

# CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE CAIMITO (*Chrysophyllum cainito* L.), EN EL ESTADO DE MORELOS

J. E. Álvarez-Vargas<sup>1</sup>; I. Alia-Tejacal<sup>1</sup>; V. López-Martínez<sup>1</sup>;  
C. M. Acosta-Durán<sup>1</sup>; M. Andrade-Rodríguez<sup>1</sup>;  
M. T. Colinas-León<sup>2</sup>; I. Delgado-Escobar<sup>1</sup>; O. Villegas-Torres<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad, Núm. 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. C. P. 62209. MÉXICO. Correo-e: ijac96@yahoo.com.mx (<sup>1</sup>Autor responsable).

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

## RESUMEN

El caimito, es un frutal nativo de las Antillas, que se encuentra bien adaptado en algunas zonas tropicales de México. Actualmente todos los materiales son de pie franco lo que implica gran variabilidad genética, por lo que en la región de Tetecala y Coatlán del Río Morelos, representa una fuente potencial para diversificar la agricultura de la región. En el presente trabajo se evaluaron características físicas, químicas y morfológicas de frutos provenientes de 20 árboles, las cuales fueron: peso de fruto, cáscara, pulpa y semilla, número de semillas, longitud, diámetro y la relación longitud/diámetro del fruto, pH, acidez titulable, sólidos solubles, azúcares totales y color (luminosidad, matiz y cromaticidad). Se detectó gran variabilidad entre los frutos de los árboles evaluados. Las características peso del fruto, cáscara, pulpa y semilla, así como pH, acidez titulable y azúcares totales fueron las más representativas para formar tres grupos. El primer grupo se integró por los materiales con mayor tamaño (longitud: 59.5 mm, diámetro 59.1 mm) y peso (128.9 g) del fruto, el mayor número de semillas (3.3) y mayor contenido de sólidos solubles totales (11.7 °Brix); además, se ubicó el único material de color de cáscara verde, ya que el resto de los materiales presentaron un color rojo opaco. En el segundo y tercer grupo se ubicaron materiales con menor peso (entre 44 y 64 g) y tamaño (entre 40 y 45 mm de longitud y diámetro) del fruto, con valores intermedios y altos de azúcares totales (entre 84 y 104 mg·g<sup>-1</sup>), y menor número de semillas (entre 1.4 y 2.8). Se considera que el primer grupo tiene potencial para su selección y explotación hortícola.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** Sapotaceae, fruto, morfometría, azúcares totales, color, semillas.

## CHARACTERIZATION OF STARAPPLE (*Chrysophyllum cainito* L.) IN THE STATE OF MORELOS

### ABSTRACT

Star apple is a fruit original from the West Indies that is well adapted to some tropical areas of Mexico. Currently all materials are ungrafted, implying the existence of great genetic variation; thus, the region of Tetecala and Coatlan of the Morelos River, is representative of a potential source to diversify agriculture in such region. In the present study we evaluated the physical, chemical and morphological characteristics of fruits from 20 trees. The traits were: fruit, skin, pulp, and seed weights, number of seeds, fruit length and diameter, fruit length/diameter ratio, pH, titrated acidity, soluble solids and total sugars, color (luminosity, shade and chromaticity). We detected great variability among fruits evaluated from the trees. Fruit, skin, pulp, and seed weights, pH, titrated acidity and total sugars were the most representative traits in generating three groups. The first group consisted of fruit materials that were larger (length 59.5 mm, diameter 59.1 mm), heavier (128.9 g), higher in seed number (3.3) and with the most total soluble solids content (11.7 °Brix); and it included the only material with green skin, the rest of the materials had a red-opaque color. The second and third group included materials with less fruit weight (44 to 64 g) and size (40 to 45 mm of length or diameter), with intermediate and high values for total sugars (84 to 104 mg·g<sup>-1</sup>), and less number of seeds (1.4 to 2.8). We are considering that the first group has potential for selection and growth in orchards.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** Sapotaceae, fruit, morphometrics, total sugars, color, seeds.

## INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con mayor diversidad biológica del mundo, no sólo por poseer un alto número de especies, que es la noción más común de biodiversidad, sino también por su diversidad en otros niveles de la variabilidad biológica, como el genético y el de ecosistemas. Se estima que en el país se encuentran entre 10 y 12 % de las especies conocidas para la ciencia (SEMARNAP, 2003). También presenta gran potencial frutícola porque cuenta con 63 especies de frutas comercializadas y 220 especies con potencial documentado (Borys y Leszczyńska-Borys, 2001) entre las que se ubica, el caimito (*Cryosophyllum cainito* L.).

El área de origen del caimito se encuentra en las Antillas, y con la llegada de los europeos su cultivo se extendió al resto del continente, tanto así que actualmente se encuentra naturalizado en altitudes medias y bajas desde el suroeste de México hasta Panamá (Morton, 1987). El fruto es de sabor exquisito y se consume habitualmente como fruta fresca, cotizándose bien en las regiones donde se produce. Alía *et al.* (2005) señalan que la docena de frutos puede alcanzar un precio de hasta \$ 180.00 en los meses de noviembre y diciembre, producto de la floración desfasada de algunos árboles y durante la época de mayor producción (abril-junio) el valor oscila entre 20 y \$ 40.00.

Actualmente, en el estado de Morelos esta especie se encuentra en la región de Coatlán del Río y Tetecala, en donde su explotación se realizó a nivel de traspatio, ya que no existen huertas comerciales establecidas. La mayoría de los árboles son criollos con gran variación en sus características como altura, grosor del tallo, diámetro de copa, disposición de ramas, épocas de floración, tipos de frutos, etc. En particular, las características del fruto son los factores más importantes del árbol que el productor usa para seleccionar y fomentar el desarrollo de esta especie. Debido al interés por este frutal en la región, es importante caracterizar la variabilidad genética del material vegetal con que se cuenta, para ampliar las alternativas de producción con materiales selectos. Dado lo anterior en el presente trabajo se evaluaron materiales criollos de caimito con base en características del fruto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El período de colecta de frutos fue de noviembre de 2004 a mayo 2005, durante el cual se ubicaron huertas de traspatio con árboles de esta especie. Los frutos fueron colectados en la fase de madurez comercial, utilizando el indicador de cosecha de los productores, esto es, cuando se tiene más de 75 % de coloración en la cáscara del fruto. Se colectaron 10 frutos por árbol en un total de 20 árboles (Cuadro 1). El material colectado se trasladó al Laboratorio de Producción Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, donde se evaluaron diferentes variables físicas, químicas y morfológicas.

CUADRO 1. Materiales de caimito y lugar de colecta.

Materiales	Procedencia
AV1, M1, M2, HSI, ABE1, F21, MA1, FR3, FR4, PIL, PEI, AV3, ABE21, ABE22, ABE23, ABE24, ABE25	Coatlán del Río, Morelos
FE1, FEIII, 9M	Tetecala de la Reforma, Morelos

### VARIABLES EVALUADAS

En cada fruto se determinó su peso en una balanza digital OHAUS (0.01 g); las dimensiones del fruto, largo y ancho, se determinaron con un pie de Rey (Mitutoyo Ltd.) con una sensibilidad de 0.01 mm. El color de la cáscara se evaluó en la parte media del fruto y se realizó con un colorímetro (ColorTec-PCM™), el cual proporciona las lecturas de luminosidad L (100: blanco, 0: negro), a (+a: rojo, -a: verde) y b (+b: amarillo, -b: azul). Los valores de a y b, se transformaron al ángulo matiz (H) con la fórmula  $\tan^{-1} b/a$  y la cromaticidad (C) con la fórmula  $(a^2 + b^2)^{1/2}$  (Minolta, 1998).

Posteriormente, los frutos se disectaron en pulpa, semilla y cáscara, y se determinó su peso con una balanza digital. Se contó el número de semillas por fruto. Se tomaron 20 g de dos frutos y se homogenizaron con 100 ml de agua destilada, después se filtraron con dos capas de manta de cielo, del filtrado se tomó una gota y se depositó en el lector de un refractómetro (PAL-1, ATAGO®) para determinar los °Brix, el equipo se calibró con agua destilada; del filtrado se tomó una alícuota de 25 ml y se colocó en un vaso de precipitado con agitación constante y el pH de la solución se midió con un potenciómetro (PC 18 digital), posteriormente se evaluó la cantidad de NaOH 0.1 N necesaria para que la solución alcanzara un pH de 8.2, la acidez se expresó como porcentaje de ácido málico.

También se evaluaron los azúcares totales del fruto como lo describe Whitan *et al.* (1971); 1 g de tejido tomado de dos frutos se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 ml al cual se agregaron 50 ml de alcohol etílico al 80 % durante 5 min en ebullición, después se tomó 1 ml, que se depositó en un vaso de precipitado de 50 ml y se llevó a evaporación en un baño María digital (Felisa®) a 80 °C, enseguida se agregaron 50 ml de agua destilada, de esta solución se tomó 1 ml que se depositó en un tubo falcon y se aforó a 3 ml con agua destilada, se agregaron 6 ml de una solución de antrona (0.4 g de antrona + 100 ml de ácido sulfúrico concentrado) se agitó en un agitador eléctrico (DAIGGER Vortex Genie 2®) y se colocó en baño María a 80 °C durante 3 min, se dejó enfriar para tomar la lectura en un espectrofotómetro (GENESYS 6) a una longitud de onda de 600 nm. La cuantificación de azúcares totales se realizó con base en una curva de calibración de glucosa.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico descriptivo de la población evaluada con el procedimiento UNIVARIATE de SAS 8e (SAS, 2000), posteriormente se realizó un análisis multivariado de agrupación y ordenación, utilizando el Sistema de Análisis Multivariado y Taxonómico Numérico (NTSYSpc 2.1); el agrupamiento se realizó mediante el método de agrupamiento Secuencial, Aglomerativo, Jerárquico y Anidado (SHAN), con el que se construyó el respectivo dendograma de agrupamiento, obtenido con el método de ligamento promedio (UPGMA). En el análisis de ordenación se utilizó el de componentes principales con la matriz de correlación, mediante el cual se identificaron los caracteres que más contribuyeron para diferenciar los materiales evaluados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la zona de estudio se detectaron frutos de caimito color rojo, opaco y oscuro (95 %) y frutos de color verde (5 %), lo que indica mayor preferencia por los frutos con una coloración oscura de la pulpa, estos dos tipos de caimito fueron descritos por León (1987). Se detectó gran variación en el matiz (CV= 54.4 %) y cromaticidad de los frutos (CV= 82.3 %), probablemente por la amplia variedad en los colores y su intensidad (Cuadro 2).

Las dimensiones del fruto, como largo y diámetro, mostraron una variación alta con rangos de 60.3 y 54.1 cm, respectivamente; los valores promedio encontrados son similares a los mencionados por Arzudia *et al.* (1997) en colectas realizadas en Guatemala. Todos los frutos de caimito mostraron una relación L/D cercana a 1.0, lo que indica forma circular.

El peso del fruto, cáscara, semilla y pulpa fueron las características con mayor diferenciación de todas las variables evaluadas, con coeficientes entre 67.5 y 162 % (Cuadro 2); valores similares a los citados por Arzudia *et al.* (1997). El 60 % del peso total del fruto correspondió a la cáscara, 3 % a la semilla y 37 % a la pulpa; Morton (1987), indica que la "cáscara" del fruto está compuesta de un epicarpio delgado y duro, así como parte del mesocarpio que en la madurez comercial forma una cáscara resistente, la otra parte del mesocarpio es morada o blanca, acuosa y dulce y representa la pulpa del fruto. La gran variación en estos caracteres hace posible la búsqueda de materiales con mayor proporción de pulpa, para incrementar su uso potencial como fruta fresca o procesada.

El caimito puede tener hasta 10 semillas (Morton, 1987); sin embargo, en este estudio se encontraron como máximo 8 semillas (Cuadro 2), así como frutos sin semilla (Cuadro 2), aspecto importante para considerar en la selección de materiales promisorios. El número de semillas mostró coeficientes de variación de 70 %, por lo cual es un parámetro importante en la separación de grupos entre los árboles evaluados.

Los frutos de caimito presentaron gran variación en las características químicas que se evaluaron, así, los sólidos solubles, azúcares totales y acidez presentaron coeficientes de variación cercanos a 40 % (Cuadro 2). Los valores promedio de sólidos solubles fueron de 10.1 °Brix e indicaron que los frutos proporcionan buena cantidad de energía a quien los consuma, de hecho algunos frutos alcanzaron valores de 185.9 mg·g<sup>-1</sup> de azúcares totales. Arzudia *et al.* (1997) determinaron valores similares en colectas realizadas

**CUADRO 2.** Descriptores de características cuantitativas de fruto y estadísticas en una muestra de *Chrysophyllum cainito* L.

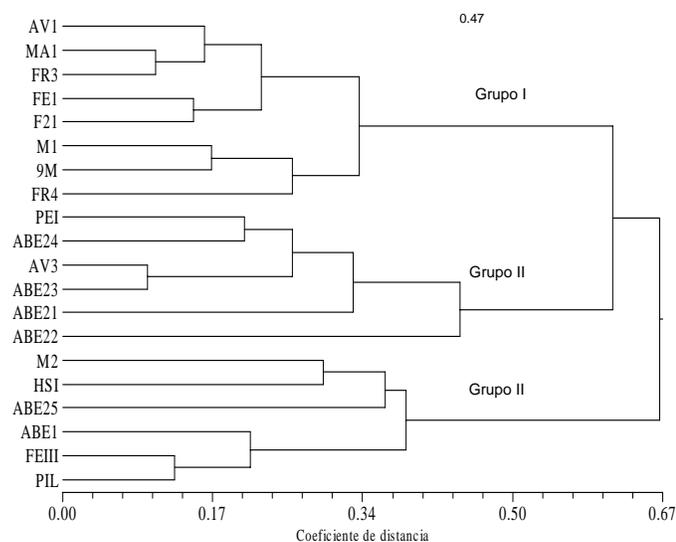
Caracteres	Estadísticos Simples					
	$\bar{x}^2$	s <sup>2</sup>	r	Mínimo	Máximo	CV (%)
Luminosidad	29.2	8.8	43.8	16.5	60.4	30.1
Matiz	56.1	30.7	89.5	0.17	89.7	54.4
Cromaticidad	8.6	7.0	34.6	0.9	35.5	82.6
pH	5.8	0.38	1.9	4.9	6.8	6.5
Sólidos solubles totales	10.6	3.9	17.5	1.0	18.5	36.7
Azúcares totales	90.8	35.5	181.0	4.8	185.9	39.0
Acidez	0.14	0.05	0.30	0.06	0.37	38.0
Largo	48.0	12.7	60.3	21.1	81.4	26.4
Ancho	47.3	11.8	54.1	22.0	76.1	24.9
L/D	1.0	0.1	1.0	0.4	1.4	9.9
Número de semillas	2.3	1.6	8.0	0.0	8.0	70.6
Masa	78.35	54.5	254.4	7.5	261.9	69.4
Masa de cáscara	44.2	29.8	127.3	4.6	131.9	67.5
Masa de semillas	1.8	2.9	34.7	0.0	34.7	162.7
Masa de pulpa	32.5	25.5	135.2	2.0	137.2	78.5

<sup>2</sup>  $\bar{x}$  : media aritmética; s<sup>2</sup>: desviación estándar; r: rango de variación; CV: coeficiente de variación.

en Guatemala; por su parte, Morton (1987) indica que los carbohidratos representan 14.6 % del fruto.

En el análisis de conglomerados, con un coeficiente de 0.47 se formaron tres grupos de árboles (Figura 1). En el primero se ubicaron ocho materiales, que representan 40 % de todos los árboles evaluados, donde se conglomeró el material de cáscara verde (FR4) junto con siete materiales de cáscara roja y opaca (AV1, MA1, FR3, FE1, F21, M1, 9M); adicionalmente, dentro de este grupo están los materiales de mayor tamaño y peso de fruto, mayor número de semillas y mayor concentración de sólidos solubles totales (Cuadro 3). Los valores promedio de matiz (74.8) tendientes al amarillo, probablemente se deban a la inclusión del material de cáscara verde (FR4) en este grupo (Figura 1).

El segundo grupo se integró por seis materiales: PE1, ABE24, AV3, ABE23, ABE21, ABE22, que representa 30 % del total de árboles evaluados, en este grupo los árboles tuvieron 50 % menos peso del fruto, cáscara y pulpa; los frutos fueron de tamaño intermedio y con cerca de tres semillas, mientras que su color fue cercano al rojo pero más opaco, y el contenido de sólidos solubles y azúcares fue intermedio (Cuadro 3).



**FIGURA 1.** Dendrograma de 20 genotipos de caimito (*Cryosophillum cainito*), construido por el método de UPGMA (ligamiento promedio).

**CUADRO 3.** Valores promedio de las variables evaluadas en los seis grupos formados por el análisis de conglomerados de 20 materiales caimito en el suroeste del estado de Morelos.

Grupo	PF (g)	LF (mm)	AF (mm)	L/D	pH	ACI (%)	PC (g)	PP (g)	PS (g)	NS	L	H	C	SST	AT (mg·g <sup>-1</sup> )
1	128.9	59.5	59.1	1.0	6.0	0.13	72.3	53.7	2.8	3.3	27.3	74.8	9.8	11.7	86.4
2	64.1	45.9	45.1	1.0	5.6	0.17	36.4	26.2	1.7	2.8	28.8	26.6	5.7	8.5	84.5
3	44.5	40.1	40.2	1.0	5.7	0.15	26.0	17.5	0.9	1.4	27.0	68.6	7.9	10.3	103.9

PF: peso de fruto; LF: longitud de fruto; AF: ancho de fruto; L/D: relación longitud/diámetro de fruto; PH: pH del fruto; ACI: acidez titulable; PC: peso de cáscara; PP: peso de pulpa; PS: peso de semilla; NS: número de semillas; L: luminosidad (0: blanco; 100: negro); H: ángulo matiz (0= rojo; 90: amarillo); C: cromaticidad (de opaco a color puro); SST: sólidos solubles totales; AT: azúcares totales.

En el último grupo se ubicaron seis materiales: M2, HSI, ABE25, ABE1, FEIII y PIL, que se caracterizaron por presentar los valores menores de longitud, diámetro y peso de cáscara, pulpa y semilla; también tuvieron el menor número de semillas, aunque la concentración de azúcares y sólidos solubles totales fueron intermedios (Cuadro 3).

El análisis de componentes principales determinó que los primeros tres componentes explicaron 85.8 % de la varianza total (Cuadro 4), en la cual, el primer componente explicó 52.6 % de la varianza total y se relacionó con peso del fruto, cáscara, semilla así como con el número de semilla; también algunas características químicas como los azúcares totales, pH y acidez influyeron en la formación de los grupos (Cuadro 5). El segundo componente se definió por la longitud y diámetro del fruto y explicó 21.6 % de la varianza total, en tanto que el tercer componente explicó 11.5 % de la varianza total y estuvo formado por los componentes de color: luminosidad, cromaticidad y matiz (Cuadro 5). El análisis de componentes principales confirma los resultados obtenidos en el análisis de conglomerados, en el que la separación de los materiales fue en gran medida por el peso del fruto, sus características químicas, así como su morfometría.

Actualmente, se han realizado pocos estudios de calidad para determinar las características del fruto que sean atractivas para el consumidor; sin embargo, se prefieren frutos de tamaño grande, con pocas semillas y gran concentración de azúcares totales, por lo cual los frutos del Grupo I, pueden ser explorados para su mejoramiento genético y explotación comercial; no obstante, es necesario conservar los materiales de los otros grupos. Recientemente, algunos programas de erradicación de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wiedemann) en Guatemala, implican la eliminación de árboles de caimito por ser el fruto hospedero de este insecto, lo cual genera desconfianza de los agricultores hacia la institución responsable y provoca una fuerte erosión genética (Arzudia *et al.*, 1997), situación similar que ocurre en México.

## CONCLUSIONES

Se detectó variabilidad en las características de los frutos de caimito provenientes de Coatlán del Río y Tetecala,

**CUADRO 4. Vectores propios de 15 variables en los tres primeros componentes principales, con base en la matriz de correlación de 20 genotipos de caimito (*Chrysophyllum cainito*).**

Variable original	Vectores propios		
	CP1	CP2	CP3
Luminosidad	0.3476	0.6989	<b>0.5519</b>
Matiz	0.2052	-0.6343	<b>0.3659</b>
Cromaticidad	0.4425	-0.2537	<b>0.7495</b>
pH	<b>0.9367</b>	0.1989	-0.0928
SST	0.5786	0.1562	-0.3963
Azúcares totales	<b>0.8499</b>	0.2863	0.0068
Acidez titulable	<b>0.9155</b>	-0.2747	-0.1955
Longitud	-0.2479	<b>0.9530</b>	-0.1100
Diámetro	-0.2032	<b>0.9277</b>	-0.1647
LD	0.9397	-0.1950	-0.1814
Número de semillas	<b>0.8688</b>	-0.0557	-0.3981
Masa de fruto	<b>-0.9298</b>	-0.2053	-0.2289
Masa de cáscara	<b>-0.8598</b>	-0.2384	-0.3417
Masa de semilla	<b>0.8519</b>	-0.2824	-0.3293
Masa de pulpa	<b>-0.8376</b>	-0.2770	-0.1439

**CUADRO 5. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los componentes principales, con base en la matriz de correlaciones aplicada a 15 características morfológicas de 20 materiales de caimito (*Chrysophyllum cainito*) en Morelos.**

Componente principal	Valor propio	Proporción de la varianza explicada (%)	
		Absoluta	Acumulada
1	7.90299902	52.6867	52.6867
2	3.24197622	21.6132	74.2998
3	1.73306524	11.5538	85.8536
4	1.05714736	7.0476	92.9013
5	0.46151546	3.0768	95.9780
6	0.32915187	2.1943	98.1724
7	0.14934947	0.9957	99.1680
8	0.05120604	0.3414	99.5094
9	0.04430755	0.2954	99.8048

Morelos. Se formaron tres grupos diferenciados principalmente por el peso, características químicas, dimensiones y color del fruto. El Grupo I, presentó buenas características potenciales para su explotación hortícola.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del Proyecto "Caracterización, Colección (*In situ*), Conservación, Evaluación (*Ex situ*) y Utilización de Sapotáceas de México" (SINAREFI), PIFI 2005-18-08 y al CONACYT mediante el SNI (34250, 31351), para la realización del presente trabajo.

#### LITERATURA CITADA

- ALIA T., I.; COLINAS-LEÓN, M. T.; CELIS-VELÁSQUEZ, R.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ACOSTA-DURÁN, C.; GUILLÉN, D.; TOLEDANO, C. 2005. Poscosecha durante el almacenamiento de caimito (*Crisophyllum cainito* L.). Investigación Agropecuaria 2: 7-13.
- ARZUDÍA, C.; MARTÍNEZ, E.; AYALA, H.; MARTÍNEZ, V. 1997. Sapotáceas del sur-occidente de Guatemala. Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad de San Carlos de Guatemala 1: 35-55.
- BORYS, M. W.; LESZCZYŃSKA-BORYS, H. 2001. El Potencial Frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Toluca, México. 99 p.
- LEÓN, J. 1987. Botánica de los Cultivos Tropicales. 2da edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 445 p.
- MINOLTA. 1998. Precise Color Communication. Minolta Co. Ltd. Osaka, Japan. 59 p.
- MORTON, J. F. 1987. Fruits of Warm Climates. Florida Flair Books. Miami, USA. 505 p.
- SAS, I. I. 2000. The SAS System for Windows, version 8e. Statistical Analysis Systems Institute Inc. Cary, USA.
- SEMARNAP 2003. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2002. Compendio de Estadísticas Ambientales. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) Tlalpan, México. 275 p.
- WHITAM, F. F.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. 1971. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold C. New York, USA. 245 p.