por el tipo de herbicida con mayor porcentaje de plantas resistentes fueron *C. pepo*-simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (3.28%), seguido de *C. argyrosperma*-simazina 1,800 g de i.a. ha⁻¹ (2.97%), ambas establecidas a alta densidad de población.

El análisis de la dinámica de daño ocasionado por los herbicidas estudiados indicó que el linuron ocasionó, en la mayoría de los casos, menor intensidad de daño que atrazina y simazina a la población de calabazas en las primeras etapas de evaluación, aunque a los 50 dds se igualaron los daños con los otros herbicidas.

El nivel de daño de los herbicidas en poblaciones de calabaza autofecundadas fue siempre mayor que en las poblaciones de plantas no autofecundadas.

6. APÉNDICE

Apéndice 1. Programación en un DEBA de las variables evaluadas en el primer experimento

```
*VARIABLES DE PLANTAS RESISTENTES A HERBICIDAS EN CALABAZAS
CORRESPONDIENTE AL EXPERIMENTO I (2006);
OPTIONS PS=500 LS=80 NODATE NONUMBER;
DATA EXPI;
INPUT DDS VARI BLOQ GH AP HM HI GER DAN PPR;
CARDS;
. . . . .
. . . . .
;
PROC MEANS; PROC SORT; BY DDS; PROC GLM; BY DDS;
CLASS VARI BLOQ;
MODEL GH AP HM HI GER DAN PPR = VARI BLOQ / SS4;
MEANS VARI / TUKEY LINES ALPHA=0.05;
RUN;
```

Apéndice 2. Programación en un DEBA de las variables evaluadas en el segundo experimento

```
*VARIABLES DE PLANTAS RESISTENTES A HERBICIDAS EN CALABAZAS
CORRESPONDIENTE AL EXPERIMENTO II (2007);
DATA EXP II;
OPTIONS PS=500 LS=80 NODATE NONUMBER;
INPUT DDS VARI BLOQ GH AP HM HI GER DAN PPR;
CARDS;
. . . . .
. . . . .
;
PROC MEANS;
PROC SORT; BY DDS; PROC GLM; BY DDS;
CLASS VARI BLOQ;
MODEL GH AP HM HI GER DAN PPR = VARI BLOQ / SS4;
MEANS VARI / TUKEY LINES ALPHA=0.05;
RUN;
```

7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Albores González, R. E. 1998. Selección de germoplasma de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) por tolerancia a diferentes dosis de atrazina y linuron, bajo condiciones de invernadero e hidroponia, en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 53 p.
- Ayala Esteban, J. A. 2002. Cambios ocasionados en los caracteres genéticos por la selección participativa en una variedad local de calabaza (*Cucurbita pepo* L.) Tipo 'Round Zucchini'. Tesis de Maestría en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 156 p.
- Bautista Reyes, F. 2004. Selección y multiplicación *in vitro* de calabazas (*Cucurbita* spp.) resistentes a herbicidas usados en maíz. Tesis de Maestría. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 63 p.
- Bernadac, A., J. Latché P., M. Roustan, M. Bouzayen and J. Pech C. 2002. Cucurbits, Pepper, eggplant, legumes and other vegetables. 250-293 pp. In: Victorino Vapuesta (Ed.). Fruit and vegetable biotechnology. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. England.
- Duke, S. O. and F. E. Dayan. 2001. Clasificación and mode of action of the herbicides. 31-44 pp. In: Rafael De prado y Jesús V. Jorrín (Eds). Uso de herbicidas en la agricultura del siglo XXI. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Burrill, L. C.; J. Cárdenas; E. Locatelli. 1977. Manual de campo para la investigación en control de malezas. Traducido por: Locatelli, A. I. y Locatelli, E. Internacional Plant Protection Center. Oregon State University, USA. 64 p.
- Camacho Ferre, F. 2006. El injerto de hortalizas. Técnica eco-compatible generadora de empleo. Experimentos de melón injertado en algunos países americanos y en España. Taller Internacional: Nuevas alternativas para el control para el control de problemas fitosanitarios del suelo en cultivos de cucurbitáceas. Universidad de Colima. Facultad de

- Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tecomán, Colima. (Memoria en versión electrónica).
- Castaños, C. M. 1993. Horticultura: manejo simplificado. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 527 p.
- Crawley, M. J. 1986. Plant ecology. Balckwell Scientific Publications. California, USA. 496 p.
- Cremlyn, R. J. 1991. Agrochemicals: preparation and mode of action. John Wiley & Sons. New York, USA. 396 p.
- Decoteau, D. R. 2000. Vegetable crops. Prentice-Hall Canada. Toronto, Canada. 464 p.
- Delgadillo García, A. 1998. Selección de germoplasma de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch) por tolerancia a atrazina y linuron en condiciones de invernadero e hidroponía, en Chapingo México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 54 p.
- Díaz Ríos, M. J. de. 1997. Evaluación en calabaza (*Cucurbita pepo*) de herbicidas empleados en maíz. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 32 p.
- Doijode, S. D. 2001. Seed storage of horticultural crops. Food Products Press. New York, USA. 339 p.
- Estrada Díaz, E. 2000. Selección de germoplasma de calabaza (*C. argyrosperma* var. *argyrosperma* Huber) por tolerancia a herbicidas selectivos a maíz (atrazina, linuron y simazina) en condiciones de invernadero e hidroponía. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 35 p.
- Foster, V. A. 2002. Genetically modified crop approvals and planted acreages. 17-22 pp. In: K. Rajasekaran, T. J. Jacks, and J. W. Finley (Eds). Crop biotechnology. American Chemical Society. Washintong, D.C.
- García de Miranda, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). 4^{ta} Ed. UNAM. Instituto de Geografía. México, DF. 217 p.

- García Torres, L. y C. Fernández Q. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 348 p.
- Gelernter, W. D. 1997. Productos transgénicos para el control de plagas: su desarrollo y comercialización, 40-53 pp. In: A. J. Hruska y M. Lara P. (Eds). Plantas transgénicas: *Bacillus thuringiensis* en la agricultura Mesoamericana. Editorial Zamorano Academia Press. Zamorano, Honduras.
- Gliessman, S. R. 2000. Agroecology: ecological processes in sustainable agricultura. Lewis Publishers. New York, USA. 347 p.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 355 p.
- Hernández Xolocotzi, E. 1977. Agroecosistemas de México: contribución a la enseñanza, la investigación y la divulgación agrícola. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 559 p.
- Kramer, P. J. 1983. Water relations of plants. Editorial Academia Press. Florida, USA. 489 p.
- Leñano, F. 1980. Hortalizas de fruto: manual de cultivo moderno. Editorial De Vecchi. Barcelona, España. 165 p.
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 445 p.
- Lira Saade, R. 1985. Identidad taxonómica de las calabazas cultivadas (*Cucurbita* spp.) en la península de Yucatán. *Biótica* 10(3):301-307.
- Lira Saade, R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las *cucurbitaceae* latinoamericanas de importancia económica. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 237 p.
- Mateo Box, J. M. 1993. Biotecnología, agricultura y alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 255 p.
- Maroto Borrego, J. V. 1989. Horticultura herbácea especial. Tercera Edición Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 566 p.
- Norris, R. F.; P. Caswell-Chen E. and M. Kogan. 2003. Concepts in integrated pest management. Prentice Hall. USA. 586 p.

- Ortiz Villanueva, B. y C. A. Ortiz S. 1990. Edafología. Séptima Edición. Patronato Universitario. Departamento de Suelos. UACH. Chapingo, México. 394 p.
- Padilla Albor, A. 2000 a. Selección de germoplasma de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch.) por tolerancia a herbicidas en invernadero e hidroponía, en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 32 p.
- Padilla Guillen, J. C. 2000 b. Selección de germoplasma de calabaza (*Cucurbita pepo* L) por tolerancia atrazina, linuron y simazina en condiciones de invernadero e hidroponía. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 32 p.
- Parsons, David B. 1979. Cucurbitáceas. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. México. 48 p.
- Pérez Alfonso, J. L. 1984. Cultivo de pepino en invernadero. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid, España. 303 p.
- Pérez Grajales, M.; S. Marquez F. y A. Lomelí P. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. UACH. 379 p.
- Rao, V. S. 2000. Principles of weed science. Second Edition. Science Publishers. USA. 555 p.
- Raya Hernández, M. 1998. Selección de germoplasma de chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché) por tolerancia a atrazina y linuron en condiciones de invernadero e hidroponía. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 41 p.
- Rice, R. P. 1992. Nursery and landscape weed control manual. Thomson Publications. California, USA. 290 p.
- Rodríguez Pozos, R. 2000. Selección de germoplasma de calabaza (*Cucurbita argyrosperma* var. *stenosperma*) por tolerancia a herbicidas en invernadero e hidroponía, en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 37 p.
- Ross, M. A. and C. A. Lembi. 1999. Applied weed science. Second Edition. Prentice Hall. New Jersey, USA. 452 p.

- Sánchez Galicia, F. 2000. Selección de germoplasma de chilacayote (*Cucurbita ficifolia* bouché) por tolerancia a atrazina, linuron y simazina en condiciones de invernadero e hidroponía. UACH. Chapingo, México. 36 p.
- Selim, H. M., L. Zhou and H. Zhu. 2003. Herbicide retention in soil as affected by sugarcane mulch residue. J. Environ. Qual. 32:1445-1454.
- Serrano Cermeño, Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernaderos. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 360 p.
- Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). 2007. Fig leaf squash: *Cucurbita ficifolia*. Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad. CONAVIO. 25 p. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20833_especie.pdf
- Smith, A. E. 1995. Handbook of weed management systems. Marcel Dekker. New York, USA. 741 p.
- Smith, J. E. 2004. Biotechnology. Cambridge University Press. Fourth Edition. Cambridge, United Kingdom. 271 p.
- Tardif F. J.; C. Preston and S. B. Ponles. 1997. Mechanism of herbicide multiple resistance in *Lolium rigidum*. 117-124 pp. In: Weed and crop resistance to herbicides. Kluwer Academic Publisher. USA.
- Teodoro Jiménez, M. 2005. Cultivo de calabazas. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 171 p.
- Thomson. 2006. Diccionario de especialidades agroquímicas. Ediciones PLM. Jalisco, México. (Versión electrónica).
- Xolo Fiscal, D. 2003. Selectividad de tres herbicidas sobre el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) a cuatro profundidades de siembra, en dos tipos de suelo, en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH. Chapingo, México. 46 p.
- Vigliola, M. I. 1991. Manual de horticultura. Segunda Edición. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 235 p.
- Vencill, W. K. 2002. Herbicide handbook. Eighth Edition. Weed Science Society of America. U.S.A. 493 p.

- Vives de la Torre, J. 2000. Caracterización agronómica de la variedad de calabaza de guía "Fitomer STG" (*Cucurbita pepo* L.) productora de semilla sin testa. UACH. Chapingo, México. 62 p
- Whitaker, Thomas W. and G. N. Davis. 1962. Cucurbits: botany, cultivation and utilization. Interscience Publishers, Inc. New York. 245 p.
- Zaccari, F. 2007. Una breve revisión de la morfología y fisiología de las plantas de zapallos (*Cucurbita* spp.). Departamento de Producción Vegetal. Centro Regional Sur. Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay. 8 p.
<http://www.fagro.edu.uy/~horticultura/CUCURBITACEAS/Fisiologia..pdf>
- Zimdahl, R. L. 1999. Fundamentals of weed science. Second Edition. Academic Press. California, USA. 556 p.