

144  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS

MANUAL DE IDENTIFICACIÓN DE SEMILLAS  
DE PLANTAS VASCULARES ACUÁTICAS DEL  
VALLE DE MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A

MARTHA VIRGINIA OLVERA GARCÍA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## CONTENIDO

	Páginas
<b>Agradecimientos</b>	
Resumen .....	1
Introducción .....	2
Area de estudio .....	7
Material y Método .....	14
Resultados .....	16
Clave para diásporas .....	21
Clave para frutos .....	23
Clave para semillas .....	24
Descripciones .....	26
Discusión .....	48
Morfología externa .....	48
Morfología interna .....	52
Dispersión .....	57
Consideraciones finales .....	64
Bibliografía .....	68
Apéndice .....	73
Glosario .....	77

## RESUMEN

El presente trabajo contempla el estudio morfológico externo e interno de las semillas de 24 especies comprendidas en 11 familias de monocotiledóneas y 3 familias de dicotiledóneas acuáticas estrictas del Valle de México, realizado con el propósito de elaborar descripciones detalladas de la semilla y claves específicas para su identificación.

El término semilla es utilizado en un sentido funcional, denominando con este término a la unidad de dispersión, es decir, tanto a los frutos indehiscentes uniseminados como a la semilla.

La variabilidad morfológica encontrada en las semillas permitió diferenciarlas a nivel de familia, mientras que en los géneros y especies de una familia se observó que hay ciertos caracteres constantes y las pequeñas diferencias son significativas taxonómicamente, lo que permite delimitar las especies. Con respecto a la morfología interna de las semillas, se encontró que su organización varía escasamente en los taxa emparentados filogenéticamente.

Las modificaciones morfoanatómicas de las semillas se analizaron en relación a las adaptaciones para la dispersión.

Se discuten algunos aspectos sobre la problemática de la clasificación de los frutos de las hidrófitas estudiadas.

Finalmente, se concluye que el estudio morfológico de las semillas, además de ser una herramienta útil en las delimitaciones taxonómicas, contribuye al conocimiento de la biología de estas plantas.

## INTRODUCCION

Las plantas vasculares acuáticas también llamadas macrófitas o hidrófitas son un grupo formado por muy diversos taxa, las cuales presentan una amplia variación morfológica, respondiendo fundamentalmente a los cambios en el nivel del agua, y son las estructuras reproductivas las que conservan una mayor estabilidad con respecto de la morfología vegetativa.

La mayoría de las hidrófitas producen frutos uniseminados por lo regular indehiscentes, ya sea en aquenodios o en frutos esquizocárpicos los que se separan en segmentos uniseminados en la dispersión. Sculthorpe (1967), señala que la formación de frutos indehiscentes uniseminados en las hidrófitas se debe a la reducción del gineceo.

La terminología que se utiliza para describir los frutos de las plantas acuáticas, se ha basado tradicionalmente en la clasificación establecida para los tipos de frutos de las dicotiledóneas (principalmente de las plantas terrestres); por ejemplo la clasificación de Radford et al. (1974), basada en el origen, textura y dehiscencia del fruto. Esta clasificación pocas veces coincide totalmente con la descripción morfológica de los frutos de las monocotiledóneas en especial de las

hidrófitas.

Dahlgren y Clifford (1982), en su estudio comparativo de las monocotiledóneas señalan que la terminología de frutos es muy complicada, además la clasificación de los tipos de frutos posee problemas en su terminología de acuerdo al origen o función del pericarpo al cual se le ha dado mucho peso. Por otra parte, muchas descripciones taxonómicas son difíciles de interpretar porque usan términos vagos tales "como-baya", "como-drupa", drupáceos, etc. Algunos autores prefieren por el contrario, concretarse a la descripción del fruto sin designar el tipo de fruto del que se trata. Por ejemplo Crespo y Pérez Moreau (1967), describen el fruto de Typha de forma fusiforme, seco, de dehiscencia longitudinal, pero no precisan el tipo de fruto; ejemplos como este se conocen muchos en la literatura.

La semilla, hablando en sentido amplio, es una estructura reproductiva relativamente estable, su organización básica externa e interna varía escasamente entre las especies y géneros relacionados entre sí, y las diferencias existentes son taxonómicamente significativas (Martin, 1946). Desde este punto de vista, el conocimiento morfológico de la semilla aporta un criterio confiable para la identificación de los taxa aun sin contar con otras partes de la planta.

El término semilla es usado en un sentido funcional, denominando "semilla" a la unidad de dispersión porque una vez que se disemina resulta difícil diferenciar una semilla verdadera de un fruto uniseminado. Gunn (1972) define una semilla verdadera como el óvulo maduro fertilizado que tiene una planta embrionaria, material alimenticio de reserva y una o varias cubiertas protectoras).

La semilla es un carácter muy útil en las determinaciones taxonómicas porque ayuda en la separación de los taxa, sobre todo en las especies que presentan una alta plasticidad vegetativa, lo que frecuentemente conduce a determinaciones erróneas o a la derivación de variedades o subespecies cuando se trata sólo de especies polimórficas.

La identificación de las semillas, particularmente cuando están aisladas, es una herramienta importante en los trabajos sobre manejo de la fauna silvestre, arqueológicos y paleobotánicos (Gunn, op. cit.). En trabajos ecológicos, particularmente en el estudio del banco de semillas, permite conocer la composición florística tanto de ecosistemas terrestres como acuáticos (Roberts, 1981).

Beetle (1943), considera que la identificación de semillas encontradas en buches de aves acuáticas y estómagos de mamíferos, aporta información útil sobre los hábitos

alimenticios de dichos organismos. Martín (1951, 1954) a partir del estudio de las características morfológicas de la semillas, separó taxonómicamente diferentes especies de Potamogeton y Polygonum encontradas en patos, gansos, codornices y otras aves acuáticas.

Martin & Barkley (1961), elaboraron un manual de identificación de semillas en el cual estudian 600 especies de espermatofitas, entre las cuales incluyen descripciones e ilustraciones de semillas de 12 familias de plantas acuáticas.

En el plano mundial, las hidrófitas han sido objeto de diversos estudios, principalmente de tipo taxonómico, ecológico y fisiológico; sin embargo, el escaso conocimiento que se tiene sobre la morfología de las semillas de estas plantas proviene de trabajos monográficos o de revisiones taxonómicas como los de Conard (1905), Ogden (1953), Haynes (1974), entre otros; en los cuales comúnmente las descripciones incluyen en detalle las características de las partes vegetativas y florales, en cambio el fruto y la semilla son brevemente descritos. Entre los pocos trabajos que se conocen sobre semillas de hidrófitas figuran los trabajos de Muenscher (1940), Lowden (1978), Scheinder & Ford (1978), Les (1985), etc.

En México, la información disponible sobre la morfología de semillas de hidrófitas es escasa y, en general, se encuentra en trabajos de tipo taxonómico. Hasta el momento, sólo los trabajos de Bravo (1930), Sánchez (1969), Rzedowski y Rzedowski (1979) y Novelo y Lot (en prensa), incluyen descripciones muy generales de las semillas de unas cuantas especies de plantas acuáticas.

Considerando la importancia que tiene la morfología externa e interna de las semillas en la identificación de plantas y ante la falta de información sobre estos tópicos en hidrófitas, surgió el interés en desarrollar el presente trabajo delimitado para el Valle de México por ser una zona que presenta una afinidad florística muy grande con vastas zonas templadas del país y porque existe un mayor conocimiento de la flora acuática local.

El propósito fundamental de este trabajo es preparar un manual de identificación de semillas de hidrófitas del Valle de México, el cual se espera sea de utilidad a arqueólogos, antropólogos, ecólogos, fitogeógrafos, biólogos, etc. cuyas investigaciones estén involucradas con ambientes acuáticos.

Los objetivos particulares de este trabajo son:

a) describir la morfología externa e interna de las semillas de las plantas vasculares acuáticas estrictas del Valle de México;

b) elaborar claves para la identificación de las semillas a partir de su estudio morfológico.

## AREA DE ESTUDIO

### Localización

El Valle de México es una cuenca hidrográfica endorréica, situada en la porción central del país y en el extremo meridional de la Altiplanicie Mexicana. El límite austral lo marca el Eje Volcánico Transversal del cual el Valle forma parte, y el límite boreal está definido por las crestas de la Sierra de Pachuca, aunque sólo un segmento de esta última es drenado por el Valle de México.

Definido de acuerdo con el criterio hidrológico, el Valle tiene una superficie aproximada de  $7500 \text{ km}^2$  y su forma es ligeramente alargada en el sentido NNE-SSW. Su eje mayor es de

130 km, mientras que la anchura máxima alcanza cerca de 90 km. Las coordenadas geográficas, correspondientes a los puntos extremos son: 19°02' y 20°12' de latitud N y 98°28' y 99°32' de longitud W del meridiano de Greenwich (Fig. 1).

Definido de tal manera el Valle de México incluye prácticamente toda la superficie del Distrito Federal, cerca de la cuarta parte del Estado de México y más o menos 7% de la del estado de Hidalgo, además de muy pequeñas extensiones de los estados de Tlaxcala, Puebla y Morelos (Rzedowski y Rzedowski, op. cit.).

#### Geología

La Cuenca de México debe su formación a procesos volcánicos y tectónicos que se han ido desarrollando, a veces lentamente, o a veces intempestivamente, a partir del Eoceno Superior, o sea, en los últimos 50 millones de años (Mosser, 1975).

Ha sido posible hasta la fecha diferenciar siete fases de vulcanismo. La primera fase está constituida por los depósitos de lavas, tobas y brechas volcánicas, aunque también están asociados localmente con arcillas lacustres, travertinos y rellenos fluviales.

La segunda fase está conformada por series volcánicas compuestas de lavas intermedias y ácidas, con abundantes

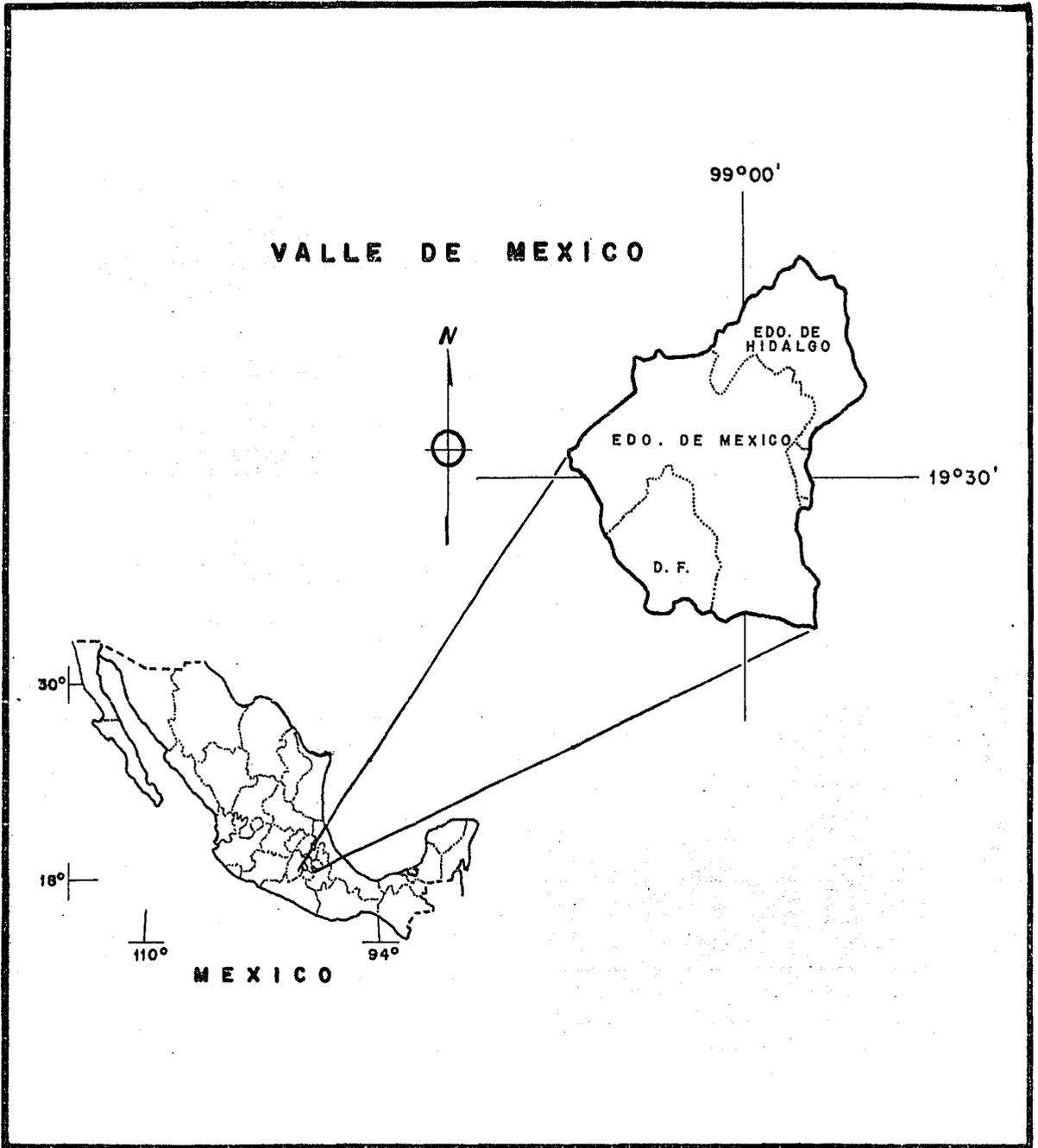


Fig. 1 . Localización geográfica del Valle de México

ignimbritas y tobas, y conteniendo además depósitos fluviales. Sus lavas y tobas afloran en la región de Tepetzotlán y se extienden hasta Huehuetoca.

La tercera y cuarta fases del vulcanismo se desarrollaron en el Oligoceno Superior y Mioceno. Se atribuyen a la tercera fase del vulcanismo y se encuentran en las bases de las Sierras Mayores al oeste y al este: Púlpito del Diablo, Mirador y Sierra de Xochitepec. El Peñón de los Baños, el Cerro del Tigre, el Cerro de Santa Isabel, el Cerro de Zacatepec y Chapultepec se deben también a esta fase.

A la cuarta fase del vulcanismo se debe el grupo de las Sierras Menores, entre algunas otras.

La quinta fase del vulcanismo, iniciada a fines del Mioceno, marca la formación de las Sierras Mayores, que fijaron los límites poniente y oriente de la cuenca.

El vulcanismo del Cuaternario comprende las fases seis y siete. Se atribuyen a la sexta fase las andecitas basálticas, los cerros de Chimalhuacan, La Estrella, Los Pinos y del Peñón del Marqués, al sur; y al norte de la cuenca los cerros de Chiconautla y Gordo.

La séptima fase culminó en la construcción de la gran Sierra del Chichinautzin durante el Cuaternario Superior. Además, se

desarrollaron los conos y domos del Iztaccihualt y del Popocatepetl.

### Hidrología

La cuenca es cerrada y sin drenaje natural; hoy en día tiene desagüe artificial hacia el Río Tula a través de obras de ingeniería como el Tajo de Nochistongo, El Gran Canal, los túneles de Tequesquiac y el Túnel del Emisor Central del Sistema de Drenaje Profundo.

Las únicas corrientes permanentes de agua, exceptuando las obras de drenaje de las zonas urbanas, se localizan en las regiones montañosas, principalmente en Monte Alto, en la Sierra de las Cruces y en la Sierra Nevada.

El cauce más largo del Valle de México es el que corresponde al Río de las Avenidas de Pachuca, que recoge las aguas de la parte norte para desembocar en el lago de Zumpango, siendo su principal afluente el Río Papalotla que drena la porción nororiental.

El más caudaloso es el Río Cuautitlán, que recoge las aguas del Monte Alto y que se comunica con el Tajo de Nochistongo para el desagüe de sus avenidas.

Las cuencas endorréicas se caracterizan en general por la presencia de un lago en su fondo y efectivamente de acuerdo a

los datos históricos en el siglo XV la parte más baja del Valle de México estaba cubierta por una gran superficie lacustre única, que abarcaba desde la región de Zumpango hasta la zona de Xochimilco y Chalco. En la actualidad sólo quedan restos del lago de Zumpango de agua moderadamente salada y una red de canales de agua dulce en la región de Xochimilco y otra más pequeña en los alrededores de Mixquic (Rzedowski & Rzedowski, op.cit.).

#### Clima

El clima del Valle de México es muy diverso, representa un mosaico climático muy complejo debido principalmente a lo accidentado de su orografía. Es frecuente que las condiciones varíen significativamente de un lugar a otro en pequeñas distancias, fenómeno que se acentúa también por la altitud en que se sitúa la cuenca, influida por muchos factores, como la precipitación que por lo general aumenta por la altitud; las partes de mayor concentración montañosa hacia la mitad meridional de la cuenca reciben también la lluvia de otras partes. Dadas estas condiciones, el clima de esta región, según Koppen, modificado por García (1978), hay dos áreas con el clima BS de Koppen en el Valle de México: una en la parte central de la región de Texcoco y la mitad noroeste de la

capital de México, que corresponde al clima BS1kw(w)(1'); y la segunda en la porción nororiental de la región de Zumpango y de Xaltocan que corresponde al clima BS1k'w(w)(w').

El resto de la cuenca, excepto la Sierra Nevada de altitud superior a los 4000 m, posee un clima C(w) templado subhúmedo con lluvias en verano.

De acuerdo con García (op. cit.), se tienen las siguientes zonas térmicas:

1) La zona templada, con temperatura media anual entre 12°C y 18 °C que comprenden el lecho del Valle y las laderas montañosas que lo rodean, hasta una altitud de 2800 m aproximadamente.

2) La zona semifrías, con temperatura media anual entre 5°C y 12°C que abarca las laderas montañosas de altitud comprendida entre 2800 y 4000 m de la Sierra de las Cruces, de la Sierra del Ajusco y de la Sierra Nevada; así como algunos cerros del noreste; su límite superior coincide con el de la vegetación arbórea.

3) La zona fría del clima ETCH, con la temperatura media anual entre -2 y 5°C que comprende la porción de las pendientes montañosas de la Sierra Nevada con altitudes entre 4000 y 5272 m.

4) La zona muy fría o de nieves perpetuas, de clima EFH, con

temperatura media anual inferior  $-20^{\circ}\text{C}$ , sólo se encuentra sobre las partes más elevadas del Popocatepetl y del Ixtaccihualt.

#### MATERIAL Y METODO

La selección del material estudiado se hizo a partir del listado florístico de las especies de plantas acuáticas estrictas del Valle de México reportadas por Novelo y Lot (en prensa).

Se realizaron diferentes visitas a los vestigios lacustres y zonas inundables de la cuenca del Valle, a partir de junio de 1986; estas visitas se hicieron principalmente en verano-otoño, por ser la época favorable de fructificación de las hidrófitas.

La recolección de los diseminulos se llevó a cabo cuando se detectaron en estado maduro frutos o infrutescencias, tomándolos directamente de las plantas y colocándolos en bolsas de papel. Se efectuaron recolecciones de material botánico como apoyo en la identificación de las especies consideradas, las cuales están depositadas en el Herbario Nacional, en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU).

Los diseminulos de los taxa que no fue posible recolectarlos

en el campo, se tomaron de ejemplares de herbario. Los datos de la recolección del material estudiado se presentan en el apéndice. Las descripciones de los diseminulos en cuanto a morfología externa se refiere, se hicieron observándose al microscopio estereoscópico. Las dimensiones de los mismos se realizaron con una reglilla adaptada al ocular. Se llevaron a cabo diferentes mediciones para obtener el tamaño mínimo y máximo; el número de diseminulos medido dependió de la abundancia del material disponible, pero en ninguno de los casos fue menor de 5.

Para el estudio morfológico interno de las semillas, se realizaron secciones longitudinales de los diseminulos previamente remojados en agua, mismas que se tñeron con algunas gotas de una solución de yodo (Johansen, 1940) para identificar la región y el tipo de reserva alimenticia.

Cuando no se observaron bien definidas las estructuras internas, se prepararon laminillas permanentes para hacer observaciones más finas de los diseminulos. Las semillas se escarificaron y remojaron en agua de 24 a 48 horas a 40°C, se fijaron en FAA (formol-ácido acético-alcohol), posteriormente se lavaron con agua corriente, se deshidrataron en series graduales de alcohol etílico y se incluyeron en parafina (Johansen, op. cit.). Se hicieron cortes longitudinales de 10 a

15/ en un microtomo de rotación, se tñieron con safranina-verde rápido y se montaron en bálsamo de Canadá (Sass, 1958). La reacción de yodo se hizo también en éstas.

## RESULTADOS

De las diferentes recolecciones en el campo y de la revisión del material herborizado se obtuvieron diseminulos de 22 de las 34 especies reportadas para el Valle de México por Novelo y Lot (en prensa). Se describió la morfología externa e interna de los diseminulos de 24 especies pertenecientes a 14 familias (tabla 1); Hydromystria laevigata y Nymphaea mexicana se describieron bibliográficamente por no encontrarse con estructuras de fructificación, ni en el campo ni en ejemplares de herbario. Lo mismo ocurrió con las 10 especies de la familia Lemnaceae que no se describieron y de las cuales la literatura que se conoce, contiene descripciones muy someras que no ofrecen diferencias significativas entre las especies.

TABLA 1. Listado de especies de plantas acuáticas  
estrictas del Valle de México estudiadas

ALISMATACEAE

Sagittaria latifolia Willd. var. latifolia

S. macrophylla Zucc.

CERATOPHYLLACEAE

Ceratophyllum demersum L.

C. muricatum Cham.

HYDROCHARITACEAE

Hydromystria laevigata (Willd.) J.H. Hunziker

JUNCAGINACEAE

Triglochin mexicanum Kunth

LEMNACEAE

Lemna gibba L.

LILAEACEAE

Lilaea scilloides (Poiret) Hauman

MENYANTHACEAE

Nymphoides fallax Ornduff

NAJADACEAE

Najas guadalupensis (Sprengel) Magnus var. guadalupensis

TABLA 1 (continuación)

NYMPHAEACEAE

Nymphaea gracilis Zucc.

N. mexicana Zucc.

N. odorata Ait. var. gigantea Tricker

PONTEDERIACEAE

Eichhornia crassipes (C. Martius) Solms-Laub.

Heteranthera limosa (Sw.) Willd.

H. peduncularis Benth.

POTAMOGETONACEAE

Potamogeton illinoensis Morong

P. nodosus Poiret

P. pectinatus L.

P. pusillus L.

RUPPIACEAE

Ruppia maritima L.

TYPHACEAE

Typha domingensis Presl.

T. latifolia L.

ZANNICHELLIACEAE

Zannichellia palustris L.

En lo que se refiere al estudio morfológico de los diseminulos, la facilidad de observar las partes internas de la semilla dependió del tipo de semilla examinada. En las semillas sin endospermo, una solución de yodo permitió delimitar las partes internas cuando el embrión estaba diferenciado; mientras que en las semillas con el embrión embebido en el endospermo no fueron muy claras las diferencias. En estas últimas, se hicieron cortes más finos de la semilla en el microtomo de rotación, obteniéndose buenos resultados.

En la mayoría de las especies fue difícil obtener secciones longitudinales completas de los diseminulos, tanto por cortes a mano como con el microtomo, debido a la extraordinaria dureza de la testa o del pericarpo. En los cortes finos de la semilla, la escarificación de la testa proporcionó buenos resultados como primer paso en el proceso de inclusión en parafina para cortes en el microtomo de rotación.

Se presentan tres tipos de claves dicotómicas para las 14 familias de plantas vasculares estrictas acuáticas del Valle de México, la primera para diásporas, la segunda para frutos y la tercera para semillas. Se incluye la descripción de los taxa estudiados, además de claves específicas para su determinación.

Los taxa estudiados están arreglados de acuerdo al sistema

de clasificación de Cronquist (1968), excepto los taxa que pertenecen al orden Helobiae, que se arreglan según Tomlinson (1982).

La descripción de los diseminulos a nivel familia están basadas en los géneros de plantas vasculares acuáticas estrictas de México reportadas por Lot, Novelo y Ramírez-García (1986). El tipo de diseminulo se especifica al final de cada descripción.

Las descripciones taxonómicas de las especies incluyen básicamente 4 caracteres: color, forma, tamaño y superficie de la cubierta del diseminulo. Los caracteres morfológicos internos descritos son: constitución de la cubierta seminal, forma y posición del embrión y el tipo de reserva alimenticia, los cuales se describen a nivel familia; sólo cuando un carácter es significativo taxonómicamente se incluye en la descripción a nivel específico. Al final de las descripciones, en su caso se hacen observaciones o comentarios complementarios.

Cada descripción está acompañada de figuras que ilustran la morfología externa e interna del diseminulo. Los dibujos de las partes internas de la semilla están orientados con la región calazal hacia arriba y la región micropilar hacia abajo.

Finalmente, se presenta un glosario con algunos de los

términos utilizados en este trabajo, basado en Font-Quer (1965) y Moreno (1984).

Clave artificial para las familias de plantas acuáticas estrictas del Valle de México

1. Diásporas con pico estilar.
  2. Fruto comprimido lateralmente.
    3. Fruto alado; fruto de 2.4 a 3.5 mm de largo; alas o caras laterales con conductos resinosos circulares o alargados; ..... ALISMATACEAE (4)
    3. Fruto no alado, con el margen dorsal espinoso; fruto de (1.6)2(2.1) mm de largo; sin conductos resinosos; fruto estipitado ..... ZANNICHELLIACEAE (9)
  2. Fruto no comprimido.
    4. Fruto con espinas laterales numerosas o 2 basales; fruto elipsoide; pico estilar apical de más de 1 mm de largo ..... CERATOPHYLLACEAE (2)
    4. Fruto sin espinas, con el margen dorsal liso o crestado; fruto ovoide a obovoide; pico estilar subapical de menos de 1 mm de largo ..... POTAMOGETONACEAE (8)

1. Diásporas sin pico estilar.

5. Semillas fusiformes.

6. Superficie estriada; semilla de hasta 1 mm de largo; región micropilar truncada y mucronada .. TYPHACEAE (11)

6. Superficie areolada, aréolas arregladas o no en hileras; semillas de 2.3 a 2.6 mm de largo; región micropilar asimétrica ..... NAJADACEAE (10)

5. Frutos o semillas no fusiformes.

7. Semillas esferoides o elipsoides; acostilladas, lisas o pilosas; sin estrias; arilo cuando presente membranoso ..... NYMPHAEACEAE (1)

7. Semillas ovoides a obovoides, oblongo-elipsoides, lanceoladas; con o sin costillas; sin arilo.

8. Semillas acostilladas longitudinalmente.

9. Semillas (frutos) sin estrias transversales; alados; comprimidos o no ventralmente ..... LILAEACEAE (7)

9. Semillas con estrias transversales; sin alas; no comprimidas.

10. Semillas oblongo-elipsoides, algunas veces con un extremo truncado; con 8 a 12 costillas longitudinales ..... PONTEDERIACEAE (13)

10. Semillas ovoides a obovoides, con un opérculo

prominente; con más de 12 costillas ..... LEMNACEAE (12)

8. Diásporas no acostilladas.

11. Semillas claviformes, espinosas; semillas de ca. de 1 mm de largo ..... HYDROCHARITACEAE (5)

11. Semillas elipsoides, reticuladas; semillas de más de 1 mm de largo.

12. Semillas elipsoides, comprimidas dorsoventralmente; de 1.5 a 1.8 mm de ancho ..... MENYANTHACEAE (3)

12. Semillas cilíndricas, ligeramente triquetras; de 0.4 a 0.5 mm de ancho ..... JUNCAGINACEAE (6)

Clave para frutos de las especies de plantas acuáticas estrictas del Valle de México

1. Frutos dehiscentes.

2. Cápsula fusiforme, estipitada, con pelos perigonales delgados; fruto de 1 a 5 mm de largo ..... TYPHACEAE (11)

2. Mericarpo linear-triquetro, con la cara dorsal rugosa; de (2.4-)4.1(-4.4) mm de largo ..... JUNCAGINACEAE (6)

1. Frutos indehiscentes.

3. Drupas obovoides a orbiculares; de 1.4 a 4.1 mm de largo; lomo dorsal redondeado o crestado ... POTAMOGETONACEAE (8)

3. Aquenios elipsoides, lanceolados u obovoides.

4. Aquenios espinosos.

5. Aquenios elipsoides, de 3 a 5 mm de largo; superficie lisa o tuberculada; espinas laterales numerosas o 2 basales ..... CERATOPHYLLACEAE (2)

5. Aquenios elongados, asimétricos; de 1.6 a 2 mm de largo; superficie reticulada; espinas dorsales numerosas ..... ZANNICHELLIACEAE (9)

4. Aquenio acostillados y/o alados.

6. Aquenios acostillados longitudinalmente, alados, pudiendo o no estar aplanados ventralmente; de 3.8 a 6 mm de largo ..... LILAEACEAE (7)

6. Aquenios alados, comprimidos lateralmente; de 2.4 a 3.5 mm de largo; pico estilar persistente lateral, de 0.6 a 2.6 mm de largo ..... ALISMATACEAE (4)

Clave para semillas de plantas acuáticas  
estrictas del Valle de México

1. Semillas de más de 1.5 mm de largo.

2. Semillas lisas, pilosas o acostilladas; ariladas; elipsoides o esferoides; de 1.5-2(4-6) mm de largo.....

- ..... NYMPHAEACEAE (1)
- 2. Semillas areoladas; sin arilo, fusiformes o elipsoides.
  - 3. Aréolas arregladas en hileras, muy evidentes, de 4 a 6 anguladas; semillas fusiformes; de 2.3 a 2.6 mm de largo ..... NAJADACEAE (10)
  - 3. Aréolas irregulares, poco evidentes; semillas elipsoides, ligeramente comprimidas dorsoventralmente; de 1.5 a 2 mm de largo ..... MENYANTHACEAE (2)
- 1. Semillas hasta de 1.5 mm de largo.
  - 4. Semillas clavadas, espinosas; de ca. de 1 mm de largo.....  
..... HYDROCHARITACEAE (5)
  - 4. Semillas fusiformes, ovoides u oblongo-elipsoides; sin espinas; de 0.5 a 1.5 mm de largo.
    - 5. Semillas fusiformes, estriadas; región micropilar truncada y mucronada; sin costillas; de 0.7-0.9 mm de largo ..... TYPHACEAE (11)
    - 5. Semillas ovoides u oblongo-elipsoides; acostilladas.
      - 6. Semillas ovoides; de (0.5)0.8(0.9) mm de largo; sin estrias; con más de 12 costillas ... LEMNACEAE (12)
      - 6. Semillas oblongo-elipsoides; con estrias transversales; de 0.5 a 1.5 mm de largo; con 8 a 12 costillas ..... PONTEDERIACEAE (13)

1. NYMPHAEACEAE

Fruto una baya. Semillas numerosas, lisas, acostilladas y pilosas; ariladas. Embrión basal, endospermo escaso y perispermo abundante, almidonoso (Conard, op.cit.).

Diseminulo: semilla.

1. Semillas esferoides; superficie acostillada .....

..... Nymphaea gracilis

1. Semillas elipsoides u oblongo-ovales; superficie lisa o pilosa.

2. Semillas elipsoides; de 1.5 a 2 mm de largo; con estrias transversales ..... N. odorata

2. Semillas oblongo-ovales; de 5 a 6 mm de largo; densamente pilosas ..... N. mexicana

Nymphaea gracilis Zucc.

Semillas verde-grisáceo o ambarinas, esferoides; de (1.1-)1.7 (-1.9) mm de largo y de (1.1)1.4(1.5) mm de ancho; arilo blanco, hialino, envolviendo hasta la mitad la semilla. Cubierta seminal formada por dos capas, la exterior clorofilácea y papirácea; la interior ambarina, lustrosa; rafe conspicuo que corre hasta la cálaza desde la cual se ramifica

en haces longitudinales y transversales hasta 3/4 partes de la semilla; depresión circular con una cicatriz central en la región micropilar. (Figs. 3A y 3Aa).

Observaciones.- En la figura 3Aa la semilla aparece sin cubierta seminal debido a la particular dureza de la capa más interna. La semilla se escarificó por completo, sólo así se evitó que el embrión se pulverizara al hacer los cortes, ya que la dureza de la cubierta no permitió una buena impregnación con la parafina. De acuerdo con Conard (op. cit), las costillas de la región calazal son haces vasculares que se extienden irregularmente en la cubierta seminal.

Nymphaea mexicana Zucc.

Semillas moreno-grisáceas, oblongo-ovales; de 5 a 6 mm de largo y de 3 mm de ancho; superficie pilosa (Godfrey & Wooten, 1981).  
Observaciones.- La descripción anterior no menciona el arilo, sin embargo esta estructura puede observarse en los esquemas de los autores antes mencionados. (Fig. 2).

Nymphaea odorata Ait. var. gigantea Tricker

Semillas ambarinas, elipsoides, carunculadas; de (1.5-)1.8(-2) mm de largo y de (1.1-)1.3(1.4) mm de ancho; cubierta seminal de dos capas, la externa papirácea; rafe poco conspicuo

extendiéndose desde la región micropilar hasta la calazal; depresión circular con una cicatriz central en la región micropilar; superficie ligeramente estriada. (Figs. 3B y 3Bb).  
 Observaciones.- Se obtuvieron buenos cortes de la semilla sin necesidad de escarificar.

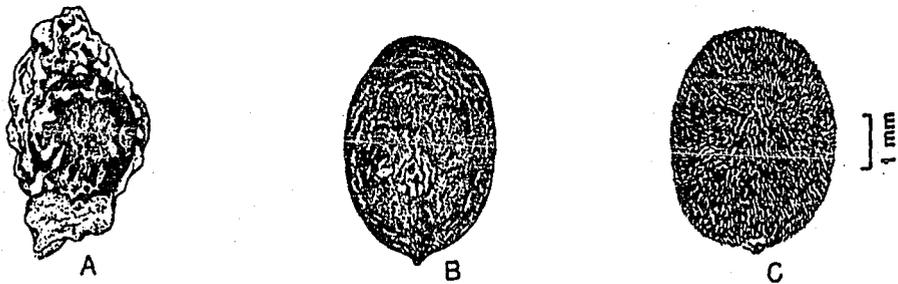


Fig. 2. Nymphaea mexicana. A. Semilla en un estado temprano de madurez envuelta en el arilo. B. Un estado posterior de desarrollo, semilla envuelta por el arilo. C. Semilla completamente desarrollada, sin arilo. (Tomado de Godfrey & Wooten, 1979).

## 2. CERATOPHYLLACEAE

Fruto un aquenio, espinoso, alado o no. Pico estilar persistente, apical, bien desarrollado. Superficie del fruto lisa o tuberculada. Fruto uniseminado, con una cubierta seminal delgada, sin endospermo, embrión recto, ocupando toda la cavidad de la semilla, material de reserva almidón.

Diseminulo: aquenio.

1. Aquenios con numerosas espinas marginales; superficie tuberculada ..... Ceratophyllum muricatum
1. Aquenios sin espinas marginales, con dos espinas basales laterales; superficie lisa ..... C. demersum

Ceratophyllum demersum L.

Aquenios verde amarillentos a moreno claro, elipsoides; de (4.2)4.5(-5.3) mm de largo y de (2.2-)2.9(-5.6) mm de ancho; pico estilar de 1.9 a 5.6 mm de largo; con dos espinas basales laterales, cortas o tan largas como el pico estilar, ausentes algunas veces; superficie lisa, algunas veces ligeramente tuberculada. Embrión con el epicótilo simple. (Figs. 3C, 4A y 4Aa).

Observaciones.- En distintos frutos disectados se observaron semillas en diferentes estados de desarrollo, el embrión con los cotiledones apenas desarrollados y un incipiente epicótilo, algunas veces sólo se encontró la cubierta seminal probablemente semillas abortivas.

Ceratophyllum muricatum Cham.

Aquenios verde olivo a amarillo pálido, elipsoides; de (3.9-)4.1(4.3) mm de largo y de (1.6-)2.6 mm de ancho; pico estilar de (3.6-)4.1(5.5) mm de largo; con espinas laterales, regulares

o irregulares, frecuentemente aladas, no siempre del mismo tamaño; superficie tuberculada. Embrión con el epicótilo bilobulado, algunas veces simple. (Figs. 3D, 3Dd, 4B y 4Bb).

### 3. MENYANTHACEAE

Fruto una cápsula. Semillas pocas a numerosas, algunas veces aladas, cubierta seminal endurecida, endospermo abundante, embrión pequeño (Elias, 1969).

Diseminulo: semilla.

#### Nymphoides fallax Ornduff

Semillas amarillo pálido, elipsoides, ligeramente comprimidas dorso-ventralmente; de (1.5-)1.7 a 2.3 mm de largo y de 1.5 a 1.8 mm de ancho; superficie areolada, algunas veces maculada. Cubierta seminal de 1 capa, embrión recto, central, endospermo abundante, almidonoso. (Figs. 3E y 4C).

### 4. ALISMATACEAE

Fruto un aquenio, alado, comprimido lateralmente. Pico estilar persistente apical o lateral, bien desarrollado. Conductos resinosos ausentes o presentes, circulares o alargados. Uniseminado, con una cubierta seminal delgada, embrión curvado, ocupando la mayor parte de la cavidad del fruto, sin

endospermo, material de reserva almidón.

Diseminulo: aquenio.

1. Pico estilar de (1.2-)1.7-1.9(2.6) mm de largo, insertado lateralmente; caras laterales sin alas longitudinales .....

..... Sagittaria latifolia

1. Pico estilar de (0.6-)0.8(1.1) mm de largo, subapical; caras laterales con 1 a 3 alas longitudinales ..... S. macrophylla

Sagittaria latifolia L.

Aquenos moreno claro, obovoides; de (2.5-)3.5 mm de largo y de (1.1-)1.9(2.4) mm de ancho; pico estilar de (1.2-)1.7-1.9(2.6) mm de largo, insertado lateralmente, recto o encorvado; ala dorsal de 0.5 a 0.6 mm de ancho; caras laterales con conductos resinosos alargados en el centro de las caras. (Figs. 3F y 4D).

Sagittaria macrophylla Zucc.

Aquenos moreno claro, obovoides; de (2.4-)3-3.2(3.4) mm de largo y de (1.1-)1.4-1.5(-2) mm de ancho; pico estilar de (0.6-)0.8(1.1) mm de largo, subapical, recto; ala dorsal de 0.4 a 0.8 mm de ancho, ligeramente crestada, frecuentemente más ancha que la ventral, con conductos resinosos alargados en ambos lados del ala dorsal; caras laterales con 1 a 3 alas

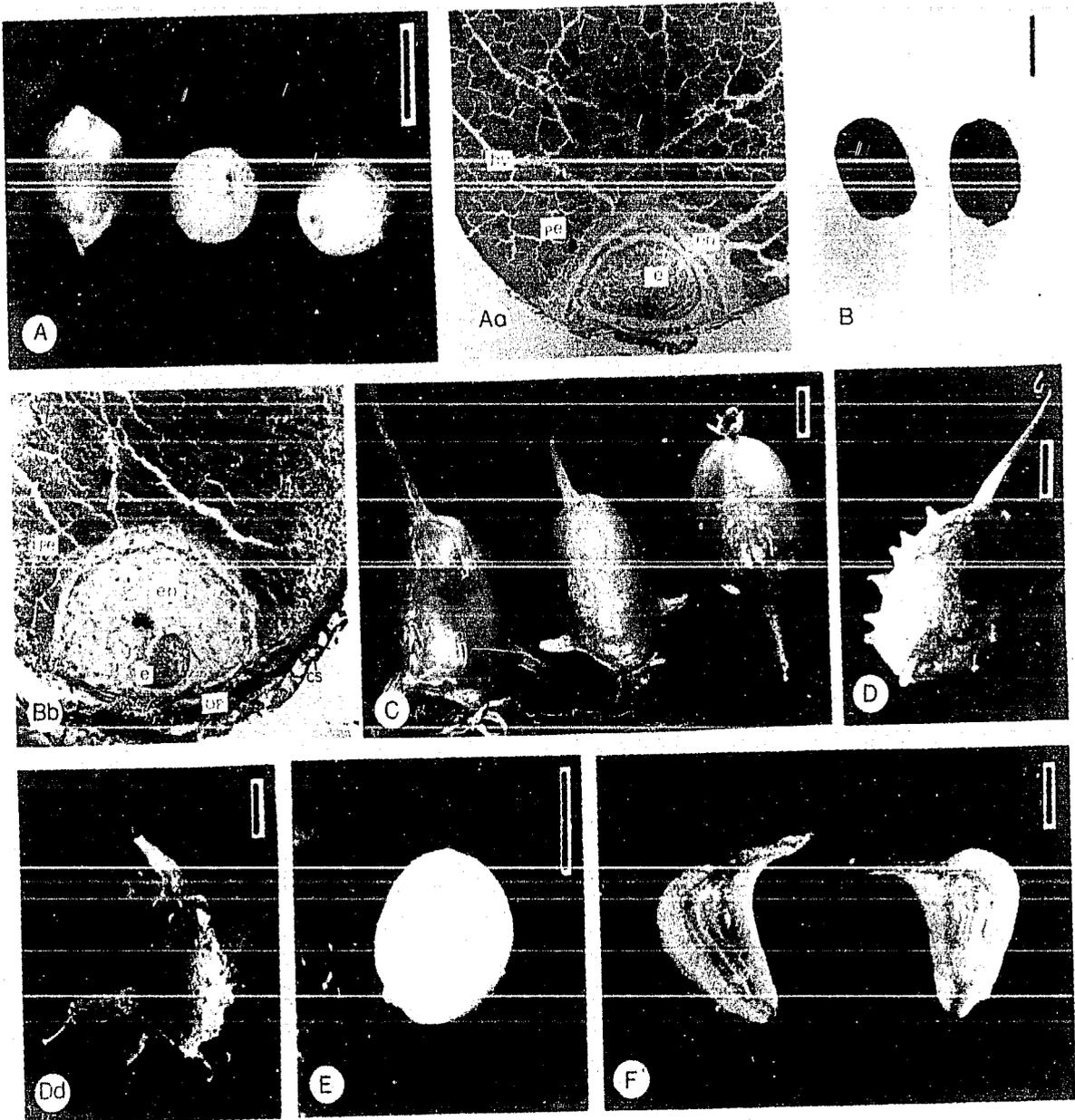


Fig. 3. *Nymphaea gracilis* (Olvera 45). A. Semilla madura, de izquierda a derecha, semilla con el arilo; enmedio semilla sin arilo, vista de la región calazal; y a la derecha, vista de la región micropilar. Aa. Corte longitudinal de la semilla sin arilo y sin cubierta seminal (25X). *N. odorata* (Lot & Novelo 1191). B. Semilla madura. Bb. Corte longitudinal de la semilla sin arilo (25X). C. *Ceratophyllum demersum* (Ocaña 132). D y Dd. *C. muricatum* (Olvera 10). E. *Nymphoides fallax* (Olvera 44). F. *Sagittaria latifolia* (Novelo S/N). Cubierta seminal (cs), embrión (e), endospermo (en), haz vascular (hv), opérculo (op), perispermo (pe). Escala = 1 mm.

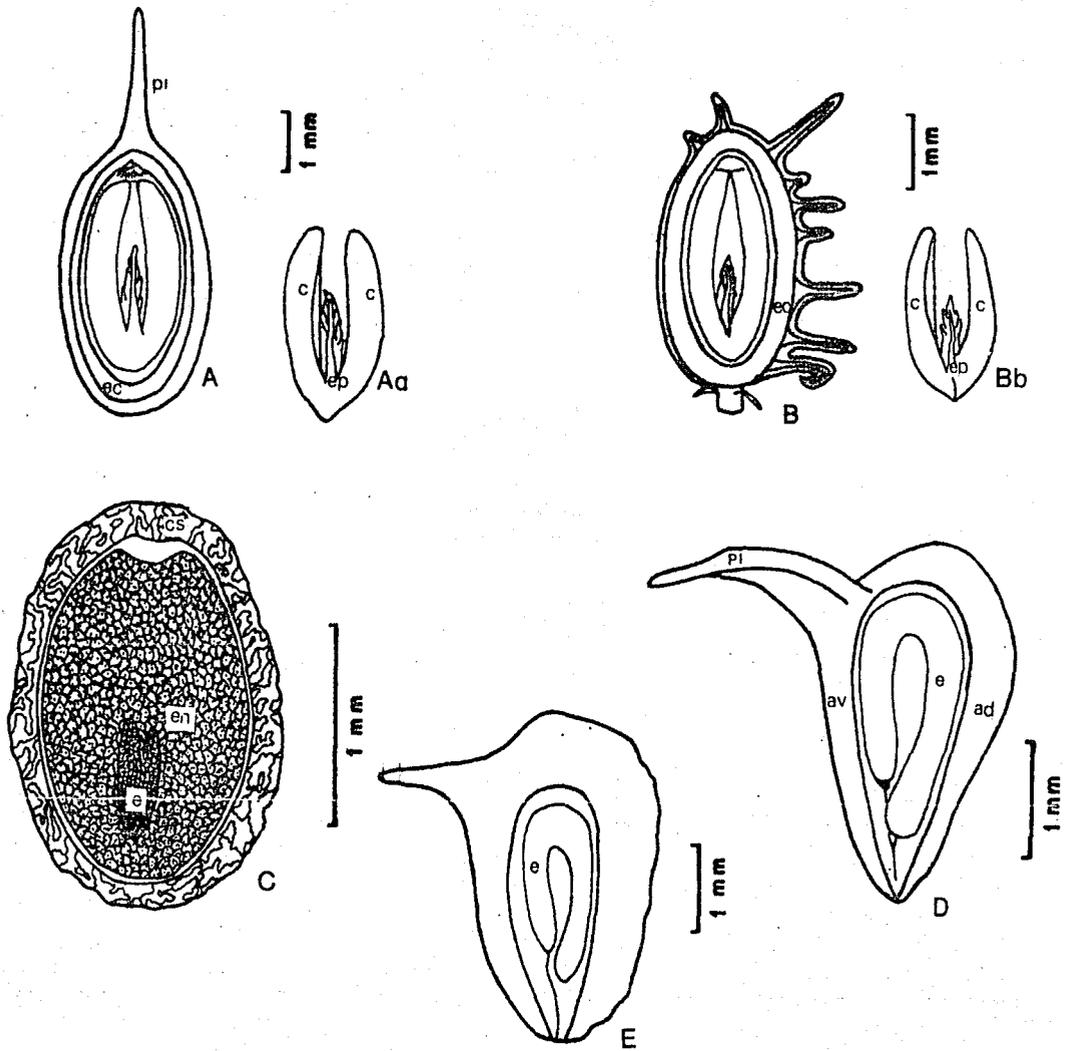


Fig. 4. A. *Ceratophyllum demersum*. B. *C. muricatum*. A y B cortes longitudinales de un fruto maduro mostrando la semilla encerrada en el endocarpo. Aa y Bb embrión disectado. C. *Nymphoides fallax*, corte longitudinal de una semilla madura. D. *Sagittaria latifolia*. E. *S. macrophylla*. D y E cortes longitudinales del fruto donde se observa la semilla unida a la pared del fruto. Ala dorsal (ad), ala ventral (av), cotiledón (c), cubierta seminal (cs), embrión (e), endocarpo (ec), endospermo (en), epicótilo (ep), pico estilar (pi).

longitudinales. (Figs. 4E y 5A).

#### 5. HYDROCHARITACEAE

Fruto parecido a una baya, linear, lanceolado u ovoide, rara vez dehiscente. Semillas numerosas, fusiformes a esferoides, testa glabra, espinosa o verrucosa; sin endospermo (Novelo y Lot, en prensa).

Diseminulo: semilla.

#### Hydromystria laevigata (Willd.) J.H. Hunzinker

Semillas subglobosas y cortamente claviformes, hacia el polo hilar angostas y algo encorvadas; embrión subovoide, envuelto por un episperma erizado de cortos tricomas de color castaño oscuro, algo rígido y con la pared celular engrosada (Hunzinker, 1982). (Figs. 6A y 6Aa).

#### 6. JUNCAGINACEAE

Fruto un esquizocarpo, globoso-triangular, formado de 6 mericarpos. Mericarpo linear-triquetro, pico estilar corto, encorvado; cara dorsal rugosa; uniseminado. Semilla sin endospermo, embrión recto, tejido de reserva almidón.

Diseminulo: mericarpo o semilla.

Triglochin mexicanum Kunth

Mericarpos dehiscentes, moreno claro, cara dorsal rugosa; de (2.4-)4.1(-4.4) mm de largo y de (0.4-)0.8(-1) mm de ancho. Semillas verde amarillento a ámbar, cilíndricas, ligeramente triquetras; de (2.3-)2.7(-2.9) mm de largo y 0.4 a 0.5 mm de ancho; rafe conspicuo; superficie ligeramente reticulada. Cubierta seminal formada por dos capas, la externa membranosa y algo clorofilácea, la interna delgada y fuertemente adherida al embrión. (Figs. 5B y 6B).

7. LILAEACEAE

Frutos dimórficos, provenientes de dos tipos de flores femeninas; unos de inflorescencias espigadas, bisexuales y otras de flores unisexuales, solitarias, axilares. Fruto un aquenio, acostillado longitudinalmente, alado, pudiendo o no ser aplanado ventralmente. Uniseminado, con una cubierta seminal membranosa, sin endospermo, embrión recto ocupando toda la cavidad de la semilla, material de reserva almidón.

Diseminulo: aquenio.

Lilaea scilloides (Poiret) Hauman

Aquenos de las flores axilares: amarillentos a ambarinos, elipsoides; de (3.8)4-4.5(4.7) mm de largo y de (1.7)2.1-2.4 mm

de ancho; acostillados, cara dorsal con una ala longitudinal media; ápice con tres picos cortos doblados hacia abajo. (Figs. 5C, 6C y 6Cc).

Aquenios de las flores espigadas: amarillo pálido a ámbar, lanceolados, con la base más o menos aguda, comprimidos ventralmente; de (3.7)4-5.5(6.5) mm de largo y (0.8)1.1-1.4 (1.7) mm de ancho; cara ventral con numerosas costillas longitudinales; cara dorsal con dos alas laterales y una media longitudinal, onduladas. (Figs. 4Ee y 5Cc).

Observaciones.- Frutos de las flores axilares frecuentemente deformes.

### 8. POTAMOGETONACEAE

Fruto parecido a una drupa, operculado, superficie reticulada. Pico estilar persistente, subapical, recto o encorvado. Uniseminado, la cubierta seminal de una o dos capas membranosas, embrión curvado, sin endospermo, material de reserva almidón.

Diseminulo: fruto.

1. Frutos verde olivo o moreno claro a rojizo; obovoides a orbiculares; de 1.4 a 4.1 mm de largo ..... Potamogeton

1. Frutos negruzcos; ovoides; de 1.4 a 1.9 mm de largo . Ruppia

Potamogeton L.

Fruto con un pico estilar persistente, recto o encorvado, margen dorsal redondeado o con una cresta prominente. Cubierta seminal de 1 capa, embrión central ocupando 3/4 partes del fruto.

1. Frutos con el borde dorsal crestado, parecido a un ala;

caras laterales con crestas irregulares ..... P. nodosus

1. Frutos con el borde dorsal liso o redondeado; caras

laterales sin crestas.

2. Borde dorsal liso; frutos de color moreno claro a

rojizos; pico estilar inconspicuo ..... P. pectinatus

2. Borde dorsal redondeado; frutos generalmente de color

verde olivo, verde oscuro cuando secos; pico estilar de 0.3 a 0.6 mm de largo.

3. Frutos de (1.4)1.8-2(-2.4) mm de largo; caras

laterales con una depresión central ..... P. pusillus

3. Frutos de (2)2.2(-2.6) mm de largo; caras laterales

lisas ..... P. illinoensis

Potamogeton illinoensis Morong

Drupas de color verde olivo; obovoides; de (2)2.2(-2.6) mm de largo y de (1.8-)2(-2.2) mm de ancho; pico estilar de 0.3(-0.6) mm de largo, encorvado; borde dorsal prominente, redondeado; caras laterales lisas. (Figs. 5D y 7A).

Potamogeton nodosus Poiret

Drupas de color moreno rojizo; obovoide; de (3-)3.8(-4.1) mm de largo y de (2.3-)2.7(-3.1) mm de ancho; pico estilar muy reducido; caras laterales con crestas irregulares; borde dorsal prominente, crestado, parecido a un ala. (Figs. 5E y 7B).

Potamogeton pectinatus L.

Drupas de color moreno claro, ampliamente obovoides a orbicularares; de (1.9-)2.6(-3.4) mm de largo y de (1.7-)2.3 (-2.9) mm de ancho; pico estilar de 0.2 a 0.5 mm de largo, encorvado; caras laterales redondeadas y lisas; borde dorsal liso. (Figs. 5F y 7C).

Potamogeton pusillus L.

Drupas de color verde olivo, obovoides; de (1.4-)1.8-2(-2.4) mm de largo y de (1.3-)1.6(-2) mm de ancho; pico estilar de 0.3 a 0.4 mm de largo, recto; caras laterales con una depresión

central que evidencia la forma de la semilla, borde dorsal redondeado. (Figs. 5G y 7D).

Observaciones.- Se encontraron algunos frutos sin las partes blandas y el endocarpo expuesto observándose fácilmente el opérculo.

Ruppia L.

Fruto estipitado, asimétrico, pico estilar persistente recto, caras laterales foveoladas o no, margen dorsal redondeado, operculado.

Ruppia maritima L.

Drupas de color negruzco, lustrosas, ovoides; de (1.4-)1.8(1.9) mm de largo y de (0.9-)1.1(-1.4) mm de ancho; pico estilar de 0.3(-0.7) mm de largo, recto; caras laterales foveoladas en la base del pico estilar; una pequeña protuberancia junto a la base del pico estilar. Cubierta seminal con dos capas, la externa membranosa y la interna hialina, embrión diferenciado en un cotiledón pequeño y un hipocótilo agrandado ocupando toda la cavidad del fruto. (Figs. 5H y 7E).

Observaciones.- La descripción que se hace es del endocarpo y el estípite no se describe porque generalmente al madurar los frutos se desprenden de esta estructura. Cuando las partes

blandas no se desprenden por completo, el pico estilar y las caras foveoladas son difíciles de observar.

#### 9. ZANNICHELLIACEAE

Fruto un aquenio, asimétrico, comprimido lateralmente, estipitado. Pico estilar persistente, subapical, recto; cara dorsal con emergencias parecidas a espinas, cara ventral algo cóncava, algunas veces armada. Fruto uniseminado. La semilla con una cubierta seminal membranosa, sin endospermo, embrión plegado, el hipocótilo agrandado, ocupando toda la cavidad del fruto, almidón como material de reserva.

Diseminulo: aquenio.

#### Zannichellia palustris L.

Aquenos de color verde amarillento a moreno claro, estrechamente elipsoides; de (1.6-)2(2.1) mm de largo y de (0.6-)0.8(0.9) mm de ancho; pico estilar de (0.8)0.9(-1.1) mm de largo; estípote tan largo como el pico estilar, encorvado; superficie reticulada. (Figs. 5I y 7F).

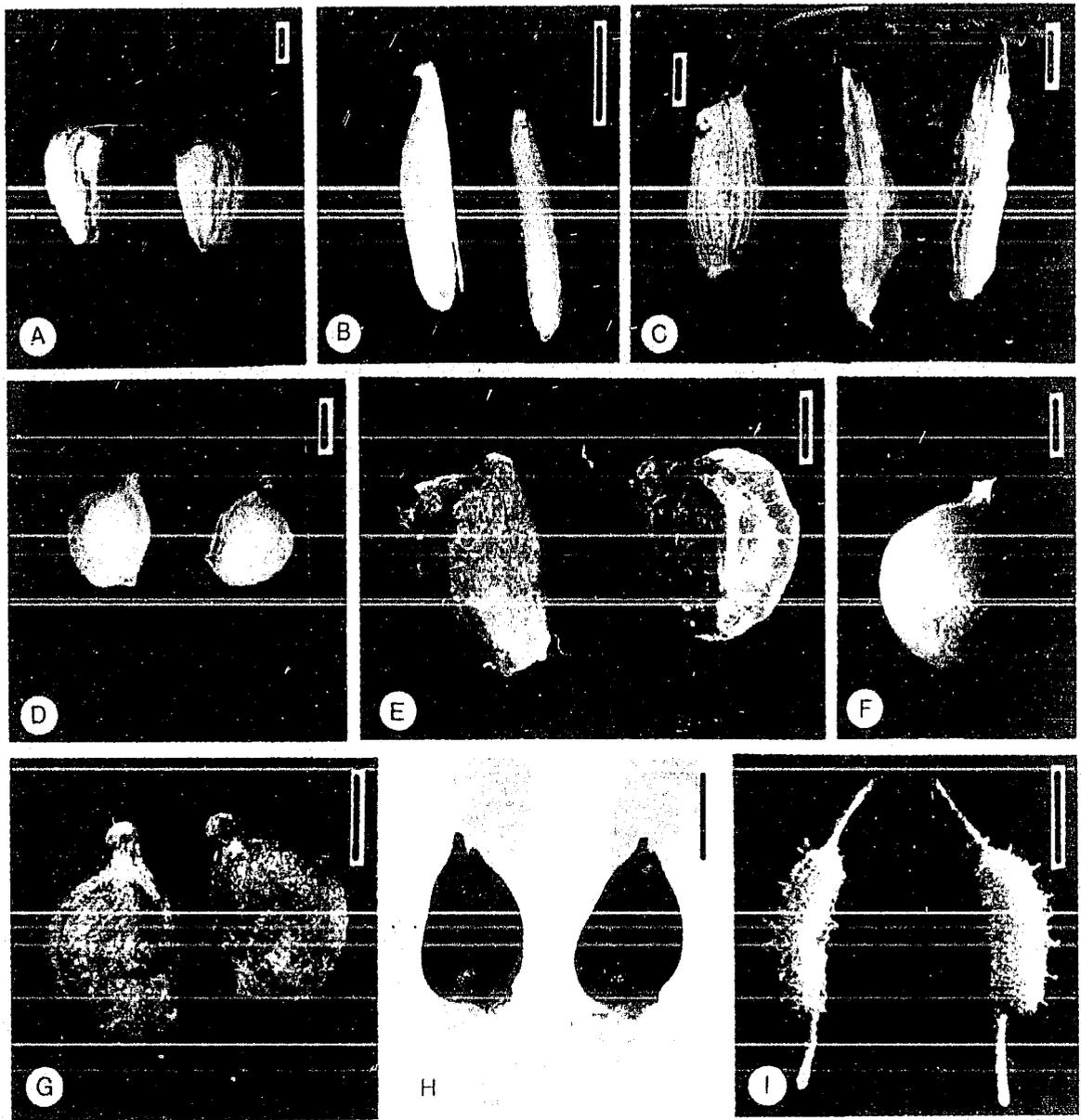


Fig. 5. A. Sagittaria macrophylla (Lot & Novelo 1044). B. Triglochin mexicanum (Lot & Novelo 1188), vista lateral del mericarpo (izq.) y de la semilla (der.). C. Lilaea scilloides aquenios de las flores unisexuales (Lot & Novelo 963) a la izquierda; aquenios de las flores bisexuales (Novelo 770), vista dorsal del aquenio (enmedio) y vista ventral (derecha). D. Potamogeton illinoensis (BVA 672). E. P. nodosus (Novelo 769). F. P. pectinatus (Olvera 43). G. P. pusillus (Olvera 1). H. Ruppia maritima (Olvera 42). I. Zannichellia palustris (Novelo 475). Escala = 1 mm.

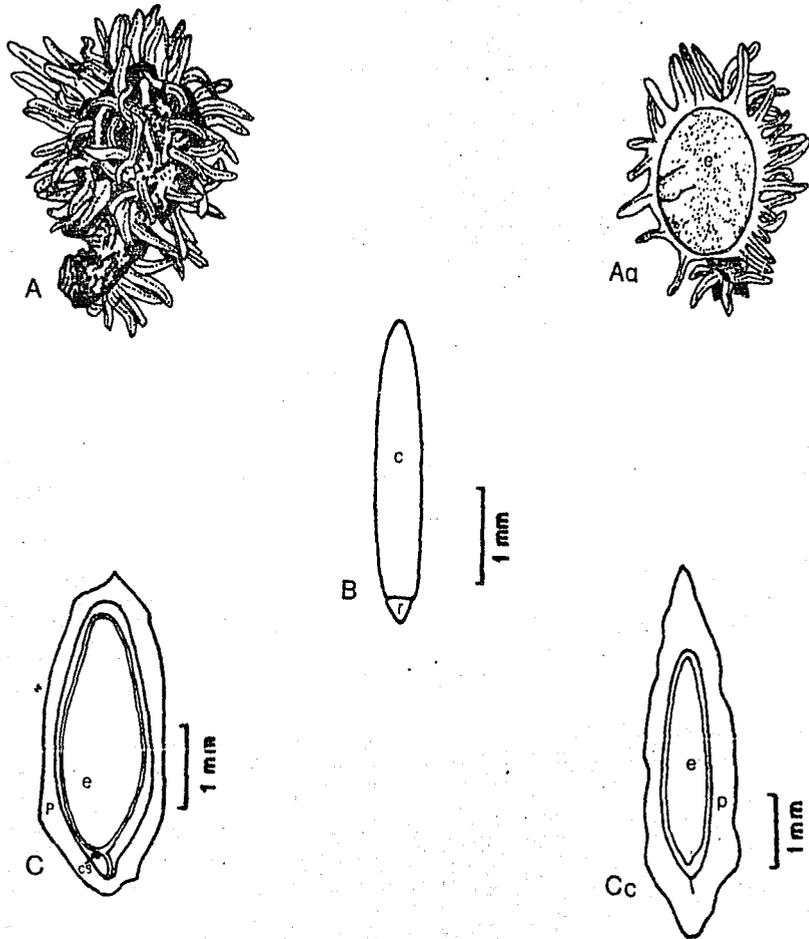


Fig. 6. A. *Hydromystria laevigata*, vista lateral de la semilla. Aa. corte longitudinal de la semilla, 20X (Tomado de Hunzinker, 1982). B. *Triglochin mexicanum*, embrión disectado. C y Cc. *Lilaea scilloides* cortes longitudinales de un fruto maduro; C aquenio de las flores unisexuales y Cc aquenio de las flores bisexuales. Cotiledón (c), cubierta seminal (cs), embrión (e), pericarpo (p), radícula (r).

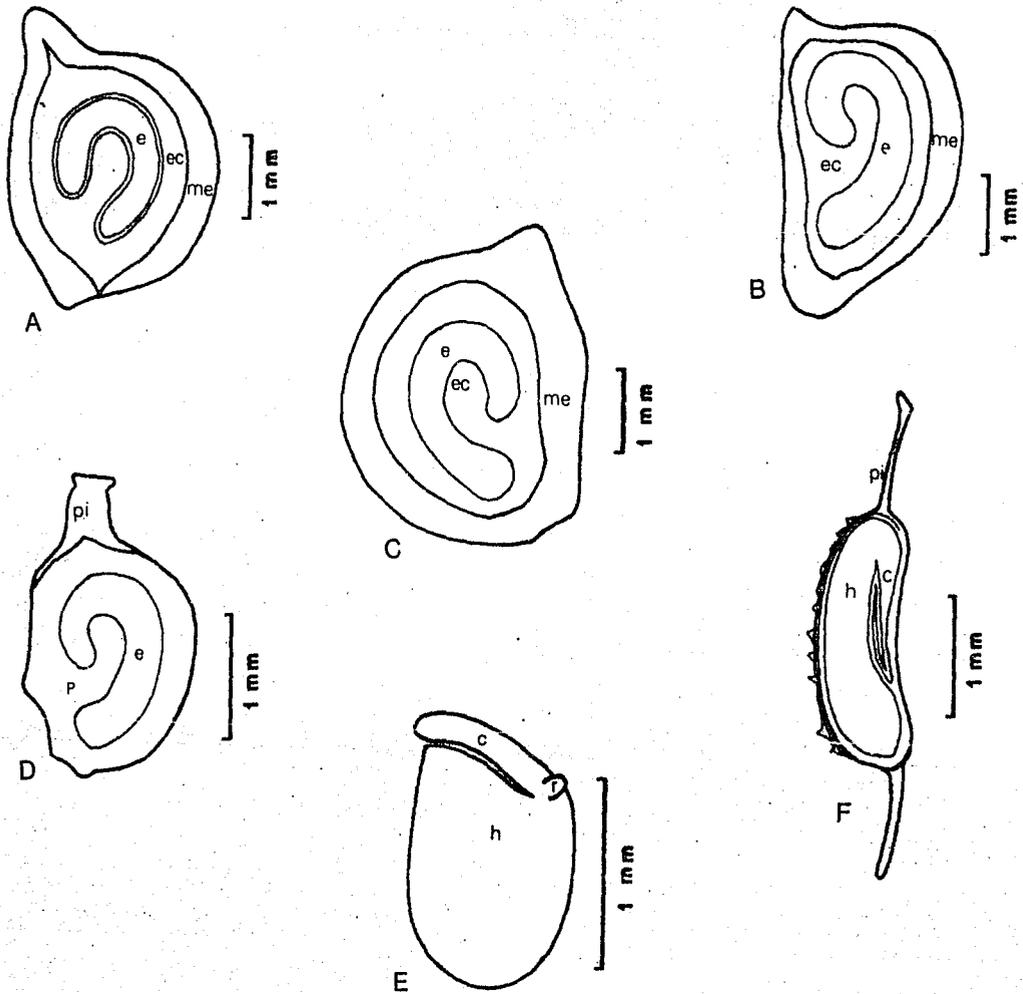


Fig. 7. A. Potamogeton illinoensis. B. P. nodosus. C. P. pectinatus. D. P. pusillus. E. Ruppia maritima, embrión disectado mostrando un cotiledón pequeño y el hipocótilo macrópodo. F. Zannichellia palustris, corte longitudinal de un fruto maduro mostrando un embrión plegado, con un cotiledón largo y el hipocótilo macrópodo. Cotiledón (c), embrión (e), endocarpo (ec), estípite (es), hipocótilo (h), mesocarpo (me), pericarpo (p), pico estilar (pi), radícula (r).

#### 10. NAJADACEAE

Fruto un aquenio, cubierta del fruto fuertemente adherida a la semilla. Uniseminado. Semilla areolada, aréolas agrupadas o no en hileras, con el ápice asimétrico. La cubierta seminal formada de dos capas, la externa endurecida y la interna membranosa; sin endospermo, embrión recto, almidón como material de reserva.

Diseminulo: aquenio.

#### Najas guadalupensis (Sprengel) Magnus var. guadalupensis

Semillás amarillo pálido, lustrosas, fusiformes; de (2.3-)2.6 mm de largo y de (0.6)0.7(0.8) mm de ancho; aréolas 4-6 anguladas, agrupadas en hileras; rafe conspicuo. (Figs. 8A y 9A).

#### 11. TYPHACEAE

Fruto una cápsula largamente estipitada, con pelos largos y delgados. Fruto uniseminado, semilla fusiforme, con un extremo truncado y mucronado; estriada. Cubierta seminal formada de dos capas membranosas, embrión central, recto, endospermo abundante, almidonoso.

Diseminulo: Cápsula.

1. Semillas de (0.7)0.8(-1.1) mm de largo y de 0.3 mm de ancho

..... Typha domingensis

1. Semillas de 0.9 a 1.1 mm de largo y de 0.2 mm de ancho .....

..... T. latifolia

Typha domingensis Presl

Semillas ambarinas, fusiformes; de (0.7)0.8-0.9(-1.1) mm de largo y de 0.2-0.3 mm de ancho; superficie estriada. (Figs. 8A, 8Aa y 9B).

Typha latifolia L.

Semillas ambarinas a moreno claro, fusiformes; de 0.9 a 1.1 mm de largo y de 0.2 mm de ancho; superficie estriada. (Fig. 9C).

12. LEMNACEAE

Fruto un utrículo, con 1 a 4 semillas. Semillas lisas o acostilladas, opérculo y cálaza prominentes, endospermo escaso o sin endospermo (Plas, 1971).

Diseminulo: semilla.

Lemna gibba L.

Semillas de color amarillo pálido, acostilladas, ovoides u oblongas; de (0.5-)0.8(0.9) mm de largo y de(0.3-)0.6(-0.8) mm

de ancho; con 12 costillas o más. Cubierta seminal formada de dos capas, la externa de varios estratos de células isodiamétricas, la capa más interna de una célula de grosor; embrión recto, masivo; en la región micropilar el opérculo de células de paredes gruesas. (Figs. 8C y 8Cc).

Observaciones.- El número de costillas resultó difícil de precisar dada la consistencia esponjosa de éstas. En el corte fino de la semilla, el embrión no pudo verse claramente diferenciado por presentarse los tejidos muy mal conservados, esto se explica porque el material es muy viejo. Del resto de las especies no se contó con material botánico ni bibliográfico, por lo que no fue posible su descripción.

### 13. PONTEDERACEAE

Fruto una cápsula o un utrículo (Pontederia). Semilla una a numerosas. Semillas acostilladas, con estrias transversales (Alexander, 1937). Con una cubierta seminal endurecida, embrión central, recto, endospermo abundante, almidonoso.

Diseminulo: Semilla o utrículo (Pontederia).

1. Semillas oblongo-obovoides, región calazal truncada; de 1.4 a 1.6 mm de largo ..... Eichhornia

1. Semillas oblongo elipsoides, región calazal mucronada; de 1 mm o menos de largo ..... Heteranthera

Eichhornia crassipes (C. Martius) Solms-Laub.

Semillas de color grisáceo o ambarinas, oblongo-obovoides; de (1.4)1.5(1.6) mm de largo y de (0.5-)0.7(0.8) mm de ancho ; con 10 a 12 costillas longitudinales; con un extremo truncado y con una depresión circular de color oscuro (región calazal), el otro extremo mucronado (región micropilar). (Figs. 8D, 8Dd y 9d).

Heteranthera

Semillas oblongo elipsoides, hasta de 1 mm de largo.

1. Semillas con 10 a 12 costillas; de (0.5-)0.7(0.8) mm de largo y 0.3 (0.4) mm de ancho ..... H. limosa
1. Semillas con 8 a 10 costillas; de (0.8-)1 mm de largo y de 0.3 (-0.6) mm de ancho ..... H. peduncularis

Heteranthera limosa (Sw.) Willd.

Semillas ambarinas, oblongo-elipsoides a estrechamente elipsoides; de (0.5-)0.7(0.8) mm de largo y de 0.3(0.4) mm de ancho; con 10 a 12 costillas longitudinales; estrias

transversales muy cerca una de otra. (Figs. 7E y 9E).

Heteranthera peduncularis Benth.

Semillas de color ámbar a moreno claro, oblongo-elipsoides; de (0.8-)1 mm de largo y de 0.3(-0.6) mm de ancho; con 8 a 10 costillas longitudinales, algunas veces bifurcadas; estrias transversales ligeramente separadas. (Figs. 7F y 9F).

#### DISCUSION

##### Morfología externa

En lo referente a la morfología externa de las semillas de las especies estudiadas, se encontró que a nivel de familia las semillas son muy variables en forma, superficie de la cubierta y emergencias; mientras que en los miembros de una familia existen algunos caracteres constantes y las pequeñas diferencias entre éstos permite delimitar las especies.

La superficie de la cubierta seminal, particularmente en el caso de las ninfáceas, es de gran valor sistemático y de hecho Weberbauer (citado por Conard, op. cit.) distingue para la familia Nymphaeaceae 4 tipos de testa a partir de su morfología; según Collison (citado por Wiersema, 1987), la

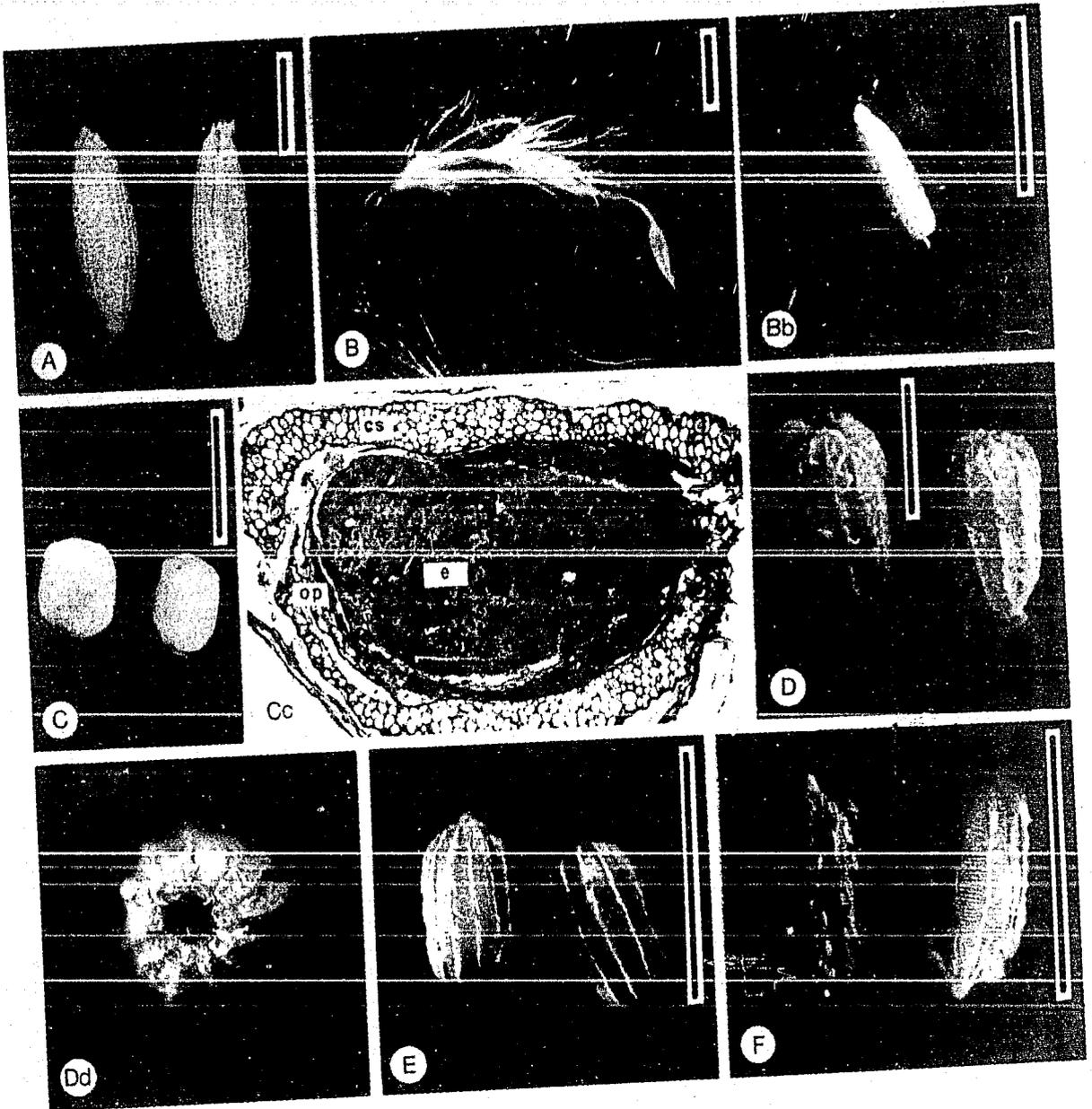


Fig. 8. A. Najas guadalupensis (Novelo 788). B y Bb. Typha domingensis (Lot & Novelo 1181), B cápsula con pelos perigonales y Bb semilla. C y Cc. Lemna gibba (Barkley, Paxon & Webster 2442), C semilla madura y Cc corte longitudinal de la semilla (32X). D y Dd. Eichhornia crassipes (Novelo S/N), D semilla y Dd acercamiento de la región calazal. E. Heteranthera limosa (Novelo 778). F. H. peduncularis (Novelo 768). Cubierta seminal (cs), embrión (e), opérculo (op). Escala = 1 mm.

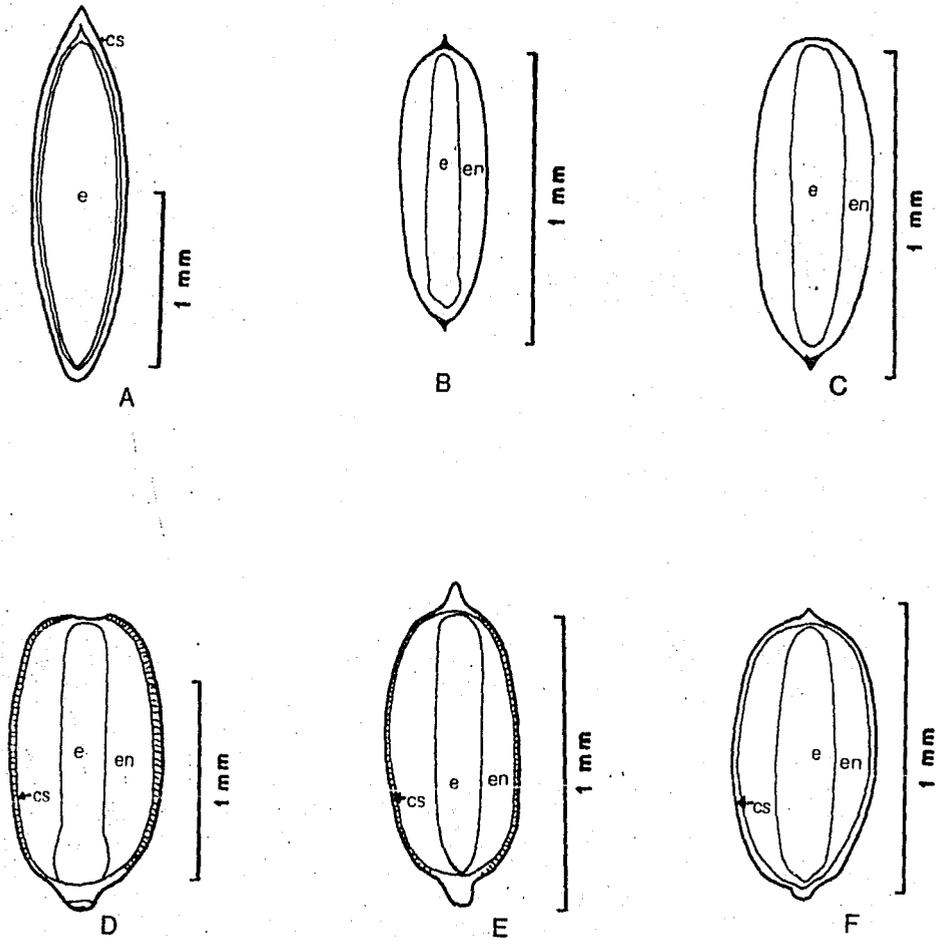


Fig. 9. A. Najas guadalupensis. B. Typha domingensis. C. T. latifolia. D. Eichhornia crassipes. E. Heteranthera limosa. F. H. peduncularis. A-F. Cortes longitudinales de la semilla madura. Cubierta seminal (cs), embrión (e), endospermo (en).

posición relativa del micrópilo y el hilo también son caracteres importantes en la diferenciación de las especies.

Las tres especies de Nymphaea descritas en este trabajo, fueron diferenciadas con base en la superficie de la cubierta seminal, y la presencia del arilo permitió separarlas a nivel de familia. El arilo es una característica importante de la semilla en las ninfáceas, el cual es un crecimiento del funículo y tiene forma de campana que envuelve variadamente a la semilla; es brillante, translúcido, mucilaginoso y está sostenido entre dos cubiertas delgadas conteniendo una burbuja de aire (Conard, op. cit.).

En la semilla madura de Nymphaea gracilis, el arilo envuelve hasta la mitad la semilla mientras que en N. odorata apenas cubre la región micropilar, por lo que se consideró más apropiado usar el término carúncula, atendiendo a la definición de Dahlgren & Clifford (op. cit.). Sin embargo, las observaciones de Conard (op. cit.) aseguran que el arilo envuelve a la semilla completamente. Esta discordancia puede explicarse porque la descripción que aquí se hace de N. odorata, estuvo basada únicamente en la revisión de material proveniente de una sola colecta en donde la semilla probablemente se encontraba en estado temprano de desarrollo, por lo que se sugiere una revisión más amplia en otros

materiales para poder comprobar las aseveraciones de Conard.

A diferencia de la importancia taxonómica de la cubierta seminal en las ninfáceas, en la familia Typhaceae no es un carácter tan significativo taxonómicamente, sobre todo en las dos especies estudiadas de Typha, en donde la forma, el tamaño y la ornamentación estriada son muy similares; además, internamente no presentan variación alguna.

#### Morfología interna

Con respecto a la morfología interna de la semilla, se encontró que su organización varía escasamente en los taxa emparentados filogenéticamente.

La semilla madura en las hidrófitas monocotiledóneas del orden Helobiae, tiene la cubierta seminal reducida o modificada a una o dos capas membranosas delgadas, pero de cierta resistencia. La reducción de la cubierta seminal en este grupo de plantas, puede explicarse como una respuesta a la presencia de frutos indehiscentes los cuales tienen un pericarpo endurecido; la función protectora en estos frutos es realizada precisamente por la cubierta endurecida del fruto o el endocarpo esclerosado como en las potamogetonáceas, o bien a la presencia de pericarpos de pared delgada pero resistente e impermeable.

El embrión está poco diferenciado (excepto en Ruppia y Zannichellia) y ocupa todo el interior de la semilla, además carece de endospermo. La reserva alimenticia en este grupo está incorporada en las células del embrión y en todos los casos es almidonosa. El embrión de Ruppia y Zannichellia está diferenciado en un cotiledón y en un hipocótilo, el cual está ensanchado y ocupa la mayor parte de la semilla.

Según Arber (1920), estas características evidencian una adaptación al medio acuático; el material de reserva incorporado en el embrión está probablemente más protegido del ataque por bacterias y otros agentes deletéreos, además de la protección que proporcionan la cubierta seminal y la pared del fruto en una prolongada inmersión.

La cubierta seminal en Typha spp., Lemna gibba, Eichhornia y Heteranthera spp. (también monocotiledóneas) está esclerosada, a diferencia de las especies del grupo Helobiae. El embrión en las tifáceas y pontederiáceas (Eichhornia y Heteranthera) es central y está embebido en el endospermo que es más o menos abundante. El embrión de Lemna gibba ocupa toda la cavidad de la semilla y no se observó diferenciación. Sin embargo, Bodgett (1923) describe el embrión de Lemna con un cotiledón terminal y masivo, el hipocótilo como un montículo de células paralelas a la plúmula.

Las observaciones morfológicas en cortes finos de las semillas de Nymphaea gracilis, N. odorata y Nymphoides fallax, revelan que la cubierta seminal es de una a varias capas de células con las paredes lignificadas; la presencia de la lignina se pone en evidencia al teñirse de rojo con safranina las paredes celulares de la cubierta seminal.

La extraordinaria dureza de la testa en las semillas producidas en frutos dehiscentes y del pericarpo en los indehiscentes, pueden explicar el porqué la mayoría de las hidrófitas presentan una latencia prolongada (Sculthorpe, op. cit.). Además, el micrópilo de la semilla o la apertura en el endocarpo está por lo general sellado por una capa cutinizada o lignificada, formada a partir del tegumento o del tejido funicular. La germinación no ocurre hasta que este tapón es desalojado o el endocarpo se rompe o se pierde.

En la familia Nymphaeaceae el embrión es muy reducido y ocupa un espacio pequeño en la región micropilar, el embrión está rodeado por unas cuantas capas de células y el resto del espacio está ocupado por otro tipo de células de pared delgada que contienen granos de almidón. Las células que rodean al embrión corresponden al endospermo y las otras células al perispermo (Conard, op. cit.).

En Ceratophyllum la cubierta seminal está reducida a una

membrana delgada como en la monocotiledóneas Helobiae . Sehgal & Mohan Ram (1981), señalan que durante el desarrollo de la semilla el único tegumento se oblitera por lo que el embrión está desprovisto de una cubierta seminal. Sin embargo, su argumento no es muy convincente porque su estudio no contempló el desarrollo embriológico del fruto.

El embrión de Ceratophyllum está altamente diferenciado, tiene dos cotiledones y la plúmula o primordios foliares bien desarrollados y carece de endospermo. En el embrión el primer nudo de la plúmula puede ser simple o bilobulado, esta característica es considerada por Muenscher (op. cit.) de valor significativo en la diferenciación de las especies en Ceratophyllum; sin embargo, Lowden (op. cit.) consideró que la morfología de la plúmula no es un carácter significativo taxonómicamente, pues él observó en Ceratophyllum muricatum que el primer nudo de la plúmula era simple como en C. demersum.

En Nymphoides fallax de la familia Menyanthaceae, el embrión es recto más o menos central y está rodeado por el endospermo almidonoso.

De acuerdo a la clasificación de Martin (1946) de los tipos de embriones, basada en la forma y posición del embrión, el de las Helobiae correspondería al tipo linear de la subdivisión

linear, división axilar y, con base en el tamaño del embrión, éste es total. Este tipo de embrión parece estar presente en Lemna gibba. Los embriones de Ruppia maritima y Zanichellia palustris pertenecen al tipo plegado de la subdivisión foliosa de esta misma división.

El tipo de embrión en las familias Typhaceae y Pontederiaceae corresponde también a este tipo, pero con el endospermo ocupando la mitad de la cavidad de la semilla, por lo tanto, el embrión sería mediano de acuerdo a las designaciones del tamaño del embrión.

En las especies de la familia Nymphaeaceae, el tipo de embrión correspondiente a esta clasificación caería dentro de la división basal y sería de tipo amplio; con un embrión pequeño (con endospermo escaso y abundante perispermo).

El tipo de embrión en las familias Ceratophyllaceae y Menyanthaceae con base en esta clasificación, pertenece a la división axilar, subdivisión linear y al tipo linear; el embrión de Ceratophyllaceae es total (sin endospermo), mientras que el de Menyanthaceae es mediano (con endospermo más o menos abundante).

Las características morfológicas externas e internas más sobresalientes observadas en las diásporas de las familias

estudiadas son resumidas en la tabla 2. Las familias están arregladas filogenéticamente y separadas primero en monocotiledóneas y después en dicotiledóneas.

### Dispersión

Los mecanismos de dispersión de muchas de la hidrófitas se conocen con limitada exactitud. La información que se tiene al respecto, proviene principalmente de observaciones indirectas basadas en las modificaciones morfoanatómicas de las diáporas.

Como se sabe, la dispersión generalmente está asociada con estructuras especializadas resultado de modificaciones a diferentes niveles en los frutos y las semillas.

Las modificaciones más frecuentes encontradas en las diáporas de las acuáticas, son espacios de aire, tejidos lagunares, cubiertas impermeables o embriones ligeros (albuminosos); de acuerdo con Pijl (1972), estas características hacen posible la flotación de las diáporas en la superficie del agua.

Entre las especies hidrócoras podemos citar las semillas de Nymphaea en las cuales la burbuja de aire entre el arilo y la cubierta seminal permite que la semilla flote en la superficie del agua (Conard, op. cit.). Las diáporas de Potamogeton y Ceratophyllum también son hidrócoras (Sculthorpe, op. cit.), el

TABLA 2. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LAS DIASPORAS DE LAS FAMILIAS ESTUDIADAS

Familia	Diáspora	CARACTERISTICAS EXTERNAS			CARACTERISTICAS INTERNAS		
		Forma	Superficie y/o Apéndices	Cubierta Seminal		Embrión	
				No. de capas	Consistencia	Tipo	Endospermo
<b>MONOCOTILEDONEAS</b>							
Alismataceae	f	obovoide	alada, pico estilar persistente	1	membranosa	curvado	-
Hydrocharitaceae	s	claviforme	espinosa	1	membranosa?	linear	-
Juncaginaceae	s	linear triquetro	lisa	2	membranosa	linear	-
Lilaeaceae	f	elipsoide, lanceolado	acostillada, alada	1	endurecida o membranosa	linear	-
Potamogetonaceae (incluye Ruppiaceae)	f	obovoide a ovoide	lomo redondeado o crestado; pico estilar persistente	1	membranosa	curvado	-
Zannichelliaceae	f	estrechamente elipsoide	reticulada, margen dorsal espinoso, estípites, pico estilar persistente	1	membranosa	plegado	-
Najadaceae	s	fusiforme	areolada	2	endurecida (ext.) membranosa (int.)	linear	
Typhaceae	s	fusiforme	estriada	2	membranosa	linear	+
Lemnaceae	s	ovoide u obovoide	acostillada	1	endurecida	linear	-
Pontederiaceae	s	elipsoide-obovoide	acostillada, estriada	1	endurecida	linear	+
<b>DICOTILEDONEAS</b>							
Nymphaeaceae	s	globosa, elipsoides	pilosa, lisa o acostillada	2	papirácea (ext.) endurecida (int.)	amplio	++
Ceratophyllaceae	f	elipsoide	tuberculada o no, espinosa, pico estilar persistente	1	membranosa	linear	-
Menyanthaceae	s	ampliamente elipsoide	areolada	1	endurecida	linear	-

\* - Sin endospermo; + endospermo abundante, ocupando 1/2 de la cavidad de la semilla; ++ endospermo muy abundante ocupando 3/4 de la cavidad de la semilla.

f= fruto  
s= semilla

pericarpo tiene un tejido lagunar con grandes espacios llenos de aire; asimismo, las alas de Sagittaria contienen un parénquima lagunar y además, la flotabilidad de los aquenios es mejorada por la presencia de glándulas resinosas de la epidermis.

Las diásporas de algunas hidrófitas tienen cubiertas ligeramente hidrofóbicas, volviéndolas pegajosas y adheribles a cualquier superficie. Las semillas de Nymphoides tienen estas características y Fauth (citado por Velde, 1981) señala que la dispersión por aves migratorias puede explicar la distribución de esta especie.

Los animales, principalmente las aves acuáticas, juegan un papel muy importante en la dispersión a distancias moderadas. El transporte por animales puede ser endo o epizoico. Las diásporas de Najas, Potamogeton, Sagittaria y Zannichellia son consumidas en abundancia junto con otras partes vegetativas por patos, gansos y otras aves acuáticas (Sculthorpe, op. cit.).

El transporte epizoico se da también por este tipo de animales, llevando adheridas al plumaje, a las patas o al pico las semillas de hábitat en hábitat en el curso de sus vuelos ordinarios. Cook (1987), afirma que no hay duda de que estructuras como espinas, picos y cubiertas mucilaginosas, son importantes en la dispersión epizoica.

En Lemna (Plas, op. cit.), la semilla usualmente es liberada por descomposición, o rara vez, por abertura del pericarpo; algunas veces el fruto se separa de la fronda y la semilla permanece encerrada en el pericarpo flotando en la superficie del agua. La dispersión de la semilla e incluso de la planta entera, puede ser efectuada por aves a distancias cortas; el transporte a grandes distancias por este medio se ve afectado por la desecación de las plantas.

La dispersión anemócora entre las plantas acuáticas es muy rara, frecuentemente se considera que la diseminación por este medio es desfavorable porque las diásporas pueden ser llevadas a lugares secos. No obstante, Typha presenta este tipo de dispersión y parece estar bien adaptada. Krattinger (citado por Cook, op. cit.), observó que los frutos son liberados cuando las flores femeninas estériles se hinchan doblándose y permitiendo que la inflorescencia se seque. Cuando ésta se seca, se extiende liberándose las diásporas las cuales frecuentemente están enredadas en las flores estériles que son mucho más ligeras. Los pelos perigonales se extienden sólo cuando están secos asegurando que las diásporas sean liberadas en tiempo seco; cuando la diáspora está sobre el agua, permanece sobre los pelos perigonales hidrofóbicos y el estigma; después de unos minutos los pelos se doblan y tan

pronto como el pericarpo toca el agua, se abre liberando la semilla que se hunde inmediatamente.

Con relación a la problemática sobre la terminología de los frutos de las hidrófitas, ya se había señalado en la introducción que la clasificación de los tipos de frutos propuesta por Radford (op. cit), no es útil al intentar definir los frutos de estas plantas. En las descripciones de algunas especies incluidas en este trabajo, al describir un tipo de fruto se prefirió usar la palabra "parecido a" o el término comúnmente reportado para estas especies.

En este trabajo el fruto de las potamogetonáceas, se describe como "parecido a una drupa" y se denomina así porque el fruto histológicamente es una drupa, excepto que el lomo dorsal tienen líneas de dehiscencia y estrictamente una drupa es indehiscente. Estas observaciones ya las había hecho Aalto (citado por Haynes, op.cit.), quien señaló que el pericarpo está diferenciado en un exocarpo y un mesocarpo carnosos y un endocarpo endurecido, el cual se abre a manera de tapadera durante la germinación.

El argumento de Aalto, en efecto fue confirmado por las observaciones incidentales de la germinación en Potamogeton pectinatus y en Ruppia maritima que ocurrió durante el

desarrollo de este trabajo. La germinación en P. pectinatus aconteció en algunos frutos que se remojaron en agua a 4 °C durante 48 horas, mientras que la germinación en R. maritima se observó en material seco que se remojó en las condiciones anteriores y posteriormente se secó y almacenó. Las observaciones revelaron que el exocarpo se abre a lo largo de las dos líneas del lomo dorsal a manera de tapadera, quedando unida al exocarpo por la parte inferior. A esta región desprendida se le ha llamado opérculo (según la definición de Font Quer, op. cit.).

Para Martin & Barkley (op.cit.), la posición del opérculo con respecto al pico estilar en las potamogetonáceas es un carácter taxonómico importante que permite diferenciar las especies de Potamogeton. En el presente trabajo, sin embargo, no se considera este criterio porque para observar el opérculo es necesario remover el exocarpo y el mesocarpo, los cuales frecuentemente están intactos en los frutos.

Con respecto a las bayas y cápsulas de Nymphaea y Nymphoides, aun cuando no son descritas detalladamente, es interesante comentar que estos frutos morfológicamente concuerdan con los tipos de frutos de Radford et al. (op.cit), excepto que los frutos de estas especies son sumergidos y de hecho son hidrocárpicos (Sculthorpe, op. cit.); por lo tanto la

dehiscencia no es producida por desecación como en las terrestres, sino por desintegración del pericarpo.

Es importante señalar, que la falta de una adecuada terminología para estos frutos, ha conducido a diferentes autores a denominar con distintos nombres los frutos de estas plantas aun los de un mismo género.

Así por ejemplo, autores como Sculthorpe (op. cit.), Dalhgren, Clifford & Yeo (1985) y Tomlinson (op. cit.), llaman aquenios a los frutos de Zannichellia. Sculthorpe no hace referencia a la naturaleza del fruto, mientras que Dalhgren et al. y Tomlinson coinciden en la descripción del fruto, señalando que la pared interna está esclerosada. Haynes & Holm-Nielsen (1987) por el contrario, lo denominan drupa por tener un exocarpo membranoso, un mesocarpo carnoso y un endocarpo esclerosado.

Con base en nuestras observaciones los frutos de Zannichellia palustris son designados aquenios porque se encontró que la semilla estaba unida a la pared del pericarpo en un sólo punto, además el fruto es de consistencia seca y, de acuerdo a la definición de Font Quer, un aquenio es un fruto indehisciente, seco y monospermo, con el pericarpo independiente de la semilla.

Por lo anteriormente expuesto, se considera necesaria una

terminología más precisa de acuerdo a la naturaleza del fruto de las hidrófitas; el uso de las palabras "parecido a" precedido al tipo de fruto podría ser recomendable para señalar ciertas modificaciones en el fruto, o probablemente después de estudios más detallados y comparativos en estas familias, se pudiera proponer una nueva clasificación acorde con este tipo de plantas.

#### CONSIDERACIONES FINALES

La elaboración de este manual ofrece la posibilidad de reconocer semejanzas y diferencias morfológicas entre las semillas de 14 familias de plantas acuáticas estrictas. Las claves que se presentan brindan la posibilidad de identificar semillas aisladas, dependiendo de las condiciones del material examinado, desde nivel familia hasta especie, concretamente para las especies reportadas para el Valle de México, y de las cuales algunas están distribuidas principalmente en el Altiplano, o en el caso de las especies de Ceratophyllum, Zannichellia, Typha y Najas guadalupensis que están ampliamente distribuidas en México.

Por otra parte, será útil como complemento en las

descripciones taxonómicas que adolecen de esta información y que en algunos casos, es fundamental en la delimitación de las especies sobre todo en las que presentan un polimorfismo vegetativo.

Por lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la morfología externa de la semilla puede ser un carácter taxonómico significativo a nivel de familia y, a niveles infragenéricos su valor taxonómico dependerá de la variabilidad morfológica de la semilla entre los géneros y especies emparentados filogenéticamente, en éstos la morfología interna de la semilla es más constante.

Por otra parte, cabe mencionar que los estudios morfoanatómicos de la semilla o del fruto en las hidrófitas son escasos; la información que proporciona el conocimiento morfológico de la semilla tanto externo como interno, además de ser una herramienta taxonómica, aporta información sobre adaptaciones al medio, síndromes de dispersión y los posibles mecanismos de dispersión o de germinación; y en general, en la biología de estas plantas. Por esta razón, resultaría importante realizar estudios de este tipo en las especies no consideradas, dirigiendo la atención a aquellas familias o especies que presenten dificultades de ubicación taxonómica.

La continuidad de trabajos de esta índole o la realización

de estudios sobre el desarrollo de los frutos sería muy pertinente, puesto que sobre éstos en particular se tuvieron problemas de clasificación. Es importante señalar, que para este tipo de trabajos se recomienda usar material recolectado y fijado exprofeso; pues se observó que el material herborizado presenta ciertas características que dificultan el manejo de técnicas histológicas, además se dispondrá de material necesario para iniciar en cualquier momento estos estudios, sin necesidad de esperar la época de fructificación de las hidrófitas, la cual frecuentemente se ve afectada por factores ambientales.

El desarrollo de este trabajo puede ser también de utilidad en investigaciones de tipo arqueológico o paleobotánico. En estos estudios es fundamental el cotejo de material fósil encontrado en excavaciones antropológicas con material reciente bien documentado, pues ofrece la posibilidad de reconocer las plantas que existieron en el pasado, o bien elaborar hipótesis sobre el posible uso de las plantas por los antepasados.

En trabajos ecológicos, particularmente en el estudio del banco de semillas de ecosistemas acuáticos o de zonas inundables, es importante conocer el contenido de semillas y reconocer las especies de tipo malezoide, puesto que las semillas latentes representan una parte potencial de la

población y juegan un papel determinante en el mantenimiento y dispersión de las malezas.

Por otro lado, en los estudios de hábitos alimenticios de aves o pequeños mamíferos relacionados con los ambientes acuáticos, este trabajo puede ser una herramienta útil en la identificación de semillas en los contenidos estomacales de estos organismos.

## BIBLIOGRAFIA

- Alexander, E.J. 1937. Pontederiaceae. En: N. Am. Fl. 19(1):51-60.
- Arber, A. 1920. Water plants. A study of aquatic angiosperms. Cambridge Univ. Press. 436 p.
- Beetle, A.A. 1943. Key to North American species of genus Scirpus based on achene characters. Amer. Midl. Nat. 29: 533-538.
- Blodgett, F.H. 1923. The embryo of Lemna. Amer. J. Bot. 10:336-342.
- Bravo, H. 1930. Las Lemnáceas del Valle de México. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Auton. Mex., Bot. 1:7-32.
- Cook, C.D.K. 1987. Dispersion in aquatic and amphibious vascular plants, pp:179-190. En: R.M.M. Crawford (Ed.) Plant life in aquatic and amphibious habitats. Special publications series of the British Ecological Soc. No. 5 Blackwell Sc. Publ.
- Conard, H.S. 1905. The waterlilies: a monograph of genus Nymphaea. Publ. Carnegie Inst. Wash. 4:1-279.
- Crespo, S. y R.L. Pérez-Moreau. 1967. Revisión del género Typha en la Argentina, Darwiniana 14(2-3):423-429.
- Cronquist, A. 1968. The evolution and classification of

- flowering plants. Nelson, London. 396 p.
- Dahlgren, R.M. & H.T. Clifford. 1982. The monocotyledons: a comparative study. Academic Press. Inc. 378 p.
- 
- \_\_\_\_\_ & P.F. Yeo 1985. The families of monocotyledons, structure, evolution and taxonomy. Springer-Verlag. 520 p.
- Elias, T.S. 1969. Menyanthaceae En: Flora de Panama. Ann. Missouri Bot. Gard. 56(1):29-32.
- Font Quer, P. 1965. Diccionario de botánica. Editorial Labor. España.
- Garcia, E. 1978. Los climas del Valle de México. Colegio de Postgraduados, ENA. México. 34 p.
- Godfrey, R.K. & J.W. Wooten. 1981. Aquatic and wetland plants of Southeastern United States. Dicotyledons. The University of Georgia Press. Athens. USA. 933 p.
- Gunn, C.R. 1972. Seed collecting and identification, pp.55-143. En: T.T. Kozlowski (Ed.), Seed biology. T. III. Academic Press. New York.
- Haynes, R. 1974. A revision of North American Potamogeton subsection pusilli (Potamogetonaceae). Rhodora 76(808):564-649.
- 
- \_\_\_\_\_ & L.B. Holm-Nielsen 1987. The Zannichelliaceae in the Southeastern United States. J. Arnold Arb. 68(2):259-

268.

- Hunziker, J.H. 1982. Observaciones biológicas y taxonómicas sobre Hydromystria laevigata (Hydrocharitaceae). Taxon 31:472-477.
- Johansen, A.D. 1940. Plant microtechnique. McGraw Hill, New York. pp:41, 63, 129-132, 134-145.
- Les, D.H. 1985. The taxonomic significance of plumule morphology in Ceratophyllum (Ceratophyllaceae). Syst. Bot. 10(3):338-346.
- Lot A., A. Novelo y P. Ramírez-García. 1986. Listados florísticos de México V. Angiospermas acuáticas mexicanas 1. Inst. Biol. UNAM, México. 60 p.
- Lowden, R.M. 1978. Studies on the submerged genus Ceratophyllum L. in the neotropics. Aquat. Bot. 4(2):127-142.
- Martin, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seed. Amer. Midl. Nat. 36:513-660.
- \_\_\_\_\_ 1951. Identifying pond weed (Potamogeton) seeds eaten by ducks. J. Wildl. Managm. 15:253-258.
- \_\_\_\_\_ 1954. Identifying Polygonum seeds. J. Wildl. Managm. 18(4):514-520.
- \_\_\_\_\_ & W.D. Barkley. 1961. Seed identification manual. University of California Press Berkeley. 221 p.
- Moreno, N.P. 1984. Glosario botánico ilustrado. CECSA. México.

- Mosser, F. 1975. Historia geológica de la Cuenca del Valle de México, pp.:9-38. En:Rios, R. (Ed.). Memoria de las obras del sistema del drenaje profundo del Distrito Federal. Tomo I. D.D.F. México.
- Muenschler, W.C. 1940. Fruits and seedlings of Ceratophyllum. Amer. J. Bot. 27:231-233.
- Novelo, R. y A. Lot. (en prensa). Hydrocharitaceae, Juncaginaceae. En: Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. III. Rzedowski, J. y Rzedowski, G.C. (Editores).
- Ogden, E.C. 1953. Key to the North American species of Potamogeton. Cir. N.Y. State Mus. 3:3-11.
- Plas, F. van der 1971. Lemnaceae. En: Fl. Males., ser.I v.7, pp:219-237.
- Pijl, L. van der 1972. Principles of dispersal in higher plants. 2a ed. Springer-Verlag, Berlin. 161 p.
- Radford, A., W.C. Dickinson, J.R. Massey and C.R. Bell. 1974. Vascular plant systematic. Harper & Row, New York. 891 p.
- Roberts, H.A. 1981. Seed banks in soils. Adv. Appl. Biol. 6:1-55.
- Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Vol. I. C.E.C.S.A. México. 403 p.
- Sánchez, O. 1969. La flora del Valle de México. Editorial Herrero. México. 519 p.

- Sass, J.E. 1958. Botanical microtechnique and cytochemistry. 3a. ed. The Iowa State University, Iowa. pp.:69-70.
- Scheinder, E.L. & E.G. Ford. 1978. Morphological studies of the Nymphaeaceae X. The seeds of Ondinea purpurea den Hartog. Bull. Torrey Bot. Club 105(3):192-200.
- Sculthorpe, C.D. 1967. The biology of aquatic vascular plants. Edward Arnold, London.
- Sehgal, A. & H.Y. Mohan Ram. 1981. Comparative developmental morphology of two populations of Ceratophyllum L. (Ceratophyllaceae) and their taxonomy. Bot. J. Linn. Soc. 82:343-356.
- Tomlinson, P.B. 1982. Anatomy of the monocotyledons. VII. HELOBIAE. Ed. C.R. Metcalfe. Clarendon Press, Oxford. 559 p.
- Velde, van der G. & A. van der Heijden 1981. The floral biology and seed production of Nymphoides peltata (Gmel) O. Kuntze (Menyanthaceae). Aquat. Bot. 10(3):261-293.
- Wiersema, J.H. 1987. A monograph of Nymphaea subgenus Hydrocallis (Nymphaeaceae). Syst. Bot. Monographs 16:1-112.

## APENDICE

Listado florístico, colectores y localidades  
del material estudiado.

### Alismataceae

Sagittaria latifolia Willd. var. latifolia

México: Lot & Novelo 898\*; Novelo S/N+

S. macrophylla Zucc.

México: BVA 650\*; Lot & Novelo 1044\*; Olvera 40+

### Ceratophyllaceae

Ceratophyllum demersum L.

Campeche: Ocaña 132+

C. muricatum Cham.

Distrito Federal: Olvera 10+

### Juncaginaceae

Triglochin mexicanum Kunth

Michoacán: Rojas S/N+; Puebla: Lot & Novelo 1188\*

### Lemnaceae

Lemna gibba L.

APENDICE (continuación)

Puebla: Barkley, Paxson & Webster 2442\*

Lilaeaceae

Lilaea scilloides (Poiret) Hauman.

México: Lot & Novelo 963\*, 1091\*; Novelo 770+

Menyanthaceae

Nymphoides fallax Ornduff

México: Olvera 44+; Miranda 153\*

Najadaceae

Najas guadalupensis (Sprengel) Magnus var. guadalupensis

México: Lot & Novelo 1058\*; Querétaro: Novelo 788+

Nymphaeaceae

Nymphaea gracilis Zucc.

México: Lot & Novelo 906\*; Olvera 45+

N. odorata Ait. var. gigantea Tricker

Hidalgo: Lot & Novelo 1191\*\*

Pontederiaceae

Eichhornia crassipes (C. Martius) Solms-Laub.

APENDICE (continuación)

México: Novelo S/N+

Heteranthera limosa (Sw.) Willd.

México: Lot & Novelo 1178\*; Querétaro: Novelo 778+

H. peduncularis Benth.

México: Lot & Novelo 1087\*, 1177\*; Novelo 768+;

Querétaro: Novelo 789+

Potamogetonaceae

Potamogeton illinoensis Morong

Hidalgo: BVA 672\*

P. nodosus Poiret

México: Novelo 769+; Olvera 32+

P. pectinatus L.

Distrito Federal: Olvera 12+; México: Olvera 43+

P. pusillus L.

México: Olvera 1+, 34+

Ruppiaceae

Ruppia maritima L.

México: Olvera 43+

APENDICE (continuación)

Typhaceae

Typha domingensis Presl

México: Lot & Novelo 1181\*

T. latifolia L.

Puebla: Miranda 2490\*

Zannichelliaceae

Zannichellia palustris L.

Hidalgo: Novelo 475\*; México: Lot & Novelo 1038\*

+ Material fresco

\* Material de herbario

\*\* Material conservado en alcohol al 70%

## GLOSARIO

**Abaxial, ventral.** Referente a la superficie o lado más alejado del eje principal u orientado hacia la base.

**Acuminado(a).** Con márgenes rectos o convexos que terminan en ángulo menor de 45 grados.

**Adaxial, dorsal.** Referente a la superficie o lado más cercano al eje principal u orientado hacia el ápice.

**Ala.** Cualquier dilatación laminar, foliácea o membranosa que se extiende por la superficie de diversos órganos.

**Alado(a).** Provisto de ala o alas.

**Apical, terminal, distal.** En el extremo superior o parte más lejana del eje en que se inserta el órgano.

**Aquenio.** Fruto simple, seco, indehiscente, con la semilla unida a la pared del fruto únicamente en un punto.

**Aréola.** Pequeña concavidad o foseta que puede presentarse en diversos órganos.

**Areolado(a).** Con diminutas fosetas en forma irregular y de poca profundidad.

**Arilado(a).** Provisto de arilo.

**Arilo.** Tejido originado del funículo que cubre la semilla.

**Armado(a).** Con algún tipo de emergencia.

**Basal, proximal.** En el extremo inferior o parte más cercana del

eje en que se inserta el órgano.

Bayas. Fruto simple, carnosos, con un pericarpo succulento y las semillas sumergidas en la pulpa.

Cálaza. Punto de unión, en el rudimento seminal o en la semilla, de la nucela y los tegumentos, en algunas ocasiones es visible por una protuberancia o mancha en el tegumento.

Cápsula. Fruto simple, seco, dehiscente, derivado de un ovario compuesto de dos o más carpelos.

Carúncula. Arilo micropilar de pequeñas dimensiones.

Carunculada. Con una carúncula.

Central. En la parte media de la estructura.

Clavado(a), claviforme. En forma de clavo, con la base prolongada gradualmente hacia el extremo superior redondeado.

Clorofiláceo(a). Semejante a la clorofila.

Cóncavo(a). Con la superficie más deprimida en el centro que en los bordes.

Convexo(a). Que es más prominente en medio que en las orillas.

Coriáceo(a). De consistencia recia, aunque de cierta flexibilidad, como el cuero.

Costilla. Resalto o saliente longitudinal de los órganos.

Costillado(a), acostillado(a). Con costillas.

Cresta. Prominencia normal a una superficie con el borde más o menos dentado.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Crestado. Que tiene cresta o crestas.

Crustáceo(a). Endurecido, delgado y quebradizo.

Cubierta seminal. Capa exterior de la semilla producto de la diferenciación del o de los tegumentos.

Dentado. Término aplicado a los órganos o miembros macizos que tienen prominencias a modo de dientes.

Díaspóra. Diseminulo. Consiste en el embrión o en los embriones y el complejo orgánico acompañante que la planta separa de sí para la propagación.

Dimórfico. Que tiene dos formas.

Dorsal. Veáse adaxial.

Drupa. Fruto simple, carnoso, con el endocarpo endurecido a modo de hueso.

Elipsoide. En forma de elipse, más larga que ancha, de mayor diámetro en el punto medio de la estructura.

Encorvado. Veáse incurvado.

Endospermo. Tejido de reserva, formado como consecuencia de la fertilización de la célula central que contiene los núcleos polares.

Epicótilo. Extremo apical del eje embrional o el primer internodio en el eje embrional que se forma por arriba de los cotiledones.

Esclerótico(a), esclerosado(a). Duro o endurecido.

**Esquizocarpo.** Fruto simple, seco, indehiscente, originado por un gineceo de dos o más carpelos unidos, que en la madurez se separa en segmentos parecidos a frutos derivados de pistilos libres.

**Estipitado(a).** Provisto de estípite; o de pedículo o carpóforo.

**Estría.** Cada una de las rayas en hueco que suelen tener algunos cuerpos.

**Estriado.** Con rayas longitudinales.

**Foliculo.** Fruto seco, simple, indehiscente, derivado de un solo carpelo que se abre a lo largo de una sutura.

**Foveolado(a).** Con marcas en forma de pequeños hoyuelos.

**Fusiforme.** En forma de huso.

**Glabro(a).** Desprovisto de pelo o vello.

**Hialino(a).** Transparente como si fuera de cristal, o por lo menos diáfano.

**Hilo.** Cicatriz que indica el lugar de unión entre la semilla y el funículo o la placenta.

**Hipocótilo.** Porción del eje embrionario que se encuentra por debajo del punto de inserción de los cotiledones.

**Incurvado(a), encorvado(a).** Doblado o curvado hacia el lado superior o interior de la misma estructura.

**Lanceolado(a).** De base más o menos amplia, redondeada y atenuada hacia el ápice; angostamente ovado.

Lateral. Sobre los lados o costados de una estructura.

Linear, lineariforme. Prolongado y angosto, de márgenes más o menos paralelos.

Liso(a). Glabro y sin ninguna aspereza.

Lomo. Borde u orilla de cualquier estructura.

Lustroso(a), nítido(a). Brillante.

Maculado(a). Con manchas diminutas.

Margen. Extremidad, orilla o borde de una cosa.

Membranoso(a). Delgado y translúcido como una membrana.

Mericarpo. Fragmento de un fruto esquizocárpico; los segmentos parecidos a frutos individuales en que se divide el fruto al madurar.

Micrópilo. Abertura en la cubierta de la testa.

Mucronado(a). Que termina abruptamente en una proyección corta, rígida y aguda (mucrón).

Oblicuo(a). De forma asimétrica, los dos lados desiguales.

Oblongo(a). Más largo que ancho, de forma más o menos rectangular.

Obovoide. En forma de huevo invertido con el ápice más amplio en la base.

Ondulado(a). Con una serie de curvas verticales, perpendiculares al eje central.

Operculado(a). Provisto de opérculo.

Opérculo. La parte que se desprende de un esporangio, de un fruto, etc. a modo de tapadera.

Ovoide. En forma de huevo, con la parte más amplia cerca de la base.

Papiráceo(a). De la consistencia y delgadez del papel.

Pedículo. Cualquier soporte en forma de cabillo o rabillo, que no sea pedúnculo o pedicelo.

Pico estilar. Reminicencias del estilo que se conservan en fruto, punta delgada, endurecida, prolongada; parecido al pico de las aves.

Piloso(a). Con tricomas suaves y largos.

Rafe. Canal o depresión longitudinal en la superficie de la semilla por donde corre el haz vascular.

Resinoso. Con un exudado pegajoso o resina amarillenta.

Reticulado(a). Semejante a una redecilla, de escaso relieve.

Rugulado(a). Escasamente arrugado.

Subapical, subterminal, subdistal. Cerca del ápice.

Triquetro. Triangular en corte transversal.

Truncado. Que remata en un borde transversal, como si se hubiera cortado.

Tuberculado(a). Cubierto por pequeños tubérculos.

Tubérculo. Prominencia redondeada, nodular.

Utrículo. Fruto simple, seco, indehiscente, monoespérmico,

**inflado o con una cubierta membranosa.**

**Ventral. Véase abaxial.**

**Verrucoso(a). Cubierto de protuberancias a modo de verrugas.**