Estudio morfológico de diásporas de algunas especies de plantas acuáticas del Valle de México¹

MARTHA OLVERA y ANTONIO LOT²

RESUMEN. Se describe la morfología externa e interna de las diásporas de veintidos especies pertenecientes a doce familias de plantas acuáticas estrictas del Valle de México. Las características externas muestran gran variación a nivel de familia, mientras que en los taxa cercanamente relacionados se observa un patrón morfológico similar, y tanto la cubierta seminal como la superficie del pericarpo son de mayor valor taxonómico; la morfología interna de las semillas es muy semejante entre los taxa emparentados filogenéticamente. Se encontraron semillas albuminosas y exalbuminosas con dos tipos de embriones: amplio y linear, siendo este último el más común. El material de reserva de todas las semillas es almidón.

ABSTRACT. External and internal morphology of diaspores of twenty two species of twelve families of aquatic plants of Valley of Mexico are described. External study of the seeds show remarkable variations among the families, while those taxa nearly related exhibit a similar morphological pattern. The seed coat and the surface of the pericarp show a high taxonomic value. The internal features of the seed are very similar within related taxa. There are two kinds of seed: 1) albuminous and 2) exalbuminous, and two embryo types, broad and linear; the linear embryo is more common among species. Starch is the food reserve in all seeds.

En general la información sobre la morfología de las diásporas de plantas vasculares acuáticas se encuentra en floras y revisiones taxonómicas, en las cuales frecuentemente son tratadas superficialmente. La morfología detallada de las diásporas proporciona descripciones útiles en las delimitaciones taxonómicas, sobre todo en las especies que

¹ Este trabajo representa una parte de la tesis de licenciatura presentada en 1988 por la primera autora en la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apodo. Postal 70-233, Delegación Coyoacán, 04510, México, D. F.

presentan alta plasticidad vegetativa como respuesta a cambios en el nivel del agua (de unos cuantos centímetros inclusive). Este fenómeno, por ejemplo, es común observarlo en *Sagittaria latifolia* que puede presentar hasta seis diferentes tipos de hojas dependiendo de las condiciones ambientales, conduciendo a determinaciones taxonómicas erróneas o a la derivación de variedades o subespecies cuando se trata sólo de especies polimórficas (Sculthorpe, 1967).

En este trabajo se describe la morfología de las diásporas de 22 de las especies de plantas acuáticas estrictas más conocidas de las 36 registradas en la literatura para el Valle de México, y se comentan algunas implicaciones taxonómicas y biológicas de sus caracteres morfológicos.

En este estudio se ha denominado diásporas a las semillas y a los frutos uniseminados, porque a menudo en las plantas acuáticas los pequeños frutos uniseminados una vez separados de la planta progenitora, resulta difícil diferenciarlos de las semillas.

MATERIAL Y MÉTODO

En la tabla 1 se presentan las especies estudiadas, las localidades de recolección y los recolectores. Las semillas y los frutos maduros se recolectaron en su habitat (diversas localidades de la Cuenca de México, excepto *Ceratophyllum demersum* que se recolectó en Campeche por no encontrarse material fértil en la región de estudio) o de ejemplares herborizados del Herbario Nacional (MEXU), Instituto de Biología, UNAM. El material se examinó con un microscopio estereoscópico y se hicieron diferentes mediciones de las diásporas para obtener el tamaño mínimo y máximo; el número de diásporas medidas dependió de la abundancia del material disponible, pero en promedio se hicieron observaciones de 20 diásporas (de varios individuos o ejemplares) de cada especie.

Para el estudio morfológico interno de la semilla, se realizaron secciones longitudinales a mano de las diásporas previamente hidratadas. Las secciones se tiñeron con una solución de yodo para identificar la región y tipo de material de reserva (Johansen, 1940). Sin embargo este procedimiento no permitió distinguir con claridad las estructuras, particularmente en las semillas pequeñas, por lo que se hicieron cortes más finos de la semilla por el método de inclusión en parafina. El material se escarificó e hidrató de 24 a 48 hr. a 4 °C, se fijó en FAA (formol-alcohol-ácido acético), se deshidrató en series graduales de alcohol etílico y se incluyó en parafina (Johansen, 1940); se obtuvieron cortes longitudinales de 10 a 15 μ en un microtomo de rotación y se tiñeron con safranina/verde-rápido (Sass, 1958).

RESULTADOS

Morfología externa. Las diásporas de los taxa estudiados son semillas y frutos uniseminados tales como mericarpos, aquenios y frutos parecidos a drupas y sus características morfológicas son resumidas en la tabla 2.

De manera general se observa entre las familias, que hay diferencias notables en forma, tamaño y cubiertas de las diásporas; mientras que a nivel interespecífico varían muy poco, aunque se aprecia un carácter constante entre los miembros de cada familia. Este hecho, por ejemplo, se observa claramente en las familias Pontederiaceae y Potamogetonaceae. En la primera las costillas longitudinales y las estrías transversales son características comunes entre las especies de *Eichhornia* y *Heteranthera* y, en la segunda el lomo dorsal de los frutos es un carácter común entre las especies de *Potamogeton* y *Ruppia*.

Asimismo, se nota que la morfología de la superficie de la cubierta seminal y del pericarpo, aporta diferencias significativas para la delimitación taxonómica de las especies. En el caso de las ninfáceas, se observaron 2 de los 4 tipos de cubierta seminal que Weberbauer (citado por Conard, 1905) distingue para la familia; uno de superficie glabra y costillas longitudinales (*Nymphaea gracilis*, fig. 1a) y el otro de superficie glabra, lisa y brillante (*N. odorata*, fig. 1b).

La superficie del pericarpo en *Ceratophyllum* también ofrece diferencias notables en las especies estudiadas. En *C. demersum* es lisa (fig. 1k) y en *C. muricatum* es reticulada (figs. 2a, 2b).

Las semillas de las pontederiáceas estudiadas, muestran diferencias en la cubierta seminal, particularmente en la región calazal. Las semillas de *Eichhornia* tienen la región calazal truncada con una depresión circular de color oscuro (fig. 1g), mientras que en las de *Heteranthera* es mucronada (figs. 1h, 1i).

En contraste con lo anterior, en las semillas de *Typha* no se observaron diferencias notables. Tanto en *T. domingensis* como en *T. latifolia* la cubierta seminal es reticulada, la semilla de ambas especies son iguales en forma y hay sobreposición en su tamaño, siendo difícil separar las semillas de una y otra especie con base sólo en estas características.

Es importante señalar que la tipificación de los frutos no resultó fácil para todos los casos, particularmente en aquellos pertenecientes a la familia Potamogetonaceae. Estos han sido denominados por diferentes autores como drupeolas, nueces o aquenios, sin que ninguno de estos términos los describa adecuadamente. De acuerdo con Aalto (citado por Haynes, 1974) y nuestras observaciones, los frutos de potamogetonáceas son histológicamente drupas; están diferenciados en un exocarpo y un mericarpo carnosos y el endocarpo endurecido. Este último se abre a manera de tapadera a través de dos líneas a lo largo del lomo dorsal durante la germinación, por lo que son dehiscentes. Sin embargo, la drupas son frutos indehiscentes (Font Quer, 1965 y Radford, *et al.*, 1974) y para diferenciar éstos de los frutos de las potamogetonáceas, se ha preferido usar en este trabajo el término "parecido a una drupa". Además, es importante subrayar que en

TABLA 1. Especies de plantas acuáticas estudiadas

TAXA	COLECTOR	LOCALIDAD
<i>Sagittaria latifolia</i> Willd. var. <i>latifolia</i>	Lot y Novelo 898	Laguna de Texcaltengo al E de Toluca, México
<i>S. macrophylla</i> Zucc.	B.V.A. 650 Lot y Novelo 1044	Laguna de Zumpango, Mun. Zumpango, México
	Olvera 40	Canales aledaños a la Laguna de Atenco al NW de Texcoco, México Laguna Espejo de los Lirios, Cuautitlán Izcalli
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	Ocaña 132	Laguna del Este, Mun. Cd. del Carmen, Campeche*
<i>C. muricatum</i> Cham.	Olvera 10	Canales de Xochimilco, Distrito Federal
<i>Triglochin mexicanum</i> Kunth	Rojas s/n Lot y Novelo 1188	Lago Cuitzeo, Michoacán Llanos inundables a 2.5 km al E de Tequitzila, Puebla
<i>Lilaea scilloides</i> (Poiret) Hauman	Lot y Novelo 963 Novelo 770	Desviación a Villa Alpina, carr. México-Toluca Charca a 10 km al NE de Tepetzotlán, México
<i>Nymphoides fallax</i> Ornduff	Miranda 153, Olvera 44 Olvera 44	Laguna Espejo de los Lirios, Cuautitlán- Izcalli
<i>Lemna gibba</i> L.	Barkley, Paxon & Webster 2442	Puebla
<i>Najas guadalupensis</i> (Sprengel) Magnus var. <i>guadalupensis</i>	Lot y Novelo 1058 Novelo 788	Zonas inundables al SE de la Presa Cuevecillas, ca. autopista México-Querétaro, México Puerto Alegre, San Juan del Río, Querétaro
<i>Nymphaea gracilis</i> Zucc.	Lot y Novelo 906, Olvera 45	Laguna Espejo de los Lirios, Cuautitlán, Izcalli
<i>N. odorata</i> Ait. var. <i>gigantea</i> Tricker	Lot y Novelo 1191	Lago Atezca, a 6 km al E de Molango, Hidalgo

TAXA	COLECTOR	LOCALIDAD
<i>Eichhornia crassipes</i> (C. Martius) Solms-Laub.	Novelo s/n	s/1
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	Lot y Novelo 1178 Novelo 778	Charca a 10.2 km al N de Tepetzotlán, México Laguneta 10 km al N de Amealco, Querétaro
<i>H. peduncularis</i> Benth	Novelo 768 Novelo 789 Lot y Novelo 1987, 1177.	Charca al E de Tepetzotlán, México Puerto Alegre, 10 km al N de Amealco, Querétaro Charca a 100 m de la Presa de la Concepción, México
<i>Potamogeton Illinoensis</i> Morong	B.V.A. 672	Laguna de Tecocomulco, Hidalgo
<i>P. nodosus</i> Poirét	Novelo 769 Olvera 31	10 km al NW de Tepetzotlán, México Vivero municipal de Tepetzotlán, México
<i>P. pectinatus</i> L.	Olvera 12 Olvera 43	Canales de Xochimilco, Distrito Federal Exlago de Texcoco, México
<i>P. pusillus</i> L.	Olvera 1 Olvera 34	Laguna Guadalupe Victoria, México Vivero municipal de Tepetzotlán, México
<i>Ruppia maritima</i> L.	Olvera 42	Exlago de Texcoco, México
<i>Typha dominguensis</i> Presl	Lot y Novelo 1181	Laguna Espejo de los Lirios, Cuautitlán-Izcalli
<i>T. latifolia</i> L.	Miranda 2490	Lago de Epatlán, Puebla
<i>Zannichellia palustris</i> L.	Lot y Novelo 1038 Novelo 475	1 km al E de la Planta Termoeléctrica del Valle de México, junto a Totolcingo, México Canales al W de la laguna de Tecocomulco, Hidalgo

* explicación en el texto.

TABLA 2. Características externas e internas de las diásporas estudiadas

Diáspora / Taxa	Forma	Tamaño (mm)
Semilla		
<i>Nymphaea gracilis</i> (1)	esferoide	1.7 X 1.4
<i>N. odorata</i> (1)	elipsoide	1.8 X 1.3
<i>Nymphoides fallax</i> (2)	elipsoide	2.0 X 1.6
<i>Najas guadalupensis</i> (3)	fusiforme	2.6 X 0.7
<i>Lemna gibba</i> (4)	ovoide a obovoide	0.8 X 0.6
<i>Typha domingensis</i> (5)	fusiforme	0.8 X 0.2
<i>T. latifolia</i> (5)	fusiforme	0.9 X 0.2
<i>Eichhornia crassipes</i> (6)	oblongo obovoide	1.5 X 0.7
<i>Heteranthera limosa</i> (6)	elipsoide	0.7 X 0.3
<i>H. peduncularis</i> (6)	elipsoide	1.0 X 0.3
Mericarpo		
<i>Triglochin mexicanum</i> (7)	linear triqueto	4.1 X 0.8
Aquenio		
<i>Ceratophyllum demersum</i> (8)	elipsoide	4.5 X 2.9
<i>C. muricatum</i> (8)	elipsoide	4.1 X 2.6
	obovoide	
<i>Sagittaria latifolia</i> (9)	obovoide	3.5 X 1.9
<i>S. demersa</i> (9)	obovoide	3.2 X 1.4
<i>Zannichellia palustris</i> (10)	elipsoide	2.0 X 0.8
<i>Lilaea scilloides</i> (11)	lanceolado triqueto	4.0 X 2.0
	elipsoide	4.5 X 2.1
Parecido a drupa		
<i>Potamogeton illinoensis</i> (12)	obovoide	2.2 X 2.0
<i>P. nodosus</i> (12)	obovoide	3.8 X 2.7
<i>P. pectinatus</i> (12)	obovoide a orbicular	2.6 X 2.3
<i>P. pusillus</i> (12)	obovoide	1.8 X 1.6
<i>Ruppia maritima</i> (12)	ovoide	1.8 X 1.1

(1) Nymphaeaceae, (2) Menyanthaceae, (3) Najadaceae, (4) Lemnaceae, (5) Typhaceae, (6) Pontederiaceae, (7) Juncaginaceae, (8) Ceratophyllaceae, (9) Alismataceae, (10) Zannichelliaceae, (11) Lilaeaceae, (12) Potamogetonaceae.

MORFOLOGIA DE DIASPORAS DE PLANTAS ACUATICAS

Superficie y/o apéndices	Embrión		Endospermo	Cubierta seminal	
	Tamaño	No. de cotiledones		No. de capas	Consistencia
acostillada, arilo	P	2	+	2	ext. papirácea
lisa, arilo	P	2	+	2	int. esclerosada
areolada, aréolas irregulares	M	2	+	1	esclerosada
areolada, aréolas 4-6 ángulos	T	1	-	2	ext. esclerosada
					int. membranosa
acostillada, opérculo prominente	T	1	-	1	esclerosada
reticulada	M	1	+	2	membranosa
reticulada	M	1	+	2	membranosa
10-12 costillas, estriada	M	1	+	1	esclerosada
10-12 costillas, estriada	M	1	+	1	esclerosada
8-10 costillas, estriada	M	1	+	1	esclerosada
acostillado dorsalmente	T	1	-	1	membranosa
lisa, espinas 2 basales	T	2	-	1	membranosa
tuberculada, espinas numerosas laterales	T	2	-	1	membranosa
alado, rostelo lateral	T	1	-	1	membranosa
alado, rostelo subapical	T	1	-	1	membranosa
espinoso lateralmente, estipitado	T	1	-	1	membranosa
acostillado, alado	T	1	-	1	membranosa
acostillado, rostelo tricorne					
lomo dorsal redondeado	T	1	-	1	membranosa
lomo dorsal crestado	T	1	-	1	membranosa
lomo dorsal liso	T	1	-	1	membranosa
lomo dorsal redondeado	T	1	-	1	membranosa
lomo dorsal liso, caras	T	1	-	1	membranosa
foveoladas					

I = embrión indiferenciado, M = mediano, P = pequeño, T = total, - (sin endospermo), + (abundante, ocupando la mitad de la cavidad de la semilla), ++ (endospermo escaso, perispermo muy abundante).

Potamogeton se describe la morfología del exocarpo, mientras que en *Ruppia* se describe la del endocarpo, ya que las partes carnosas en esta última son muy delgadas y se desprenden tempranamente dejando expuesto el endocarpo.

Morfología interna. Con base en la clasificación de los embriones propuesta por Martin (1946), se encontraron básicamente 2 tipos de semillas. En primer lugar, las semillas con el embrión de tipo amplio, presente en las especies de *Nymphaea*. Este embrión ocupa un volumen pequeño en la región micropilar rodeado de unas cuantas células del endospermo y embebido en el tejido de reserva o perispermo (Conard, 1905 y Wiersema, 1987) que contiene almidón.

En segundo término, las semillas con el embrión de tipo linear, que se observó en 13 de los 14 géneros estudiados. Los embriones generalmente son más largos que anchos, rectos, curvados o doblados; de tamaño mediano a total y diferenciados o no (fig. 3a-m). Martin (1946) expresa el tamaño del embrión en proporción de su volumen y la cantidad de endospermo, de tal manera que las semillas se subdividen en: a) exalbuminosas con el embrión total que ocupa toda la cavidad de la semilla y b) albuminosas con el embrión mediano. En este último, el embrión ocupa la mitad de la cavidad de la semilla y se encuentra rodeado por el endospermo, como se observa en las especies de *Nymphoides*, *Typha*, *Eichhornia* y *Heteranthera*, que también contiene almidón.

En la mayoría de las especies de las monocotiledóneas (véase tabla 2) el embrión no está diferenciado, excepto en *Ruppia maritima* y en *Zannichellia palustris* en las que se observa un cotiledón y un hipocótilo macrópodo, además de la radícula en *R. maritima* (figs. 3e, 3f).

En contraste, en las semillas de la dicotiledóneas observadas (*Nymphaea*, *Nymphoides* y *Ceratophyllum*) el embrión está diferenciado en cotiledones, hipocótilo y/o epicótilo y/o radícula. Además se observa una alta diferenciación de la plúmula en *Ceratophyllum*. En *C. demersum* la primera hoja de la plúmula es simple, mientras que en *C. muricatum* (fig. 3l) es generalmente bipartida y ocasionalmente simple.

La cubierta seminal en los taxa con mericarpos (*Triglochin*), aquenios (*Ceratophyllum*, *Sagittaria*, *Zannichellia* y *Lilaea*) y frutos parecidos a drupas (*Potamogeton* y *Ruppia*), está reducida o modificada a una capa membranosa, pero de cierta resistencia. Por el contrario, en los taxa con semillas como unidad de dispersión (véase tabla 2), la cubierta seminal está esclerosada y su extraordinaria dureza se debe a la paredes celulares lignificadas de la cubierta.

Fig. 1. a-i semillas. a. *Nymphaea gracilis* (Olvera 45), semilla arilada, región calazal y micropilar respectivamente; b. *N. odorata* (Lot & Novelo 1191); c. *Nymphoides fallax* (Olvera 44); d. *Najas guadalupensis* (Novelo 788); e. *Lemna gibba* (Barkley, Paxon & Webster 2442); f. *Typha domingensis* (Lot & Novelo 1181); g. *Eichhornia crassipes* (Novelo s/n); g. *Heteranthera peduncularis* (Novelo 768); i. *H. limosa* (Novelo 778); j. *Triglochin mexicanum* (Lot & Novelo 1188), mericarpo y semilla respectivamente; k. *Ceratophyllum demersum* (Ocaña 132), aquenios. Escala = 1 mm.

Fig. 2. a-c aquenios. a. *Ceratophyllum muricatum* (Olvera 10); b. *Sagittaria latifolia* (Novelo s/n); c. *S. macrophylla* (Lot & Novelo 1044); d. *Zannichellia palustris* (Novelo 475); e. *Lilaea scilloides* (Lot & Novelo 963); f-j. drupas, f. *Potamogeton illinoensis* (BVA 672); g. *P. nodosus* (Novelo 769); h. *P. pectinatus* (Olvera 43); i. *P. pusillus* (Olvera 1); j. *Ruppia maritima* (Olvera 42). Escala = 1 mm.

Fig. 3. a-m cortes longitudinales de frutos y semillas. a. *Sagittaria latifolia*; b. *Triglochin mexicanum*; c. *Lilaea scilloides*; d. *Potamogeton pectinatus*; e. *Ruppia maritima*; f. *Zannichellia palustris*; g. *Najas guadalupensis*; h. *Typha domingensis*; i. *Lemna gibba*; j. *Eichhornia crassipes*; k. *Nymphaea odorata*; l. *Ceratophyllum muricatum*; m. *Nymphoides fallax*. c (cotiledón), e (embrión), en (endospermo), h (hipocótilo), p (plúmula), pe (perispermo), r (radícula). Escala = 1 mm.

DISCUSIÓN

Como puede verse en los resultados, la variación morfológica externa de las diásporas se manifiesta en la forma, el tamaño, la superficie de la cubierta y en los apéndices como alas, espinas, costillas, etc. Esta variación ofreció caracteres confiables en la caracterización de las hidrofítas aquí tratadas, por lo que tienen valor taxonómico para separar las especies, lo que concuerda con lo señalado por Lawrence (1951) y David y Heywood (1963) para las plantas vasculares en general.

Los resultados muestran que en la mayoría de los taxa la delimitación de las especies se basa en la superficie de la semilla o del pericarpo, lo que sugiere que este carácter tiene mayor valor taxonómico que el resto de los caracteres.

Lo anterior se confirma con lo observado en las semillas de las ninfáceas, en donde la cubierta seminal proporcionó diferencias significativas entre *Nymphaea gracilis* y *N. odorata*. De hecho, Wiersema (1987) reconoce el valor sistemático de este carácter en las ninfáceas y distingue 4 tipos de cubierta seminal para las especies del subgénero *Hydrocallis*. De igual manera, la importancia taxonómica de la cubierta seminal es considerada en *Najas*. Haynes (1977) menciona que los caracteres de la semilla son los más importantes para distinguir muchas de las especies de este género.

Para el caso de las semillas de *Typha*, en las cuales la cubierta seminal no mostró diferencias apreciables entre *T. domingensis* y *T. latifolia*, indica el poco valor taxonómico de este carácter en estas especies.

Con respecto a la problemática de la tipificación de los frutos de las plantas acuáticas, se señaló anteriormente que la clasificación de los frutos propuesta por Radford, *et al.* (1974), basada en el origen, textura y dehiscencia de los frutos, en muchos casos no es útil al intentar definir los frutos de estas plantas. Dalgren y Clifford (1982) mencionan que particularmente en las monocotiledóneas esta terminología es muy complicada y no es fácil interpretar las descripciones que hacen de éstos. Particularmente en las plantas acuáticas con frutos sumergidos, como en *Potamogeton*, *Najas*, *Ruppia*, *Ceratophyllum*, etc., el uso de la palabra "parecido a" precedido del tipo de fruto puede ser recomendado para indicar cierta variación en estos frutos que indiquen alguna adaptación al medio acuático.

En lo que respecta a la morfología interna de la semilla, Martin (1946) señala que ésta es constante en los taxa cercanamente relacionados pudiéndose agrupar en categorías taxonómicas superiores a la de familia y aporta información importante para explicar sus relaciones de parentesco.

Los resultados de este trabajo muestran en efecto, que las características del embrión son muy constantes dentro de los taxa cercanamente emparentados. Así, el embrión pequeño de tipo amplio observado en las especies de *Nymphaea*, se presenta además en los miembros del orden Nymphaeiflorae (Dalgren y Clifford, 1982). El tipo de embrión observado en las tifáles también se presenta en el superorden Commeliniflorae y el de las pontederiaceas en el superorden Liliiflorae (Dalgren y Clifford,

1982). El resto de las especies estudiadas, excepto *Lemna* y *Ceratophyllum*, con el embrión linear, de tamaño total y sin endospermo pertenecen al superorden Alismatiflorae (Dahlgren y Clifford, 1982). Asimismo, este grupo es incluido en el orden Helobiae (Alismatidae) según la clasificación de Tomlinson (1982), quien menciona que la falta de endospermo en la semilla de estos taxa, se debe a que durante la maduración de la semilla el endospermo es reabsorbido por el embrión.

En cuanto a la presencia de embriones macrópodos, Dahlgren y Clifford (1982) los han reportado sólo en las monocotiledóneas, concretamente en Najadales (*Najas*) y Zosterales (*Ruppia* y *Zannichellia*, entre otros). Sin embargo, en *Najas guadalupensis* no se observó el embrión diferenciado, probablemente debido a que el material estudiado estaba en un estado temprano de desarrollo.

Con respecto a la diferenciación del embrión en las dicotiledóneas, de particular interés es la alta diferenciación de la plúmula observada en el embrión de *Ceratophyllum*. Esta característica ha sido considerada de importancia taxonómica por Muenscher (1940) y Les (1985) para separar las diferentes especies de *Ceratophyllum* dado el polimorfismo vegetativo y de los frutos. Sin embargo, Lowden (1978) cuestiona la validez taxonómica de este carácter ya que él observó en algunas semillas de *C. muricatum* la primera hoja de la plúmula simple como en *C. demersum*, observaciones que coinciden con las nuestras.

Otro aspecto interesante de la morfología de las semillas, es la constitución de la cubierta seminal. La reducción de ésta en los frutos indehiscetes, se explica en parte por la presencia de pericarpos esclerosados, como los de *Ceratophyllum*, o bien por la presencia de pericarpos delgados pero resistentes e impermeables como los de *Sagittaria*, en los cuales la función protectora de la cubierta seminal es sustituida por el pericarpo.

La presencia de cubiertas seminales o pericarpos esclerosados (en los frutos uniseminados), como ya ha sido mencionado por Arber (1972), Croker (1907) y Sculthorpe (1967), explica el porqué la mayoría de las semillas de las hidrofitas presentan una latencia prolongada y no ocurre la germinación hasta que la pared del pericarpo se pierde o bien hasta que el micrópilo pierde la capa cutinizada que lo protege y, por otra parte, también explica la tolerancia de las diásporas a una prolongada inmersión.

AGRADECIMIENTOS. Agradecemos a la Dra. Judith Márquez las facilidades prestadas en la realización del trabajo de laboratorio y al M. en C. Alejandro Martínez por el trabajo fotográfico, ambos de la Facultad de Ciencias, UNAM. A la Dra. Patricia Dávila del Instituto de Biología, UNAM, la revisión crítica del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- ARBER, A. 1972. Water plants. A study of aquatic angiosperms. Cambridge University Press. 436p.
- CONARD, H.S. 1905. The waterlilies: a monograph of genus *Nymphaea*. Publ. Carnegie Inst. Wash. 4:1-279
- CROKER, W. 1907. Germination of seeds of water plants. Bot. Gaz. (Crawfordville). 44:375-380.
- DAHLGREN, R.M. y H.T. CLIFFORD. 1982. The monocotyledons: a comparative study. Academic Press. Inc. 378p.
- DAVIS, P.H. y V.H. HEYWOOD. 1963. Principles of angiosperm taxonomy. Robert E. Krieger Publish. Company. Huntington, New York. 550p.
- FONT QUER, P. 1965. Diccionario de botánica. Editorial Labor, Barcelona. 1244p.
- HAYNES, R.R. 1974. Revision of the North American *Potamogeton* subsection *pusilli* (Potamogetonaceae). Rhodora 76(808):564-649.
- HAYNES, R.R. 1977. The Najadaceae in the southeastern United States. J. Arnold Arbor. 58(2):161-170.
- JOHANSEN, A.D. 1940. Plant microtechnique. McGraw Hill, New York. 523p.
- LAWRENCE, G.H.M. 1951. Taxonomy of vascular plants. MacMillan Pub. Co., Inc. New York. 823p.
- LES, D.H. 1985. The taxonomic significance of plumule morphology in *Ceratophyllum* (Ceratophyllaceae). Syst. Bot. 10(3):338-346.
- LOWDEN, R.M. 1978. Studies on the submerged *Ceratophyllum* L. in the neotropics. Aquat. Bot. 4(2):127-142.
- MARTIN, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seed. Amer. Midl. Naturalist 36:513-660.
- MUENSCHER, W.C. 1940. Fruits and seedlings of *Ceratophyllum*. Amer. J. Bot. 27:231.
- RADFORD, A., W.C. DICKINSON, J.R. MASSEY y C.R. BELL. 1974. Vascular plant systematics. Harper & Row, New York. 891p.
- SASS, J.E. 1958. Botanical microtechnique and cytochemistry. 3a. ed. The Iowa State University, Iowa. 228p.
- SCULTHORPE, C.D. 1967. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold, London. 610p.
- TOMLINSON, P.B. 1982. Anatomy of the monocotyledons. VII. Helobiae. Ed. C.R. Metcalfe. Clarendon Press, Oxford. 551p.
- WIERSEMA, J.H. 1987. A monograph of *Nymphaea* subgenus *Hydrocallis* (Nymphaeaceae). Syst. Bot. Monogr. 16:1-112.